

Р 1.2537

На дом
не выдается

Мальцов, П. И.
Справочная книга
для инженеров, механиков,
техников и строителей.
ч. 1-4.
М., 1884.

С-941

III.

φ

СПРАВОЧНАЯ КНИГА

ДЛЯ ИНЖЕНЕРОВЪ, МЕХАНИКОВЪ, ТЕХНИКОВЪ
И
СТРОИТЕЛЕЙ

СОСТАВИЛЪ ИНЖЕНЕРЪ-МЕХАНИКЪ

П. У. Мильцовъ.

ВЫП. I.

(съ 290 ПОЛИТИПАЖАМИ ВЪ ТЕКСТѢ).

МОСКВА.

Типографія А. Карцева, Покровка, домъ Егорова.

1884.

12537 ✓
Провер. 1935

БИБЛИОТЕКА
ИНТЕРАТОРСКОГО
МОСКОВСКАГО
ТЕХНИЧЕСКАГО УЧИЛИЩА

ПРОВЕРЕНО
1948

ПРОВЕРЕНО
1902

ПРЕДИСЛОВІЕ.

Цѣль настоящаго изданія состоитъ въ томъ, чтобъ дать русскимъ техникамъ для ежедневнаго практическаго употребленія карманную справочную книжку, которая содержала бы важнѣйшія таблицы, правила и формулы, необходимыя для быстраго расчета на мѣстѣ постройки или на фабрикѣ или въ дорогѣ; для этой цѣли технику нужно извлеченіе изъ техническаго матеріала, которое онъ всегда могъ бы имѣть при себѣ. Поэтому при составленіи имѣлось въ виду при небольшомъ объемѣ книги достичь сколь возможно большей полноты, ясности, краткости и простоты; необходимо было дать тщательное извлеченіе необходимѣйшаго, приводить лишь испытанныя правила и избѣгать сложныхъ формулъ. Многочисленные примѣры облегчаютъ правильное примѣненіе формулъ, такъ что книга является не въ видѣ сухаго собранія формулъ и таблицъ, а скорѣе въ видѣ краткаго учебника, и поэтому можетъ служить одновременно и молодымъ техникамъ какъ спутникъ въ школѣ при проэктированіи и какъ руководитель и совѣтникъ въ практической жизни. Она даетъ также возможность лицамъ, не получившимъ спеціальнаго технического образованія, дополнить ихъ теоретическія познанія и относиться сознательно къ производству построекъ.

Въ видахъ болѣе удобнаго употребленія книга раздѣлена на 4 части, такъ что каждый можетъ имѣть при себѣ лишь тѣ части, которыя наиболѣе нужны для его ежедневной дѣятельности. Всѣ онѣ содержатъ формулы и свѣдѣнія, еще никогда не появлявшіяся на русскомъ языкѣ. Многочисленные рисунки въ текстѣ исполнены съ соблюденіемъ пропорціональности, что весьма облегчаетъ быстрое вычерчиваніе, излѣая длинныя и трудныя вычисленія.

Изъ источниковъ, послужившихъ для составленія этой книги, должно упомянуть въ особенности слѣдующія сочиненія: Des Ingenieurs Taschenbuch, herausgegeben von dem Verein „Die Hütte“. 1883.

Resultate für den Maschinenbau von Redtenbacher—Grashof. 1875.

Templeton's Taschenbuch, von F. Kreuter und J. Otto. 1882.
Hrabak, Dampfmaschinenberechnung.

Bernoulli's Vademecum des Mechanikers, von Autenheimer 1878.

Kalender für Maschineningenieure von Uhland. 1883.

" " Eisenbahn-Techniker von Heusinger von Waldegg. 1883.

Ingenieur—Kalender von Fehland. 1883.

" " Stühlen. 1883.

Eléments de construction des machines par Cauthorne Unwin 1882.

Der Constructeur von Reuleaux. 1883.

Constructionen aus dem Maschinenbau von Hart.

Handbuch für den practischen Maschinen—Constructeur von Uhland. 1883.

Formulaire pratique de l'électricien par E. Hospitalier. 1882

Справочная книга для горных инженеровъ Тиме. 1879.

Мукомольное дѣло. Веберъ. 1883

Технический календарь Бихеле.

Berichte über die Weltausstellung zu Philadelphia. 1876.

Химическая Технологія, Бунге. 1883.

Нефтяное отопленіе, Вознесенскій. 1882.

I.
II.
III.
IV.
V.
VI.
VII.
VIII.
IX.

Часть первая.

	Стр.
I. Математическія таблицы	1
II. Таблицы мѣръ и вѣса	16
III. Физика и химія	46
IV. Механика	51
V. Гидравлика	63
VI. Равновѣсіе и движеніе воздуха и газовъ	83
VII. Теплота	93
VIII. Свойства пара	105
IX. Сопротивленіе матеріаловъ	115

Замѣченные опечатки.

Стран.	Стр.	Напечатано.	Должно быть.	Стран.
8	14	$a^2 + b^2 - 2ab \cos \gamma = c^2$ $\frac{ta+b}{a-b}$	$a^2 + b^2 - 2 ab \cos \gamma = c^2$ $\frac{a+b}{a-b}$	8
9	8	$r^2 \pi$	$r^2 \pi$	"
	16	$r^2 \pi$	$r \pi$	"
	24	$\frac{1}{4} \left(\frac{a-b}{a+b} \right)^2$	$\frac{1}{4} \left(\frac{a-b}{a+b} \right)^2$	9
11	15	$\frac{1}{3} d = \left[\right.$	$\frac{1}{3} d \times \left[\right.$	"
	19	uAfttrag	Anfttrag	10
59	13	$\frac{k^{2n} (k-1)}{k^{2n+1}-1}$	$\frac{k (k-1)}{k^{2n+1}-1}$	"
68	33	1,2 m.	0,2 m.	11
70	3	2	λ	"
116	15	Годжкинскому	Годжкинсу	19
115	33	Tragmodule	Tragmodul	24
117	15	растягив Тз	растягив Т _z	29
		сжатіи Гр	сжатіи Т _p	31
		при E растя-	при растя-	50
119	25	Heusiger	Heusinger	51
130	33	$1 + a \frac{l^2}{h^2}$	$1 + a \frac{l^2}{h^2}$	"
132	17	$h^2 \left[\right.$	$h^2 \left[\right.$	52
	24	$R^2 \left[\frac{1}{2} + \frac{\cos \beta \sin \beta}{2\beta} \frac{\sin 2\beta}{\beta^2} \right]$	$R^2 \left[\frac{1}{2} + \frac{\cos \beta \sin \beta}{2\beta} \frac{\sin 2\beta}{\beta^2} \right]$	"

Стран.

8

9

"

"

10

"

"

11

"

19

24

29

31

50

51

"

"

52

"

53

59

61

62

"

"

"

63

64

68

70

73

75

ОПЕЧАТКИ ВЪ I ЧАСТИ.

Страница.	Строка сверху.	Напечатано.	Должно быть.
8	14	$a^2+b^2-2ab \cos \gamma=c^2$	$a^2+b^2-2ab \cos \gamma=c^2$
		$\frac{ta+b}{a-b}=$	$\frac{a+b}{a-b}=$
9	13	$\rho^0=\frac{480}{\pi}$	$\rho^0=\frac{180}{\pi}$
"	12	$r^2\pi$	$r^2\pi$
"	24	$\frac{1}{4}\left(\frac{a-b}{a+b}\right)^2$	$\frac{1}{4}\left(\frac{a-b}{a+b}\right)^2$
10	12	$I=\frac{1}{3}\pi h^2(3r-h)$	$I=\frac{1}{3}\pi h^2(3r-h)$
"	24	$I=\frac{a^2\pi h}{2}$	$I=\frac{a^2\pi h}{2}$
"	25	$I=\frac{a+b^2}{2}\pi h$	$I=\frac{a^2+b^2}{2}\pi H.$
11	15	$V=\frac{1}{3}d=[$	$V=\frac{1}{3}d\times[$
"	19	<i>u Auftrag</i> $r^2\pi$	<i>Auftrag</i> $r^2\pi$
19	20	36,355	96,355
24	38	Для моделей	Для моделей множитель K .
29	2	D и B	G и G
31	5 и 20	Z	$G.$
50	3	$1 \text{ " } C_2 + 1 \text{ " } H=2 \text{ " } HC$	$1 \text{ " } Cl + 1 \text{ " } H=2 \text{ " } HCl$
51	3	$C=A-Bi+Ci^2$	$c=A-Bi^2+Ci^2$
"	7	N_2O_2	N_2O_3
"	21	HC_2	HCl
52	2	μ и μ	μ и μ_1
"	16	0,29	0,22
"	17	0,045 050	0,045 до 0,052
53	28	$A=\frac{\mu\pi r P n}{60}$	$A=\frac{\mu\pi r P n}{30}$
59	20	$PR=100:15=$	$PR=1,15.53856=$
61	38	5700 вдет.	5700 вв. савт.
62	1	$\pi^2 E \pi d^2$	$\pi^2 E \pi d^2.$
"	30	$P=M^2: r^2$	$P=M: r_2$
"	31	$\alpha=3\sqrt{\frac{\alpha}{\beta}} \frac{P}{h}$	здѣсь α и β размеры зубцовъ
"	37	$M_1=M_2 \frac{Z_1}{Z_2} \frac{1}{2}$	$M'=M \frac{Z_1}{Z_2} \frac{1}{\eta}$
63	8	$\sqrt{2} \frac{g}{h}$	$\sqrt{2} \frac{g}{h}$
64	27	$Q=0,96$	$Q=0,96$
68	33	1,2 м.	0,2 м.
70	3	$\frac{\lambda}{2}$	λ
73	28	$\frac{h_1}{l}=\frac{16 \lambda}{\pi^2 2g} \times \frac{Q^2}{d^5}$	$\frac{h_1}{l}=\frac{16 \lambda}{\pi^2 2g} \times \frac{Q^2}{d^5}$
75	21	$h_2=0,051 v_2($	$h_2=0,051 v_2($

Страница. Строка сверху.

Напечатано.

Должно быть.

77 и 78	15 и 4	C	ϵ
80	19	$\text{Cotg}\alpha=0,8$	$\text{cotg}\alpha=0,5$
		1,41 0,41 0,41	0,41
85	15	$\frac{1+\alpha t^0}{1+\alpha t} = \left(\frac{v_0}{v}\right) = \left(\frac{\gamma_0}{\gamma}\right) = \left(\frac{P^0}{P}\right) 1,4$	$\frac{1+\alpha t_0}{1+\alpha t} = \left(\frac{v}{v_0}\right) =$ $= \left(\frac{\gamma_0}{\gamma}\right) = \left(\frac{P_0}{P}\right) 1,41$
"	16	$\sqrt{\frac{v_0}{v}}$	$\sqrt{\frac{v}{v_0}}$
87	8	$MP(a+t_0):p_0(a+t_1)$	$MP(a+t_0):p_0(a+t_1)$
92	2	поверхности	поверхности въ кв. сантим.
93	9	$32+1,25R$	$32+2,25R$
94	1	при 100°ц	при—100°ц.
97	35	39	—39
109	4	$\lambda = \rho + \rho + a\rho$	$\lambda = \rho + \rho + A\rho u$
113	13 и 25	$\frac{+}{2s\delta l = d_1 p}$	$\frac{\times}{2s\delta l = d_1 p.}$
124	7		S
"	35	мрочности 6—	прочности $S=600$
127	29	$\delta = 0,25 \left[\frac{P}{F} \right]$	$\delta = 0,5 \left[\frac{P}{F} \right] d$
128	6	$\frac{F}{F} = \frac{1+a^2}{h^2}$	$\frac{F}{F} = \frac{1+a^2}{h^2}$
130	33		
131	4	5520	5620
132	7	$\frac{h^2}{12} = \frac{h+3b}{h+b}$	$\frac{h^2}{12} = \frac{h+3b}{h+b}$
"	24	$R^2 \left[\frac{1}{2} + \frac{\cos\beta \sin\beta}{2\beta} - \frac{\sin^2\beta}{\beta^2} \right]$	$R^2 \left[\frac{1}{2} + \frac{\cos\beta \sin\beta}{2\beta} - \frac{\sin^2\beta}{\beta^2} \right]$
135	5	$t = \frac{HB^3 - bh^3}{12}$	$t = \frac{HB^3 - hB^3}{12} = \frac{B^3}{12} (H-h)$
"	16	$4h$	$5h$
"	26	314^3 04,2;	$3,14^3$ 94,2;
"	32	$P_0 = P : \cos\alpha$, гдѣ	$P_0 = P : \cos\alpha$, гдѣ P вертикальное давленіе, α уголъ между P_0 и P . Пусть длина ноги—52,4 сантим., а ея горизонт. прозекція 5,7 сантим. Поэтому.
"	34	Горизонтъ балки	горизонтальной балки
136	5	Фиг. 13	Фиг. 34.
141	3	На фигурѣ 53 буква H_1 обозначаетъ $H-h=e_2+f$, но не— e_2	
142	39	$Bh_1 + bH_1 (H+h)$	$Bh^2 + bH_1 (H+h)$
143	2	$e_4 = e^2$	$e_4 = e_2$
151	1	$F=13,8b_1$	$F=13,8b_1^2$
"	16	$Mkp = P_0$	$Mkp = Pa$
"		матеріаловъ	матеріаломъ

ОПЕЧАТКИ ВО II ЧАСТИ.

Страница.	Строка сверху.	Напечатано.	Должно быть.
2		Въ фиг. 2 высота плечика подъ головкой есть n ; въ фиг. 3 и 4 уголъ конуса головки при основаніи есть α .	
"	21	$D=1,7d^{20}2d$	$D=1,7d$ до $2d$
4	3	2,09	1,09
20	столбецъ d_2	9,99	9,91
"	— " — d_1	$20/2^{1/4}$	$20/2^{3/4}$
21	4	$H_k=0,7d_1$	$H_k=0,7d$
"	16	$P_1-P_2=$	$P_1=P_2=$
"	20	x_1	x_2
23		Въ таблицѣ e въ столбцѣ для шага предъ запятой вездѣ 0.	
30	8	P_2 (въ знаменателѣ)	P_3
"	17 и 26	Q	Q_1
41	24	D	d
43	5	$1,25+1,25D$	$1,25D+1,25D$
"	31	C	c
47	34	и въ тѣмъ	и въ тѣлѣ
49	24	и если вращенія	и если углы вращенія
50	3	$0,75h$	$0,75;h$
"	4	bs	bs
53	11	обтягивается	обтачивается
57	7	Фиг. 73	Фиг. 81
"	43	дѣлаться	дѣлаться
60	4	$T=\frac{\tau}{\tau-1}=P\left(1+\frac{t}{P}\right)$	$T=\frac{\tau}{\tau-1}P=\left(1+\frac{t}{P}\right)P.$
"	7	$\tau=2\pi\mu\varphi$	$\tau=\varepsilon^2\pi\mu\varphi$
"	28	потеря	потеря силы
65	13	$D=1,06$ mm	$D=1,06$ метр.
66	4	центрируются	балансируются.
67	31	$s=4,4$ mm	$\delta=4,4$ mm.
73	4	11,3 въ знаменателѣ	60
74	15	катловъ	канатовъ
76	26	$1,52; 1,23=$	$1,52; 1,23=$
78	5	$h+\varphi d_2$ въ числителѣ	$h+\varphi d^2$
83	46	$2R=\frac{t}{\pi}$	$2R=\frac{t_2}{\pi}$
85	2	36 и 35	36 и 55
"	30	$t=4,0\sqrt{\quad}$	$t=4,1\sqrt{\quad}$
"	33	761200	716200
89	21	остальныя	стальныя
"	17	$=P=$	$=P^1=$
98	25	толщина ленты	свѣченіе F ленты
"	27	железной—2,5—4 квд.	железной $\kappa=2,5$ до 4 кило
"	24	$T=\frac{2,71828^2\pi\mu\varphi}{2,71828^2\pi\mu\varphi}\times P^1=Fk$ и $t=T-P$	$T=\frac{e^2\pi\mu\varphi}{e^2\pi\mu\varphi-1}P^1=Fk$ и $t=T-P^1$
00	14	$l:d=1:10$	$l:L=1:10$
"	15	$t=PL:L$	$t=P^1L:L$
"	16	$0,18\alpha 4,7$ и $2,71^{84,0}$	$0,18. 4,7$ и $2,71^{9,84}$
"	22	Давленіе на рычагъ	Наибольшее усиліе въ лентѣ
"	"	сила P	давленіе P_1 рабочаго на рычагъ
"	25	по стр. $T=2,47$	по стр. $60-t=2,47$
03	28	$=30$ лош. силъ	$=3,34$ лош. силъ

Страница. Строка сверху.

Напечатано.

Должно быть.

104	8	$l=300$ и 350	$l=260$ и 330 ? по <i>Hütte</i>
"	10	$D=30$ " 35	$D=40$ " 45
"	11	$D=40$ " 45	$D=30$ " 35
"	14	$m=18$ " 15	$m=18$ " 20
"	20	$D+10$ mm	$D+30$ mm
"	30	при $\frac{r}{L} = \frac{1}{4} P=1,03Q$ при $\frac{r}{L} = \frac{1}{5} P=1,02Q$; при $\frac{r}{L} = \frac{1}{4}; P=1,03Q$ при $\frac{r}{L} = \frac{1}{5}; P=1,02Q$	
105	2	$d=126\sqrt{P}$	$d=1,26\sqrt{P}$
107	4	$a=a_1$	$a=a_1$
108	21	$\sqrt{\frac{\pi \cdot 2,1}{16}}$	$\sqrt{\frac{16}{\pi \cdot 2,1}}$
109	10	шашуна	шатуна.
"	17	сопротивления	инерции.
110	2	$D=3,2\sqrt[4]{sRL^2}$	$D=3,2\sqrt[4]{sPL^2}$
"	8	$1,05=\frac{1}{70}L$	$1,05+\frac{1}{70}L$
118	2	$AD=\frac{1}{1}AB$	$CD=\frac{1}{3}AB$
"	19	$a=0,6r$	$a=0,6h$
"	20	$1,4_2$	$1,4_1$
"	21 и 22	$0,7d_1, 4,2d; 0,35$	$0,7d_k, 4,2dk; 0,35$
122	34	$D=12d+2r+0,0m^2$	$D=1,2d+2r+0,02$
125	7	$C=b^2d; F=cd^2$	$P=b^2d; G=cd^2$
"	15	сторонъ	стренгъ
130	1	$l=5d, b=3,75d$	$l=6d; b=3,6d$ по <i>Hütte</i>
131	33	$l_1=6+1,67d$	$l_1=6+1,67d_1$
133	16	$R : \delta$	$a : \delta$
135	13	или $\delta + \frac{da}{200s} + c$	или $\delta = \frac{da}{200s} + c$
"	23	$\delta = \frac{a}{40} + 16$	$\delta = 20 + \frac{D}{100}$
137	23	$n=505$	$n=50$
138	5	— въ числитель	+
140	15	$0,6D+3$ мм.	$0,06D+3$ мм.
"	15	$K=0,6D+3$ mm	$K=0,06+3$ mm
"	17	$l=3,5D+45$ mm, если $D > 50$ mm	$l=3,5D+45$ mm, если $D < 50$ mm.
142	19	шина	типа.
143	2	цилиндръ части	цилиндрическую часть.
145	На рисунокъ 192	вмѣсто 0,2 вверхъ нальво и вмѣсто 1,6 у втулки надо 0,6	
147	17	D диаметръ	K диаметръ
150	На фиг. 212—213	вмѣсто b нужно l , вмѣсто f нужно l	
152	24	эффективныхъ	дѣйствительныхъ
156	16	исполненіе	наполненіе.
157	1	Z	моментъ сопротивленія Z .
161	11	$F=f r \frac{2G}{l_1 \cos 2\alpha}$	$F=f r \frac{2G}{l_1 \sin 2\alpha}$
162	28	$l_1=0,6l$	$l_1=0,6l$
"	31	$\alpha = -l \sin^3 \alpha_n$	$\alpha = -l \sin^3 \alpha_n$
163	2	$a = \frac{1}{8}$	$a = \frac{l}{8}$
"	15	$\gamma - l \sin^5 \alpha_n$	$\alpha = -l \sin^5 \alpha_n$
166	42	Рнуера	Ридера
167	13	кататься	качаться.
"	20 и 21	$\delta > \delta_1$, по $\epsilon < \delta$	$\delta < \delta_0$ по $\epsilon > \delta_0$

ЕГО СІЯТЕЛСТВУ

ГРАФУ

Сергію Григорьевичу

СТРОГАНОВУ

СВОЙ ТРУДЪ

съ глубочайшимъ благоговѣніемъ

ПОСВЯЩАЕТЪ

Павель Мальцовъ.

I. МАТЕМАТИКА.

A. Окружности, площади круга, квадраты, кубы, квадратные и кубические корни.

n	$n\pi$	$n^2 \frac{\pi}{4}$	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$
1,0	3,142	0,7854	1,000	1,000	1,0000	1,0000
1,1	3,456	0,9503	1,210	1,331	1,0488	1,0323
1,2	3,770	1,1310	1,440	1,728	1,0955	1,0627
1,3	4,084	1,3273	1,690	2,197	1,1402	1,0914
1,4	4,398	1,5394	1,960	2,744	1,1832	1,1187
1,5	4,712	1,7672	2,250	3,375	1,2247	1,1447
1,6	5,027	2,0106	2,560	4,096	1,2649	1,1696
1,7	5,341	2,2698	2,890	4,913	1,3038	1,1935
1,8	5,655	2,5447	3,240	5,832	1,3416	1,2164
1,9	5,969	2,8353	3,610	6,859	1,3784	1,2386
2,0	6,283	3,1416	4,000	8,000	1,4142	1,2599
2,1	6,597	3,4636	4,410	9,261	1,4491	1,2806
2,2	6,912	3,8013	4,840	10,648	1,4832	1,3006
2,3	7,226	4,1548	5,290	12,167	1,5166	1,3200
2,4	7,540	4,5239	5,760	13,824	1,5492	1,3389
2,5	7,854	4,9087	6,250	15,625	1,5811	1,3572
2,6	8,168	5,3093	6,760	17,576	1,6125	1,3751
2,7	8,482	5,7256	7,290	19,683	1,6432	1,3925
2,8	8,797	6,1575	7,840	21,952	1,6733	1,4095
2,9	9,111	6,6052	8,410	24,389	1,7029	1,4260
3,0	9,425	7,0686	9,00	27,000	1,7321	1,4422
3,1	9,739	7,5477	9,61	29,791	1,7607	1,4581
3,2	10,053	8,0425	10,24	32,768	1,7889	1,4736
3,3	10,367	8,5530	10,89	35,937	1,8166	1,4888
3,4	10,681	9,0792	11,56	39,304	1,8439	1,5037

n	$n\pi$	$n^2 \frac{\pi}{4}$	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$
3,5	10,996	9,6211	12,25	42,875	1,8708	1,5183
3,6	11,310	10,179	12,96	46,656	1,8974	1,5326
3,7	11,624	10,752	13,69	50,653	1,9235	1,5467
3,8	11,938	11,341	14,44	54,872	1,9494	1,5605
3,9	12,252	11,946	15,21	59,319	1,9748	1,5741
4,0	12,566	12,566	16,00	64,000	2,0000	1,5874
4,1	12,881	13,203	16,81	68,921	2,0249	1,6005
4,2	13,195	13,854	17,64	74,088	2,0494	1,6134
4,3	13,509	14,522	18,49	79,507	2,0736	1,6261
4,4	13,823	15,205	19,36	85,184	2,0976	1,6386
4,5	14,137	15,904	20,25	91,125	2,1213	1,6510
4,6	14,451	16,619	21,16	97,336	2,1448	1,6631
4,7	14,765	17,349	22,09	103,823	2,1680	1,6751
4,8	15,080	18,096	23,04	110,592	2,1909	1,6869
4,9	15,394	18,857	24,01	117,649	2,2136	1,6985
5,0	15,708	19,635	25,00	125,000	2,2361	1,7100
5,1	16,022	20,428	26,01	132,651	2,2583	1,7213
5,2	16,336	21,237	27,04	140,608	2,2804	1,7325
5,3	16,650	22,062	28,09	148,877	2,3022	1,7435
5,4	16,965	22,902	29,16	157,464	2,3238	1,7544
5,5	17,279	23,758	30,25	166,375	2,3452	1,7652
5,6	17,593	24,630	31,36	175,616	2,3664	1,7758
5,7	17,907	25,518	32,49	185,193	2,3875	1,7863
5,8	18,221	26,421	33,64	195,112	2,4083	1,7967
5,9	18,535	27,340	34,81	205,379	2,4290	1,8070
6,0	18,850	28,274	36,00	216,000	2,4495	1,8171
6,1	19,164	29,225	37,21	226,981	2,4698	1,8272
6,2	19,478	30,191	38,44	238,328	2,4900	1,8371
6,3	19,792	31,173	39,69	250,047	2,5100	1,8469
6,4	20,106	32,170	40,96	262,144	2,5298	1,8566
6,5	20,420	33,183	42,25	274,625	2,5495	1,8663
6,6	20,735	34,212	43,56	287,496	2,5691	1,8758
6,7	21,049	35,257	44,89	300,763	2,5884	1,8852
6,8	21,363	36,317	46,24	314,432	2,6077	1,8945
6,9	21,677	37,393	47,61	328,509	2,6268	1,9038
7,0	21,991	38,485	49,00	343,000	2,6458	1,9129
7,1	22,305	39,592	50,41	357,911	2,6646	1,9220
7,2	22,619	40,715	51,84	373,248	2,6833	1,9310
7,3	22,934	41,854	53,29	389,017	2,7019	1,9399
7,4	23,248	43,008	54,76	405,224	2,7203	1,9487

n	$n\pi$	$\frac{n^2\pi}{4}$	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$
7,5	23,562	44,179	56,25	421,875	2,7386	1,9574
7,6	23,876	45,365	57,76	438,976	2,7568	1,9661
7,7	24,190	46,566	59,29	456,533	2,7749	1,9747
7,8	24,504	47,784	60,84	474,552	2,7929	1,9832
7,9	24,819	49,017	62,41	493,039	2,8107	1,9916
8,0	25,133	50,266	64,00	512,000	2,8284	2,0000
8,1	25,447	51,530	65,61	531,441	2,8461	2,0083
8,2	25,761	52,810	67,24	551,368	2,8636	2,0165
8,3	26,075	54,106	68,89	571,787	2,8810	2,0247
8,4	26,389	55,418	70,56	592,704	2,8983	2,0328
8,5	26,704	56,745	72,25	614,125	2,9155	2,0408
8,6	27,018	58,088	73,96	636,056	2,9326	2,0488
8,7	27,332	59,447	75,69	658,503	2,9496	2,0567
8,8	27,646	60,821	77,44	681,472	2,9665	2,0646
8,9	27,960	62,211	79,21	704,969	2,9833	2,0724
9,0	28,274	63,617	81,00	729,000	3,0000	2,0801
9,1	28,588	65,039	82,81	753,571	3,0166	2,0878
9,2	28,903	66,476	84,64	778,688	3,0332	2,0954
9,3	29,217	67,929	86,49	804,357	3,0496	2,1029
9,4	29,531	69,398	88,36	830,584	3,0659	2,1105
9,5	29,845	70,882	90,25	857,375	3,0822	2,1179
9,6	30,159	72,382	92,16	884,736	3,0984	2,1253
9,7	30,473	73,898	94,09	912,673	3,1145	2,1327
9,8	30,788	75,430	96,04	941,192	3,1305	2,1400
9,9	31,102	76,977	98,01	970,299	3,1464	2,1472
10,0	31,416	78,540	100,00	1000,000	3,1623	2,1544
10,1	31,730	80,119	102,01	1030,301	3,1780	2,1616
10,2	32,044	81,713	104,04	1061,208	3,1937	2,1687
10,3	32,358	83,323	106,09	1092,727	3,2094	2,1757
10,4	32,673	84,949	108,16	1124,863	3,2249	2,1828
10,5	32,987	86,590	110,25	1157,625	3,2404	2,1897
10,6	33,301	88,247	112,36	1191,016	3,2558	2,1967
10,7	33,615	89,920	114,49	1225,043	3,2711	2,2036
10,8	33,929	91,609	116,64	1259,712	3,2863	2,2104
10,9	34,243	93,313	118,81	1295,029	3,3015	2,2172
11,0	34,558	95,033	121,00	1331,000	3,3166	2,2239
11,1	34,872	96,769	123,21	1367,631	3,3317	2,2307
11,2	35,186	98,520	125,44	1404,928	3,3466	2,2374
11,3	35,500	100,29	127,69	1442,897	3,3615	2,2441
11,4	35,814	102,07	129,96	1481,544	3,3764	2,2506

n	$n\pi$	$n^2\frac{\pi}{4}$	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$
11,5	36,128	103,87	132,25	1520,875	3,3912	2,2572
11,6	36,442	105,68	134,56	1560,896	3,4059	2,2637
11,7	36,757	107,51	136,89	1601,613	3,4205	2,2702
11,8	37,071	109,36	139,24	1643,032	3,4351	2,2766
11,9	37,385	111,22	141,61	1685,159	3,4496	2,2831
12,0	37,699	113,10	144,00	1728,000	3,4641	2,2894
12,1	38,013	114,99	146,41	1771,561	3,4785	2,2957
12,2	38,327	116,90	148,84	1815,848	3,4928	2,3021
12,3	38,642	118,82	151,29	1860,867	3,5071	2,3084
12,4	38,956	120,76	153,76	1906,624	3,5214	2,3146
12,5	39,270	122,72	156,25	1953,125	3,5355	2,3208
12,6	39,584	124,69	158,76	2000,376	3,5496	2,3270
12,7	39,898	126,68	161,29	2048,383	3,5637	2,3331
12,8	40,212	128,68	163,84	2097,152	3,5777	2,3392
12,9	40,527	130,70	166,41	2146,689	3,5917	2,3453
13,0	40,841	132,73	169,00	2197,000	3,6056	2,3513
13,1	41,155	134,78	171,61	2248,091	3,6194	2,3573
13,2	41,469	136,85	174,24	2299,968	3,6332	2,3633
13,3	41,783	138,93	176,89	2352,637	3,6469	2,3693
13,4	42,097	141,03	179,56	2406,104	3,6606	2,3752
13,5	42,412	143,14	182,25	2460,375	3,6742	2,3811
13,6	42,726	145,27	184,96	2515,456	3,6878	2,3870
13,7	43,040	147,41	187,69	2571,353	3,7013	2,3928
13,8	43,354	149,57	190,44	2628,072	3,7148	2,3986
13,9	43,668	151,75	193,21	2685,619	3,7283	2,4044
14,0	43,982	153,94	196,00	2744,000	3,7417	2,4101
14,1	44,296	156,15	198,81	2803,221	3,7550	2,4159
14,2	44,611	158,37	201,64	2863,288	3,7683	2,4216
14,3	44,925	160,61	204,49	2924,207	3,7815	2,4272
14,4	45,239	162,86	207,36	2985,984	3,7947	2,4329
14,5	45,553	165,13	210,25	3048,625	3,8079	2,4385
14,6	45,867	167,42	213,16	3112,136	3,8210	2,4441
14,7	46,181	169,72	216,09	3176,523	3,8341	2,4497
14,8	46,496	172,03	219,04	3241,792	3,8471	2,4552
14,9	46,810	174,37	222,01	3307,949	3,8600	2,4607
15,0	47,124	176,72	225,00	3375,000	3,8730	2,4662
15,1	47,438	179,08	228,01	3442,951	3,8859	2,4717
15,2	47,752	181,45	231,04	3511,808	3,8987	2,4772
15,3	48,066	183,85	234,09	3581,577	3,9115	2,4825
15,4	48,381	186,27	237,16	3652,264	3,9243	2,4879

n	n	$n^2 \frac{\pi}{4}$	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$
15,5	48,695	188,69	240,25	3723,875	3,9370	2,4933
15,6	49,009	191,13	243,36	3796,416	3,9497	2,4986
15,7	49,323	193,59	246,49	3869,893	3,9623	2,5039
15,8	49,637	196,07	249,64	3944,312	3,9749	2,5092
15,9	49,951	198,56	252,81	4019,679	3,9875	2,5146
16,0	50,265	201,06	256,00	4096,000	4,0000	2,5198
16,1	50,580	203,58	259,21	4173,281	4,0125	2,5251
16,2	50,894	206,12	262,44	4251,528	4,0249	2,5303
16,3	51,208	208,67	265,69	4330,747	4,0373	2,5355
16,4	51,522	211,24	268,96	4410,944	4,0497	2,5406
16,5	51,836	213,83	272,25	4492,125	4,0620	2,5458
16,6	52,150	216,42	275,56	4574,296	4,0743	2,5509
16,7	52,465	219,04	278,89	4657,463	4,0866	2,5561
16,8	52,779	221,67	282,24	4741,632	4,0988	2,5612
16,9	53,093	224,32	285,61	4826,809	4,1110	2,5663
17,0	53,407	226,98	289,00	4913,000	4,1231	2,5713
17,1	53,721	229,66	292,41	5000,211	4,1352	2,5763
17,2	54,035	232,35	295,84	5088,448	4,1473	2,5813
17,3	54,350	235,06	299,29	5177,717	4,1593	2,5863
17,4	54,664	237,79	302,76	5268,024	4,1713	2,5913
17,5	54,978	240,53	306,25	5359,375	4,1833	2,5963
17,6	55,292	243,29	309,76	5451,776	4,1952	2,6012
17,7	55,606	246,06	313,29	5545,233	4,2071	2,6061
17,8	55,920	248,85	316,84	5639,752	4,2190	2,6109
17,9	56,235	251,65	320,41	5735,339	4,2308	2,6158
18,0	56,549	254,47	324,00	5832,000	4,2426	2,6207
18,1	56,863	257,30	327,61	5929,741	4,2544	2,6256
18,2	57,177	260,16	331,24	6028,568	4,2661	2,6304
18,3	57,491	263,02	334,89	6128,487	4,2778	2,6352
18,4	57,805	265,90	338,56	6229,504	4,2895	2,6401
18,5	58,119	268,80	342,25	6331,625	4,3012	2,6448
18,6	58,434	271,72	345,96	6434,856	4,3128	2,6495
18,7	58,748	274,65	349,69	6539,203	4,3243	2,6543
18,8	59,062	277,59	353,44	6644,672	4,3359	2,6590
18,9	59,376	280,55	357,21	6751,269	4,3474	2,6637
19,0	59,690	283,53	361,00	6859,000	4,3589	2,6684
19,1	60,004	286,52	364,81	6967,871	4,3703	2,6731
19,2	60,319	289,53	368,64	7077,888	4,3818	2,6777
19,3	60,633	292,55	372,49	7189,057	4,3932	2,6824
19,4	60,947	295,59	376,36	7301,384	4,4045	2,6869

n	$n\pi$	$n^2 \frac{\pi}{4}$	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$
19,5	61,261	298,65	380,25	7414,875	4,4159	2,6916
19,6	61,575	301,72	384,16	7529,536	4,4272	2,6962
19,7	61,889	304,81	388,09	7645,373	4,4385	2,7008
19,8	62,204	307,91	392,04	7762,392	4,4497	2,7053
19,9	62,518	311,03	396,01	7880,599	4,4609	2,7098
20,0	62,832	314,16	400,00	8000,000	4,4721	2,7144
20,1	63,146	317,31	404,01	8120,601	4,4833	2,7189
20,2	63,460	320,47	408,04	8242,408	4,4944	2,7234
20,3	63,774	323,66	412,09	8365,427	4,5055	2,7279
20,4	64,088	326,85	416,16	8489,664	4,5166	2,7324
20,5	64,403	330,06	420,25	8615,125	4,5277	2,7368
20,6	64,717	333,29	424,36	8741,816	4,5387	2,7413
20,7	65,031	336,54	428,49	8869,743	4,5497	2,7457
20,8	65,345	339,80	432,64	8998,912	4,5607	2,7502
20,9	65,659	343,07	436,81	9129,329	4,5716	2,7545
21,0	65,973	346,36	441,00	9261,000	4,5826	2,7589
21,1	66,288	349,67	445,21	9393,931	4,5935	2,7633
21,2	66,602	352,99	449,44	9528,128	4,6043	2,7676
21,3	66,916	356,33	453,69	9663,597	4,6152	2,7720
21,4	67,230	359,68	457,96	9800,344	4,6260	2,7763
21,5	67,544	363,05	462,25	9938,375	4,6368	2,7806
21,6	67,858	366,44	466,56	10077,696	4,6476	2,7849
21,7	68,173	369,84	470,89	10218,313	4,6583	2,7893
21,8	68,487	373,25	475,24	10360,232	4,6690	2,7935
21,9	68,801	376,69	479,61	10503,459	4,6797	2,7978
22,0	69,115	380,13	484,00	10648,000	4,6904	2,8021
22,1	69,429	383,60	488,41	10793,861	4,7011	2,8063
22,2	69,743	387,08	492,84	10941,048	4,7117	2,8105
22,3	70,058	390,57	497,29	11089,567	4,7223	2,8147
22,4	70,372	394,08	501,76	11239,424	4,7329	2,8189
22,5	70,686	397,61	506,25	11390,625	4,7434	2,8231
22,6	71,000	401,15	510,76	11543,176	4,7539	2,8273
22,7	71,314	404,71	515,29	11697,083	4,7644	2,8314
22,8	71,628	408,28	519,84	11852,352	4,7749	2,8356
22,9	71,942	411,87	524,41	12008,989	4,7854	2,8397
23,0	72,257	415,48	529,00	12167,000	4,7958	2,8438
23,1	72,571	419,10	533,61	12326,391	4,8062	2,8479
23,2	72,885	422,73	538,24	12487,168	4,8166	2,8521
23,3	73,199	426,39	542,89	12649,337	4,8270	2,8562
23,4	73,513	430,05	547,56	12812,904	4,8373	2,8603

n	$n\pi$	$n^2 \frac{\pi}{4}$	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$
23,5	73,827	433,74	552,25	12977,875	4,8477	2,8643
23,6	74,142	437,44	556,96	13144,256	4,8580	2,8684
23,7	74,456	441,15	561,69	13312,053	4,8683	2,8724
23,8	74,770	444,88	566,44	13481,272	4,8785	2,8765
23,9	75,084	448,63	571,21	13651,919	4,8888	2,8805
24,0	75,398	452,39	576,00	13824,000	4,8990	2,8845
24,1	75,712	456,17	580,81	13997,521	4,9092	2,8885
24,2	76,027	459,96	585,64	14172,488	4,9193	2,8925
24,3	76,341	463,77	590,49	14348,907	4,9295	2,8965
24,4	76,655	467,60	595,36	14526,784	4,9396	2,9004
24,5	76,969	471,44	600,25	14706,125	4,9497	2,9044
24,6	77,283	475,29	605,16	14886,936	4,9598	2,9083
24,7	77,597	479,16	610,09	15069,223	4,9699	2,9123
24,8	77,911	483,05	615,04	15252,992	4,9799	2,9162
24,9	78,226	486,96	620,01	15438,249	4,9899	2,9201
25,0	78,540	490,87	625,00	15625,000	5,0000	2,9241

В. Таблица тригонометрическихъ линій.

Гр.	sin.	cos.	tg.	cotg.		Гр.	sin.	cos.	tg.	cotg.	
0	0,000	1,000	0,000	∞	90	16	0,276	0,961	0,287	3,487	
1	0,017	1,000	0,017	57,29	89	17	0,292	0,956	0,306	3,271	
2	0,035	0,999	0,035	28,64	88	18	0,309	0,951	0,325	3,078	
3	0,052	0,999	0,052	19,08	87	19	0,326	0,946	0,344	2,904	
4	0,070	0,998	0,070	14,30	86	20	0,342	0,940	0,364	2,747	
5	0,087	0,996	0,087	11,43	85	21	0,358	0,934	0,384	2,605	
6	0,105	0,995	0,105	9,514	84	22	0,375	0,927	0,404	2,475	
7	0,122	0,993	0,123	8,144	83	23	0,391	0,921	0,424	2,356	
8	0,139	0,990	0,141	7,115	82	24	0,407	0,914	0,445	2,246	
9	0,156	0,988	0,158	6,314	81	25	0,423	0,906	0,466	2,145	
10	0,174	0,985	0,176	5,671	80	26	0,438	0,899	0,488	2,050	
11	0,191	0,982	0,194	5,145	79	27	0,454	0,891	0,510	1,963	
12	0,208	0,978	0,213	4,705	78	28	0,469	0,883	0,532	1,881	
13	0,225	0,974	0,231	4,331	77	29	0,485	0,875	0,554	1,804	
14	0,242	0,970	0,249	4,011	76	30	0,500	0,866	0,577	1,732	
15	0,259	0,966	0,268	3,732	75	31	0,515	0,857	0,601	1,664	
	cos.	sin.	cotg.	tg.	Гр.		cos.	sin.	cotg.	tg.	Гр.

Гр.	sin.	cos.	tg.	cotg.	Гр.	sin.	cos.	tg.	cotg.
32	0,530	0,848	0,625	1,600	58	0,629	0,777	0,810	1,235
33	0,545	0,839	0,649	1,540	57	0,643	0,766	0,839	1,192
34	0,559	0,829	0,675	1,483	56	0,656	0,755	0,869	1,150
35	0,574	0,819	0,700	1,428	55	0,669	0,743	0,900	1,111
36	0,588	0,809	0,727	1,376	54	0,682	0,731	0,933	1,072
37	0,602	0,799	0,754	1,327	53	0,695	0,719	0,966	1,036
38	0,616	0,788	0,781	1,280	52	0,707	0,707	1,000	1,000
	cos.	sin.	cotg.	tg.	Гр.	cos.	sin.	cotg.	tg.
					Гр.				

С. Вычисленіе треугольниковъ и правильныхъ многоугольниковъ.

1. *Треугольникъ.* Пусть a, b, c стороны, α, β, γ противолежащія углы и $\frac{a+b+c}{2} = S$, то имѣемъ слѣдующія соотношенія:

$$\begin{aligned} a^2 + b^2 - 2ab \cos \gamma &= c^2 \\ a : b : c &= \sin \alpha : \sin \beta : \sin \gamma \end{aligned} \quad \frac{a+b}{a-b} = \frac{\operatorname{tg} \frac{\alpha+\beta}{2}}{\operatorname{tg} \frac{\alpha-\beta}{2}}$$

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{(s-b)(s-c)}{b \cdot c}}$$

$$\cos \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{s(s-a)}{b \cdot c}}$$

$$(a-b) \cos \frac{\gamma}{2} = c \sin \left(\frac{\alpha-\beta}{2} \right)$$

Площадь треугольника

$$F = \frac{1}{2} ab \sin \gamma = \frac{a^2 \sin \beta \sin \gamma}{2 \sin \alpha} = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}$$

2. *Правильные многоугольники.* Если S сторона, n число сторонъ, R радиусъ описаннаго круга, r радиусъ вписаннаго, F площадь, то

Изваніе многоугольника.	R	r	S	F
Треугольникъ . . .	$0,577S$	$0,289S$	$1,732R$ или $3,463r$	$0,433^2S$ или $1,299R^2$
Квадратъ . . .	$0,707S$	$0,500S$	$1,414R$ „ $2,000r$	$1,000^2S$ „ $2,000R^2$
Пятиугольникъ . . .	$0,851S$	$0,695S$	$1,176R$ „ $1,453r$	$1,721^2S$ „ $2,378R^2$
Шестиугольникъ . . .	$1,000S$	$0,866S$	$1,000R$ „ $1,155r$	$2,598^2S$ „ $2,598R^2$
Семиугольникъ . . .	$1,152S$	$1,038S$	$0,868R$ „ $0,963r$	$3,634^2S$ „ $2,736R^2$

Названіе много- угольника.	R	r	S	F
Осьмидугольникъ.	1,307 S	1,208 S	0,765 R или 0,828 r	4,828 S^2 или 2,828 R^2
Девятиугольникъ	1,462 S	1,374 S	0,684 R „ 0,728 r	6,182 S^2 „ 2,892 R^2
Десятиугольникъ	1,618 S	1,540 S	0,618 R „ 0,649 r	7,694 S^2 „ 2,939 R^2
Одиннадцатигол.	1,775 S	1,704 S	0,563 R „ 0,587 r	9,366 S^2 „ 2,973 R^2
Двѣнадцатигол.	1,932 S	1,866 S	0,518 R „ 0,536 r	11,19 S^2 „ 3,000 R^2

D. Площади и объемы.

Кругъ радиуса r имѣеть окружность $2\pi r$ и площадь πr^2 .
 $\pi = 3,141592654$; $\log \pi = 0,4971499$; $\log 2\pi = 0,79818$

Дуга круга при центральномъ углѣ α имѣеть длину $\frac{r \cdot \alpha}{\rho}$, гдѣ
 $\rho = \frac{180}{\pi}$, $\frac{180 \cdot 60}{\pi}$, $\frac{180 \cdot 60 \cdot 60}{\pi}$, если α дано въ градусахъ, мину-
 тахъ или секундахъ.

$$\rho^0 = \frac{180}{\pi} = 57,296^0 \quad \log \rho^0 = 1,75812$$

$$\rho' = \frac{180 \cdot 60}{\pi} = 3437,75' \quad \log \rho' = 3,53627$$

$$\rho'' = \frac{180 \cdot 60 \cdot 60}{\pi} = 206265 \quad \log \rho'' = 5,31443$$

Стрѣлка h дуги съ хордою S приблизительно $= \frac{S}{8r}$?

Круговой вырѣзокъ съ центральнымъ угломъ α

$$F = \frac{\alpha}{360} r^2 \pi$$

Круговой отрѣзокъ съ центральнымъ угломъ α

$$F = \left(\frac{\alpha}{180} \pi - \sin \alpha \right) \frac{r^2}{2}$$

Площадь параболы съ хордою s и высотой дуги h .

$$F = \frac{2}{3} sh$$

Эллипсъ съ полуосями a и b имѣеть площадь $a \cdot b \pi$ и окру-
 жность

$$(a+b)\pi \left[1 + \frac{1}{4} \left(\frac{a-b}{a+b} \right)^2 + \frac{1}{64} \left(\frac{a-b}{a+b} \right)^4 + \dots \right]$$

Объемъ обелиска и призматоида (если h разстояние между па-
 раллельными концевыми плоскостями A и B , а C поперечное сѣ-

ченіе на срединѣ высоты параллельное концевымъ площадямъ)

$$I = \frac{h}{6} (A + 4C + B)$$

Объемъ усѣченной пирамиды (если h разстояніе между параллельными концевыми площадями F и f)

$$I = \frac{h}{3} (F + \sqrt{Ff} + f)$$

Объемъ шара

$$I = \frac{4}{3} r^3 \pi = \frac{1}{6} d^3 \pi$$

Поверхность шара

$$F = 4\pi r^2$$

Объемъ отрѣзка (сегмента) шара (если r радіусъ шара, a площадь разрѣза, h высота отрѣзка)

$$I = \frac{1}{6} \pi h (3a^2 + h^2) = \frac{1}{3} \pi h^2 (3r - h)$$

Объемъ шаровой зоны (если r радіусъ шара, a и b радіусы концевыхъ площадей и h высота зоны)

$$I = \frac{1}{6} \pi h (3a^2 + 3b^2 + h^2)$$

Объемъ шароваго вырѣзка (сектора) если r радіусъ и h высота шаровой части:

$$I = \frac{2}{3} r^2 \pi \cdot h.$$

Концентрическій шаровой сводъ шириною $2c$, высотой h и толщиной d

$$I = \pi h \cdot d \left(\frac{c^2}{h} + h + 2d + \frac{2d^2}{3r} \right)$$

Параболоидъ вращенія, обрѣзанный перпендикулярно къ оси на разстояніи h отъ вершины, такъ что радіусъ круга пересѣченія =

a имѣетъ объемъ $I = \frac{a^2 \pi h}{2}$. Зона съ радіусами сѣченій a и b ,

высотой H имѣетъ объемъ $I = \frac{a + b^2}{2} \pi \cdot h$

Эллипсоидъ вращенія съ осью вращенія a и экваторіальною осью b имѣетъ объемъ $\frac{4}{3} \pi a b^2$. Трехъосевой эллипсоидъ съ ося-

ми a, b, c напротивъ $I = \frac{4}{3} \pi a b c$.

Объемъ бочки (если h высота, R радиусъ въ срединѣ, r на концахъ и кривизна образована по параболѣ)

$$I = \frac{\pi h}{15} (8R^2 + 4Rr + 3r^2)$$

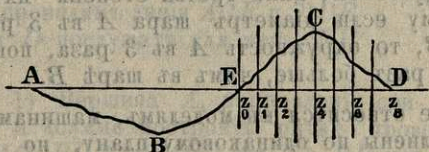
NB. Другая употребительная формула $I = \frac{\pi h}{3} (2R^2 + r^2)$ даетъ слишкомъ большія величины.

Тѣла произвольной формы. Если видъ тѣла не подходитъ подъ виды предъидущихъ отдѣленій, то проводятъ по длинѣ его ось и назначаютъ рядъ поперечныхъ сѣченій, перпендикулярныхъ къ этой оси. Потомъ приближенно вычисляютъ объемъ части тѣла, находящейся между двумя поперечными сѣченіями, — для чего сумму этихъ сѣченій умножаютъ на перпендикулярное между ними разстояніе $d = \frac{h}{n}$.

Точнѣе, объемъ опредѣляется чрезъ приложеніе правила Симпсона, при чемъ за ординаты принимаются поперечныя сѣченія $F_0, F_1, F_2, \dots, F_n$; $V = \frac{1}{3} d = \left[F_0 + F_n + 4(F_1 + F_3 + F_5 + \dots + F_{n-1}) + 2(F_2 + F_4 + F_6 + \dots + F_{n-2}) \right]$, гдѣ n четное число.

Примѣръ. Нужно провести горизонтальную дорогу чрезъ неровную мѣстность такъ, чтобы свозка земли (deblais, Abtrag) на извѣстномъ пространствѣ равнялась насыпи земли (remblais, Auftrag).

Пусть $ABCD$ будетъ продольный профиль натуральной почвы. Горизонтальная плоскость AED должна быть такъ найдена, чтобы свозка ECD = насыпи ABE . Высоту плоскости AE берутъ на-глазъ и испытываютъ правильность ея положенія такимъ образомъ:



Фиг. 1.

Опредѣляютъ на равныхъ разстояніяхъ плоскости поперечныхъ разрѣзовъ $Z_0, Z_1, Z_2, Z_3, \dots$ перпендикулярныхъ къ ED . Пусть

$$\begin{aligned} Z_0 &= 0, & Z_1 &= 8,2 \text{ м}, & Z_2 &= 12,5 \text{ м}; & \text{Разстояніе } d &= 16,5 \text{ м}. \\ Z_3 &= 14,7, & Z_4 &= 17,2, \\ Z_5 &= 15,3, & Z_6 &= 10,4, \\ Z_7 &= 7,8 \end{aligned}$$

Объемъ свозки:

$$I = \frac{16,5}{3} \{ 0 + 0 + 4(8,2 + 14,7 + 15,3 + 7,8) + 2(12,5 + 17,2 + 10,4) \} = 5,5 (4 \times 46,0 + 2 \times 40,1) = 1453,1 \text{ кубич. метр.}$$

Такимъ-же способомъ опредѣляютъ объемъ насыпи. Если оба объема равны, то положеніе плоскости *AED* избрано правильно. Если свозка болѣе или менѣе насыпи, то должно эту плоскость взять выше или ниже. Въ этомъ случаѣ переносятъ *AE* на соответствующее разстояніе и повторяютъ опытъ до тѣхъ поръ, пока *AE* будетъ точно соответствовать назначенію.

Правило Гульдена. Поверхность тѣла вращенія = длинѣ образующей *l*, умноженной на путь, который описываетъ ея центръ тяжести.

Объемъ тѣла вращенія, происшедшаго чрезъ вращеніе плоскости *F* около нѣкоторой оси, равенъ ея площади, умноженной на путь, описываемый ея центромъ тяжести. Въ обоихъ случаяхъ линія или плоскость должны находиться съ одной стороны оси и въ одной съ нею плоскости.

Примѣръ. Кругъ діаметромъ 0,12 метр., центръ коего находится на 0,4 метра отъ нѣкоторой прямой, лежащей въ плоскости круга, вращается около этой прямой. Найти поверхность и объемъ происшедшаго отъ вращенія кольца.

Круговая линія, которая вращается.	$0,12 \times 3,14 = 0,3768 \text{ м.}$
” поверхность, ”	$0,06 \times 0,06 \times 3,14 = 0,0113 \square \text{ м.}$
Путь центра тяжести.	$2 \times 0,4 \times 3,14 = 2,512 \square \text{ м.}$
Поверхность кольца.	$0,3768 \times 2,512 = 0,9465 \square \text{ м.}$
Объемъ кольца.	$0,0113 \times 2,512 = 0,0284 \text{ куб. м.}$

Отношеніе объемовъ подобныхъ тѣлъ. Тѣлами подобными называются такія, коихъ поверхности состоятъ изъ одинаковаго числа подобныхъ фигуръ одинаково расположенныхъ. Подобныя тѣла относятся между собою, какъ третьи степени ихъ сходственныхъ реберъ; посему если діаметръ шара *A* въ 3 раза больше діаметра шара *B*, то окружность *A* въ 3 раза, поверхность въ 9 и объемъ въ 27 разъ больше, чѣмъ въ шарѣ *B*.

То же самое относится къ моделямъ, машинамъ, постройкамъ, которыя исполнены по одинаковому плану, но при различныхъ масштабахъ. Напр., если 6" приведены къ 1", то каждая площадь модели въ 36 разъ и каждый объемъ въ $6.6.6 = 216$ разъ менѣе.

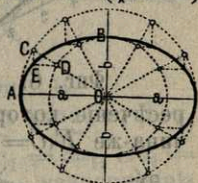
Если линейные размѣры двухъ машинъ относятся, напр. какъ 3 къ 4, то объемы ихъ частей, а съ ними вѣсъ частей относятся какъ $3.3.3$ или 27 къ $4.4.4$ или 64; при этомъ вторая машина въ $64 : 27$ или 2,37 раза тяжелѣе первой.

Если пирамида будетъ усѣчена параллельно основанію, напр.

на $\frac{1}{3}$ высоты, то обрѣзанная часть относится къ цѣлой пирамидѣ какъ 2.2.2 къ 3.3.3 или какъ 8 къ 27.

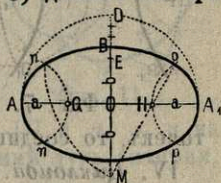
Е. Построение важнейшихъ кривыхъ линий.

1) *Эллипс*. Обѣ полуоси $OA = a$ и $OB = b$ даны и нужно начертить эллипс. Для этого описываютъ радиусами a и b окружности изъ точки O , которая есть точка пересѣченія перпендикулярныхъ одна къ другой полуосей a и b . Изъ точки O (фиг. 2) проводимъ радиусъ OC и въ точкѣ C , гдѣ онъ встрѣчаетъ большой кругъ, опускаемъ перпендикуляръ къ большому полуоси, а изъ D проводимъ перпендикуляръ къ малой оси; пересѣченіе ихъ суть искома точка эллипса. Подобнымъ-же способомъ опредѣляемъ столько точекъ, сколько нужно для черченія эллипса.



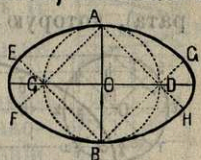
Фиг. 2.

Приблизительное построение эллипсовъ (построение оваловъ). 1) Даны двѣ полуоси a и b , пересѣкающіяся перпендикулярно въ O . Часть $DB = a - b$ (фиг. 3) дѣлимъ на три части и наносимъ одну изъ нихъ на OB къ E . Радиусомъ OE описываемъ теперь изъ A и A_1 круги mGn и oHr ; изъ G и H тѣмъ-же радиусомъ круги mAn и oA_1p . Тогда ставимъ ножку циркуля въ o и проводимъ кругъ mM ; въ M будетъ центръ для дуги mBo ; тѣмъ-же радиусомъ описываемъ дугу np .



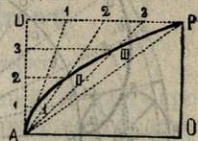
Фиг. 3.

2) Второе простѣйшее, но неточное построение указано на фиг. 4. Пусть AB малая ось эллипсообразной кривой; описываемъ радиусомъ $\frac{1}{2}AB$ кругъ изъ O ; проводимъ чрезъ O CD перпендикулярно къ AB . Точка B будетъ центръ для круговой дуги EAG , A для FBH . Тогда проводимъ линіи ACF и BCE и пр.; точки C и D послужатъ для дугъ EF и GH .



Фиг. 4.

II. *Парабола*. 1) Вершина A , направленіе оси AO и точка P параболы даны и должно построить оную; проводимъ AD перпендикулярно къ AO , $PD \parallel$ къ AO (фиг. 5), PD раздѣлимъ на нѣкоторое число равныхъ частей и проведемъ лучи A_1, A_2, A_3 и т. д.; AD раздѣлимъ на то же самое число частей и проведемъ чрезъ точки дѣленія параллельныя къ AO . Пересѣченіе ихъ съ лучами, проведенными изъ A , даетъ точки параболы.

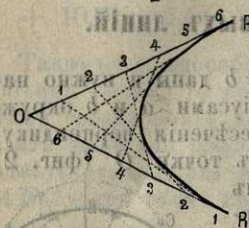


Фиг. 5.

2) Даны двѣ касательныя къ параболѣ; тогда отсѣкаютъ на сторонахъ угла касательныхъ равныя части, которыя дѣлимъ опять на нѣкоторое число равныхъ частей. Сое-

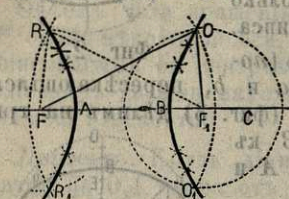
динаемъ точки дѣленія, какъ показано на фигурѣ (6); чрезъ что получатся касательныя къ параболѣ, которыя уже хорошо опредѣляютъ форму кривой.

III. Гипербола. При построении гиперболы (фиг. 7) пользуются



Фиг. 6.

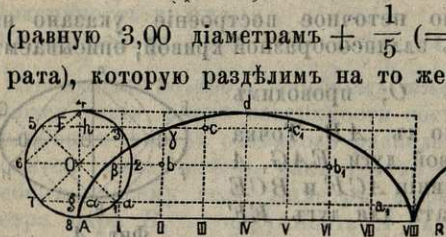
тѣмъ ея свойствомъ, что разность радиусовъ векторовъ ($FO - F_1O$) равна постоянной величинѣ AB (разстоянію между вершинами первой оси). Слѣд., чтобы построить какую



Фиг. 7.

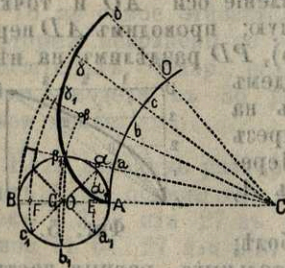
нибудь точку гиперболы, напр. O , нужно взять циркулемъ произвольную длину FO и этимъ радиусомъ описать изъ F дугу круга OO_1 , на которой и будетъ лежать искома точка гиперболы. Теперь изъ F_1 радиусомъ F_1O также опишемъ дугу, пересѣченіе которой съ OO_1 даетъ точки O и O_1 гиперболы; величина же $F_1O = FO - AB$, такъ что FO откладываемъ отъ A по AB до C и $AC = FO$; тогда BC равно $F_1O = AC - AB = FO - AB$. Получаемъ тогда каждый разъ двѣ точки сверху и снизу оси. Точно такимъ-же образомъ поступаютъ при другой вѣтви гиперболы, такъ что одно и то же раствореніе циркуля одновременно служитъ для обѣихъ вѣтвей ($F_1R = FO$, $FR = F_1O$). Когда опредѣлено достаточное число точекъ, то соединяютъ ихъ непрерывною кривою.

IV. Циклоида. Дѣлимъ катящийся кругъ на произвольное число частей (1—8) и проводимъ чрезъ нихъ параллельныя къ направляющей AB (фиг. 8). На AB отложимъ длину окружности круга (равную $3,00$ диаметрамъ $+ \frac{1}{5}$ ($= 4F$ стороны вписаннаго квадрата), которую раздѣлимъ на то же самое число частей, какъ и



Фиг. 8.

кругъ (I—VIII). Возставляемъ тогда перпендикуляры въ I, II, III, . . . и получаемъ точки пересѣченія $a, b, c, \dots$. Чтобы найти точки циклоиды, откладываемъ отъ a, b, c



Фиг. 9.

и т. д. длины $g\gamma$ къ α , Ob къ β , $h\delta$ къ γ . Эти точки $\alpha, \beta, \gamma, \dots$ соединяемъ непрерывною кривою, которая въ d имѣетъ вершину и на правой сторонѣ на столько-же удаляется отъ $a_1 b_1 c_1 \dots$ вправо, на сколько отъ $a, b, c, \dots$ влѣво на лѣвой сторонѣ.

V. Эпициклоида. Кругъ O (фиг. 9) катится по кругу AD , центръ котораго въ C ; слѣдов. дуга $\widehat{AD}$ равна дугѣ

AB. Дѣлимъ AB на столько-же равныхъ частей какъ и AD ; а чертимъ круги изъ центра O чрезъ $a_1 b_1 c_1 \dots$ и проведемъ изъ C радіусы Ca, Cb, Cc ; получимъ точки пересѣченія $\alpha, \beta, \gamma \dots$ Дѣйствительныя точки эпициклоиды лежатъ на $FC_1 = \gamma\gamma_1$ $Cb_1 = \beta\beta_1$ и т. д. назадъ; эти точки $\alpha_1 \beta_1 \gamma_1$ соединяють и получаемъ эпициклоиду. Другая часть ея симметрична съ этой, слѣд. нужно только отложить тѣ же дѣленія на другой сторонѣ.

VI. Гипоциклоида. Кругъ O (фиг. 10) катится въ кругъ AD , описанномъ изъ C ; слѣдов. дуга $AD =$ дугъ AB . Дѣлимъ обѣ дуги на одинаковое число равныхъ частей; изъ C чертимъ круги чрезъ a, b, c и радіусы чрезъ a_1, b_1, c_1 и т. д. Получаемъ точки α, β, γ .

Дѣйствительныя точки кривой лежатъ еще на $Ea_1 = \alpha\alpha_1, Gb_1 = \beta\beta_1, Fc_1 = \gamma\gamma_1$ назадъ. Соединивъ точки $\gamma_1, \beta_1, \alpha_1$ непрерывною линіею, получимъ гипоциклоиду. Другая половина ея, будучи симметрична съ первой, найдется чрезъ нанесеніе тѣхъ-же частей съ другой стороны.

VII. Развертывающая круга (круговая эвольвента). Дѣлимъ развертываемый кругъ на n равныхъ частей (фиг. 11); въ этихъ точкахъ проводимъ касательныя къ кругу въ I, II, III и т. д. и на нихъ откладываемъ длины, равныя линейной длинѣ дугъ (наприм.

1 $III = III$ 3). Для этого кругъ спрямляемъ ($3d + \frac{1}{5}$ стороны квадрата) и дѣлимъ эту линію на то же самое число равныхъ частей, какъ кругъ; тогда можно легко откладывать длины дугъ на касательныхъ. Затѣмъ, чертимъ изъ II дугу круга 1 2, изъ III дугу 2 3; получаемъ развертывающую.

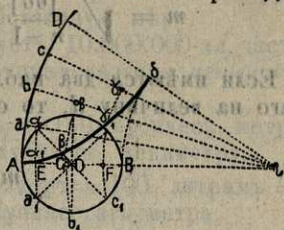
VIII. Цилиндрическая винтовая линія. Окружность цилиндра и подъемъ винта дѣлимъ на одинаковое число равныхъ частей. Чрезъ проэкции дѣленій горизонтальнаго круга на вертикальную его поверхность получаемъ точки винтовой линіи, которыя соединяемъ непрерывною кривою.

Г. Способъ наименьшихъ квадратовъ.

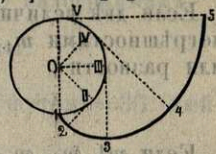
Арифметическое среднее и средняя ошибка.

Если n есть число одинаково точныхъ наблюдений A для опредѣленія неизвѣстнаго, то его вѣроятнѣйшая величина есть простое арифметическое среднее

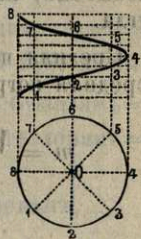
$$x = \frac{[A]}{n}$$



Фиг. 10.



Фиг. 11.



Фиг. 12.

Изъ n разностей $\delta = x - A$ вычисляють среднюю ошибку m отъ дѣльнаго наблюденія и среднюю ошибку M ариѳметическаго средняго изъ уравненій

$$m = \sqrt{\frac{[\delta\delta]}{n-1}} \quad M = \frac{m}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{[\delta\delta]}{n(n-1)}}$$

Если имѣются два наблюденія, которыя разнятся одно отъ друга на величину d , то средняя ошибка одного наблюденія:

$$m = \frac{d}{\sqrt{2}} = 0,707d.$$

а средняя ошибка самаго средняго числа:

$$M = \frac{d}{2} = 0,5d.$$

Если двѣ величины измѣренны съ средними слѣшкомъ большими погрѣшностями m_1 и m_2 , то средняя погрѣшность M ихъ суммы или разности

$$M = \sqrt{m_1^2 + m_2^2}$$

Если m_1 m_2 m_3 . . . среднія погрѣшности величинъ x , y , z . . . то средняя ошибка M есть функція отъ $ax + by + cz + \dots$

$$M = \sqrt{(am_1)^2 + (bm_2)^2 + (cm_3)^2 + \dots}$$

Если въ треугольникѣ сумма трехъ одинаково тщательно измѣренныхъ угловъ уклоняется отъ теоретической суммы 180^0 ($180 +$ избытокъ) на величину w , то w раздѣляется поровну на всѣ три угла.

Средняя погрѣшность m одного угла предъ выравниваніемъ и средняя погрѣшность m' угла послѣ уравниванія суть:

$$m = \sqrt{\frac{3}{3}} w = 0,577w \quad m' = \frac{\sqrt{2}}{3} w = 0,471w.$$

II. Таблицы мѣръ и вѣса.

а. Метрическая мѣра.

Метрическая мѣра (или новая французская), въ которой изъ мѣры длины установлена мѣра поверхностей, изъ этой — мѣра объемовъ, изъ послѣдней — мѣра вѣса и всѣ подраздѣленія мѣръ и вѣса сдѣланы по десятичной системѣ, въ настоящее время, кромѣ Франціи, введена въ Германіи, въ Австріи, Швейцаріи, Нидерлан-

дахъ, Бельгій, Люксембургъ, Италіи, Турціи, Греціи, Румыніи, Испаніи, Португаліи и въ большей части южно-американскихъ республикъ. Англійская мѣра употребляется еще въ Англіи, Россіи и Сѣверной Америкѣ. Данія и Норвегія употребляютъ старую прусскую мѣру; Швеція имѣетъ свою собственную мѣру.

Основаніе метрической системы образуетъ 10.000.000-ая часть сѣверной четверти земнаго меридіана, которая названа метромъ.

1 метръ=10 дециметрамъ =100
 центиметрамъ = 1000 милли-
 метрамъ.
 1 мириаметръ = 100 гектомет-
 рамъ=10000 метрамъ.
 1 килом.=10 гектом.=100 дек.
 =1000 метрамъ.
 1 миля=7500 метрамъ.
 1 гектаръ = 100 арамъ=10000
 квадратн. метрамъ.

1 литръ=0,001 кубическ. метра
 =1 кубическ. дециметру.
 1 гектолитръ=100 литрамъ =
 0,1 кубическаго метра.
 1 килограммъ=вѣсу одного литра
 дистиллированной воды при +
 40С. когда она имѣетъ наи-
 болшую плотность.
 1 тонна=1000 килограммамъ.

в. Русскія и иностранныя мѣры.

Россія. { 1 футъ=1 англійскому футу.
 1 аршинъ=28 англ. дюйм.
 1 сажень=3 аршинамъ = 48
 вершкамъ=7 футамъ.
 1 верста=500 саж.=3500 ф.
 1 десятина=2400 квадратн.
 саж.=0,0096 кв. верст.
 1 ведро=10 кружкамъ или
 штофамъ = 750,58 русск.
 кубич. дюйм.=0,4343 куб.
 фут. (30 фунт. воды).
 1 четверикъ = 1601,212 рус.
 куб. дюйм.=0,926 куб.
 ф.=2,1333 вед.=26,23 лит.
 1 четверть=2 осьмины = 4
 найка = 8 четверик. = 32
 четверкамъ = 64 гарнцамъ
 (64 фунта воды).

{ 1 ярдъ=3 футамъ=36 дюй-
 мамъ.
 1 футъ=12 дюйм.; 1 руть=
 5 1/2 ярдамъ.
 1 миля=8 ферлонгамъ = 320
 рутамъ=5280 футамъ.
 1 акръ=160 квадр. рутамъ.
 1 галлонъ = 4 квартамъ=8
 пинт.= 277,274 куб. дюйм.
 1 квартеръ = 8 бушелямъ=
 32 пекамъ=64 галлонамъ=
 256 квартамъ.
 1 бушель=8 галлонамъ.

1 рус. сажень=2,1336 метр.
 1 " □саж.=4,5521 □метр.
 1 " куб. саж.=9,7137 куб. мет.
 1 " аршинъ =0,7112 метра.
 1 " □арш.=0,5058 кв. мет.
 1 " куб. арш.=0,3597 куб. мет.
 1 " верста =0,1422 нѣм. мил.
 1 " □верста=1,1380 кв. кил.
 1 " десятина=1,0925 гектара.
 1 " ведро = 12 2989 литра.
 1 " четверикъ=0,2628 гектол.
 1 " четверть=209,9017 литра.

1 метръ=0,4687 сажени.
 1 □ метръ=0,2197 □ сажени.
 1 куб. метръ=0,123 куб. саж.
 1 метръ=1,4061 аршинъ.
 1 □ метръ=1,9771 □ аршинъ.
 1 куб. метръ=2,780 куб. арш.
 1 миля (7500 мет.)=7,0305 верс.
 1 □ километръ=0,878 кв. в.
 1 гектаръ=0,9133 десятины.
 1 литръ=0,8131 штофа=0,08131
 ведра. 1 куб м.=81,31 ведр.
 1 гектолитръ=3,8113 четверика.

1 футъ англійск. = 0,30479 метр.	1 метръ = 3,28090 англ. (русск.) фут. = 39,3708 англ. (рус.) д.
1 квадр. футъ „ = 0,09290 кв. метр.	1 кв. метр. = 10,76430 англ. квад. фут. = 1550,00000 англ. квад. д.
1 куб. футъ „ = 0,02832 куб. метр.	1 куб. метр. = 35,31658 англ. куб. ф. = 61027, англ. куб. д.
1 миля „ = 0,2146 метр. мили.	1 метрич. миля (7500 м.) = 4,6603 англ. мили.
1 галл. = 4,5435 лит. = 0,37 ведр.	1 литръ = 0,2201 галлона.
1 бушель = 0,7270 шеффеля (по 50 литр.) = 8 галлоновъ.	1 шеффель = 1,3756 бушелей.
1 шведскій футъ = 0,2969 метра.	1 метръ = 3,36814 шведск. фута.
1 „ сажень (6 футъ) = 1,7814 метра.	1 „ = 0,5614 „ саж.
1 шведская миля (36000 футъ) = 10688 метр.	1 метр. миля = 0,70172 шведской мили.
1 шведскій □ футъ = 0,08815 квадр. метр.	1 квадр. метръ = 11,344 шведск. квадр. фут.
1 шведскій куб. фут. = 0,02617 куб. метр.	1 кубич. метръ = 381212 „ куб фут.
1 старій париж. футъ = 0,32484 метр.	1 метръ = 3,07844 стар. париж. фут.
1 туаэзъ = 6 фут. = 1,94903 метр.	1 метръ = 0,51308 „ туаэа.
1 стар. квадр. футъ = 0,10552 кв. метр.	1 квадр. метр. = 9,47682 стар. париж. □ фут.
1 стар. кубич. футъ = 0,03428 куб. метр.	1 кубич. метр. = 29,17385 стар. париж. куб. фут.
1 старій прусскій моргенъ = 0,25532 гектара.	1 шахтърутъ = 144 куб. фут. = 4,452 куб. метра.
1 стар. квадр. рутъ = 0,14185 ара.	1 гектаръ = 3,91662 стар. моргена.
1 старій шеффель = 0,54961 гектолитра.	1 аръ = 7,0499 стар. □ рута.
1 старій кварта = 1,145 литра.	1 гектолитръ — 1,81946 стар. шеффеля.
1 оксгофъ = 1 1/2 ома = 6 акрамъ = 3 еймерамъ = 180 квартамъ = 206,105 литра.	1 литръ = 0,873 стар. кварта.

Окружность земли равна 40 миллионъ метровъ; поверхность ея = 50933 миллиона гектаровъ, изъ коихъ 37000 миллионъ ¹/₃₀₅ приходятся на моря и озера; сплюснутость земли ¹/₃₀₅. Разстояние луны отъ земли = 60 земныхъ радиусовъ. Радиусъ солнца — 112 земнымъ радиусамъ.

с. Сравнительныя таблицы употребительныхъ мръ.

1) Футы, метры.

Метръ.	Австрія 1' = 12"	Пруссія. Данія 1' = 12"	Россія. Англія 1' = 12"	Бадень Швейцар. 1' = 10"	Ганноверъ 1' = 12"	Баварія. 1' = 12"	Виртем- бергъ. 1' = 10"
100	316,35	318,02	328,09	333,33	342,35	342,63	349,05
31,610	100	100,72	103,71	105,37	108,22	108,31	110,34
31,385	99,289	100	102,97	104,62	107,45	107,54	109,55
30,480	96,423	97,114	100	101,60	104,35	104,43	106,39
30,000	94,906	95,586	98,427	100	102,71	102,79	104,72
29,210	92,406	93,068	95,833	97,365	100	100,08	101,96
29,186	92,331	92,992	95,756	97,286	99,919	100	101,87
28,649	90,632	91,282	93,994	95,497	98,081	98,160	100

2) Квадратные футы, квадратные метры.

100	1000,8	1015,2	1076,4	1111,1	1172,1	1174,0	1218,4
9,9921	100	101,44	107,56	111,02	117,11	117,30	121,74
9,8504	98,562	100	106,03	109,45	115,45	115,64	120,01
9,2900	92,974	94,311	100	103,22	108,88	109,06	113,19
9,0000	90,071	91,367	96,878	100	105,49	105,66	109,65
8,5319	85,388	86,616	91,840	94,799	100	100,16	103,95
8,5182	85,249	86,475	91,691	94,646	99,838	100	103,78
8,2077	82,142	83,323	88,349	91,196	96,199	96,355	100

3) Кубическіе футы, кубическіе метры.

100	3166,0	3234,6	3531,6	3703,7	4012,6	4022,4	4252,8
3,1585	100	102,17	111,55	116,98	126,74	127,05	134,32
3,0916	97,881	100	109,18	114,50	124,05	124,35	131,48
2,8315	89,649	91,590	100	104,87	113,62	113,90	120,42
2,7000	85,483	87,334	95,353	100	108,34	108,60	114,82
2,4921	78,903	80,611	88,014	92,301	100	100,24	105,99
2,4861	78,711	80,415	87,800	92,078	99,757	100	105,73
2,3514	74,447	76,059	83,043	87,090	94,352	94,582	100

д. Десятичный вѣсъ.

1 килограммъ = 1000 граммовъ = вѣсу литра воды.

1 декаграммъ = 10 граммъ.

1 граммъ = 10 дециграммъ = 100 центиграммъ = 1000 миллиграммъ (0 23442 золотника = 22,505 долямъ).

1 метрическій центнеръ = 50 килограммъ.

1 метрическая тонна = 1000 килограммъ (61,0475 пуд.).

4) Руты, сажени, метры.

Англія. Рутъ (поль) по 16 1/2 ф.	Лановер. Рутъ въ 16'	Саксонія. Рутъ въ 15 1/6'	Пруссія. Рутъ въ 12'	Швейца- рія Ба- ленц. Рутъ въ 10'	Баварія. Рутъ въ 10'	Россія. Сажень въ 7 ф.	Франція. Старый туазъ въ 6 ф.	Австрія. Клафтеръ въ 6'	
1,9884	2,1397	2,3283	2,6552	3,3333	3,4263	4,6870	5,1307	5,2726	
50,291	46,735	42,950	37,662	30,000	29,186	21,336	19,490	18,966	
а) 10 метровъ=рутамъ, саженимъ, клафтерамъ разныхъ странъ: б) 10 рутовъ, и пр. разныхъ странъ=метрамъ: в) Квадратные руты, квадратные метры.									
272 1/4	266	236	144	100	10	49	36	36	
а) 100 квадратныхъ метровъ=квадратнымъ и пр. разныхъ странъ: б) 100 квадратныхъ рутовъ и пр. разн. странъ=квадратн. метрамъ: в) Квадратные руты, квадратные метры.									
3,9538	4,5783	5,4208	7,0499	11,111	11,740	21,968	26,324	27,800	
2529,2	2184,2	1844,7	1418,5	900,00	851,81	455,21	379,21	359,71	
М и л и .									
Баденск. миль въ 29629 ф.	Австр. миль въ 24000 ф.	Прусск. миль въ 24000 ф.	Географ. миль 15=1° въ 7420,4 метр.	Лановер. м-и. въ 25400 ф.	Франц. и англ. морская миль 20=1°.	Морск. или италианская миль 60=1°.	Английск. ми- ли въ 5280'	Русск. верста въ 3500'	Километръ 1000 метр.

а) 1 метрическая (новая немецкая) миля по 7500 метровъ=милямъ: 0,8437 0,9965 0,9957 1,0107 1,0109 1,3476 4,0428 4,6603 7,0305 7,5000	б) 1 миля разныхъ странъ=метрическимъ милямъ по 7500 метровъ: 1,1852 1,0036 1,0043 0,9894 0,9892 0,7419 0,2473 0,2146 0,1422 0,1333
---	--

е. Русскій и иностранный вѣсъ.

1 рус. фун.=32 лот.=0,4095 кил.	1 килограмм.=2,4419 русск. фунт.
1 " пудъ=40 фун.=16,38 "	100 " =501,6 " пудовъ.
1 " берк.=10 пуд.=163,8 "	1000 " =501,6 " берковъ.
1 англ. тонна=20 центн. по 112 фунт.=62,0275 пуд.=1016,06 килограмм	1 " =2,2046 англ. фунт.
1 швед. фунтъ=0,4253 килограм.	1000 " =2,4860 " тонны.
1 " центнеръ (120 фунт.)=51,04 килограм.	1 " =2,3511 шведск. фунт.
	100 " =2,5692 " центн.

f. Сравнительная таблица фунтовъ.

Килограммъ . .	1	0,4095	0,4253	0,4536	0,4677	0,5000	0,5600
Россія	2,4419	1	1,0386	1,1076	1,1421	1,2209	1,3675
Швеція	2,3511	0,9628	1	1,0664		1,1755	1,3166
Англія	2,2046	0,9028	0,9377	1	1,0311	1,1023	1,2346
Пруссія (стар.)	2,1386	0,8756	0,9094	0,9698	1	1,0690	1,1974
Германія (нов.)	2,0000	0,8190	0,8507	0,9072	0,9354	1	1,1200
Австрія, Бав .	1,7857	0,7313	0,7595	0,8100	0,8352	0,8928	1

g. Сравнительная таблица ластовъ (тоннъ).

Франція тонна 1000 кил. 61,0475 п.	Англія тонна 2240 ф. 62,0275 п.	Пруссія, нормаль- ный ластъ 122,095 п.	Швеція тяжелый ластъ 5760 149,475 п.	Данія торговый ластъ 5200 ф. 158,723 п.	Гамбургъ торговый ластъ 6000 ф.= 183,142 п.
1	0,9842	0,5000	0,4082	0,3846	0,3333
1,0161	1	0,5085	0,4147	0,3909	0,3387
2,0000	1,9684	1	0,8163	0,7692	0,6667
2,4500	2,4112	1,2250	1	0,9423	0,8167
2,6000	2,5589	1,3000	1,0612	1	0,8667
3,0000	2,9526	1,5000	1,2245	1,1538	1

Общепародный корабельный ластъ=2 кораб. тоннамъ,=объему въ 200 англійскихъ куб. фут.=5,66306 куб. метр.

1 корабельная тонна=100 англ. куб. фут.=2,83153 куб. метр.

1 кораб. англ. стар. тонна=94 куб. фут.=2,66164 куб. метр.

На этихъ основаніяхъ вычисляется вмѣстимость судовъ для взиманія съ нихъ пошлины.

h. Килогр. на квадр. сантим., фунтъ на квадр. дюймъ.

На квадр. сант. . . .	1	0,0731	0,0721	0,0703	0,0635	0,0483
Пруссія. Фун. на □ д.	13,681	1	0,9858	0,9619	0,8685	0,6601
Австрія " " "	13,878	1,0144	1	0,9758	0,8810	0,6696
Англія " " "	14,223	1,0396	1,0248	1	0,9028	0,6863
Россія " " "	15,753	1,1515	1,1351	1,1076	1	0,7601
Швеція " " "	20,725	1,5148	1,4934	1,4572	1,3156	1

i. Килограммъ-Метръ, Футо-Фунтъ.

Килогр.-Метръ	1	0,1581	0,1569	0,1383	0,1263	0,1248
Австрія Футо-Фунтъ .	6,3271	1	0,9929	0,8748	0,7990	0,7898
Пруссія " " .	6,3724	1,0027	1	0,8810	0,8047	0,7954
Англія " " .	7,2330	1,1423	1,1350	1	0,9134	0,9028
Швеція " " .	7,9187	1,2561	1,2427	1,0948	1	0,9884
Россія " " .	8,0113	1,2626	1,2572	1,1076	1,0117	1

к. Лошадиныя силы.

Кил.-м.	Австрія. Футо-фун.	Пруссія. Футо-фун.	Англія. Футо-фун.	Швеція. Футо-фун.	Россія. Футо-фун.
75	474,53	477,93	542,47	593,90	600,85
76,041	481,11	484,56	550	602,14	609,19

л. Удельный вѣсъ.

1) Твердыя тѣла при 0°. Вода=1.

(Антимоній) сурьма	6,72	Дубъ свѣжій	0,97
Асфальтъ	1,16	Ольха	0,50
Базальтъ	2,80	Ясень	0,67
Бетонъ	2,49	Сосна	0,47
Свинець	11,35	Пробковое дерево	0,24
Земля глинистая свѣжая	2,10	Лиственница	0,47
„ высушенная	1,90	Липа	0,56
„ тощая	1,30	Орѣхъ	0,67
Стекло оконное	2,64	Тополь	0,38
„ зеркальное	2,46	Ель	0,56
„ флинтъ-глѣзъ	3,33	„ свѣжая	0,77
Колокольный металлъ	8,80	Кварцъ	2,62
Золото отлитое	19,26	Песокъ сухой	1,24
„ кованое	19,36	Песчаникъ	2,35
Гранитъ	2,80	Шиферъ	2,67
Чугунъ	7—7,25	2) Жидкія тѣла. Вода=1.	
Гипсъ литой высушенный	0,79	Эфиръ при 20°C	0,716
Известнякъ	2,45	Алькоголь	0,792
Мѣль	2,70	Воздухъ	0,0013
Мѣдь литая	8,79	Молоко	1,03—1,060
„ кованая	8,94	Масло льняное	0,940
„ тянутая	8,88	„ рѣнное	0,914
Латунь	8,55	„ оливковое	0,915
Платина кованая	20,34	Ртуть при 0°	13,595
„ тянутая	21,04	Азотная кислота	1,500
„ катаная	22,07	Соляная	1,200
Желѣзо	7,78	Сѣрная	1,850
Серебро литое	10,47	Морская вода	1,026
„ кованое	10,51	3) Газообразныя тѣла при 0°C	
Сталь	7,26—7,87	и 0,76 метр. давленія.	
Литая сталь	7,87	Атмосф. воздухъ	1,000
Висмутъ	2,82	Окись углерода	0,941
Кирпичъ	1,4—2,20	Углекислота	1,520
Цинкъ литой	6,80	Маслородный газъ	0,995
„ катаный	7,00	Рудничный газъ	0,559
Олово литое	7,29	Кислородъ	1,103
Дерево высушенное на воздухѣ		Азотъ	0,976
Кленъ	0,67	Свѣтильный газъ	0,4 0,6
Береза	0,74	Водородъ	0,069
Букъ	0,75	Водяной паръ	0,623
Дубъ	0,69		

Каменная кладка.

Бутовая 2,40—2,46

Песчаниковая 2,05—2,12

Кирпичная 1,47—1,70

Удельный вѣсъ сухаго воздуха по отношенію къ водѣ=0,001296

Вѣсъ кубическаго метра твердыхъ и жидкихъ тѣлъ въ килограммахъ=1000 разъ взятому удѣльному вѣсу ихъ, а газообразныхъ тѣлъ=1,3 разъ взятому удѣльному вѣсу. Вѣсъ кубической сажени въ пудахъ=593,5×уд. вѣсъ твердыхъ и жидкихъ тѣлъ; вѣсъ кубическаго фута въ пудахъ=1,73×удѣльный вѣсъ твердыхъ и жидкихъ тѣлъ, а онъ=0,002249×удѣльный вѣсъ газообразныхъ тѣлъ. Здѣсь числа 1000; 593,5; 1,73 суть вѣса куб. единицы воды; а 1,3; 0,002249 уд. вѣса куб. единицы воздуха. Вѣсъ прута съ поперечнымъ сѣченіемъ 1 кв. сант. и длиною 10 м. въ $\text{kg}=\text{удѣл. вѣсу}$. Вѣсъ квадр. метра листа толщиною 1 mm. въ $\text{kg}=\text{уд. вѣсу}$.

т. Вѣсъ различныхъ матеріаловъ.

Названіе тѣлъ.	1 куб. метръ вѣсиль ки- лограм.	1 куб. саж. вѣсиль пу- довъ.	Названіе матеріа- ловъ.	1 куб. метръ вѣсиль килограм.	1 куб. саж. вѣсиль пудовъ.
Асфальтъ	1100	686	Древесн. уг. берез.	230	134
Базальтъ	2800	1650	„ елов.	180	105
Бетонъ	2500	1480	Каменная кладка :		
Коксъ изъ печей . . .	450	380	изъбутоваго камня	2400	1440
„ газовый	350	300	„ известняка . . .	2500	1500
Земля влажная . . .	1650	1245	„ песчаника . . .	2200	1350
„ сухая	1360	1130	„ кирпича	1600	975
Формовочн. песокъ			Каменный уголь . .	910	670
утрамбованный . . .	1650	1245	Огнеупор. кирпичъ	1900	1100
Гранитъ	2800	1660	Глина свѣжая . . .	1700	990
Дрова	470	256	Торфъ землистый	640	385
„ дубовыя	560	330	„ смолистый	840	500

п. Вѣсъ куб. фута и кубич. дюйма разныхъ металловъ и воды.

Названіе тѣлъ.	Вѣсъ куб. ф. въ фун.	Вѣсъ куб. д. въ фун.	Число куб. д. въ фун.	Названіе тѣлъ.	Вѣсъ куб. ф. въ фун.	Вѣсъ куб. д. въ фун.	Число куб. д. въ фун.
Мѣдь	608,92	0,352	2,83	Олово	505,26	0,292	3,42
„ кован	617,71	0,357	2,8	Висмутъ	686,8	0,397	2,51
Латунь	581,76	0,336	2,97	Пушеч. мет. . . .	608,65	0,352	2,83
Чугунъ	503,8	0,291	3,43	Ртуть	940,13	0,544	1,86
Желѣзо	528,74	0,306	3,26	Чист. зол	1333,83	0,765	1,3
Свинецъ	786,03	0,455	2,19	„ серебро	725,46	0,416	2,4
Сталь	542,75	0,314	3,18	Вода	69,29	0,04	24,93
Цинкъ	498,19	0,288	3,46				

о. Таблица веса полосоваго желѣза.

d —толщина, b —ширина въ дюймахъ.

b	Вѣсъ погоннаго фута въ фунтахъ.								
$d=$	$1/8$	$3/16$	$1/4$	$3/8$	$1/2$	$5/8$	$3/4$	$7/8$	1
$1/2$	0,23	0,35	0,47	0,70					
$3/4$	0,35	0,53	0,70	1,05	1,40	1,75			
1	0,47	0,70	0,94	1,40	1,87	2,34	2,80	3,26	
$1 1/4$	0,53	0,87	1,17	1,75	2,34	2,91	3,49	4,07	4,66
$1 3/8$	0,64	0,96	1,31	1,92	2,57	3,20	3,84	4,47	5,13
$1 1/2$	0,70	1,05	1,40	2,10	2,80	3,49	4,20	4,89	5,59
$1 3/4$	0,81	1,22	1,68	2,44	3,26	4,07	4,89	5,70	6,51
2	0,94	1,40	1,87	2,80	3,72	4,66	5,61	6,51	7,46
$2 1/4$	1,07	1,57	2,10	3,14	4,20	5,25	6,28	7,33	8,39
$2 1/2$	1,17	1,75	2,34	3,49	4,66	5,84	6,99	8,15	9,32
$2 3/4$	1,28	1,92	2,57	3,84	5,13	6,40	7,69	8,96	10,25
3	1,40	2,10	2,80	4,20	5,59	6,99	8,39	9,78	11,18
$3 1/4$	1,50	2,27	3,03	4,53	6,06	7,55	9,08	10,59	12,11
$3 1/2$	1,63	2,44	3,26	4,89	6,51	8,15	9,78	11,41	13,04
$3 3/4$	1,75	2,62	3,49	5,25	6,99	8,73	10,48	12,22	13,98
4	1,87	2,80	3,72	5,59	7,46	9,32	11,18	13,04	14,91
$4 1/2$	2,10	3,14	4,20	6,28	8,39	10,48	12,58	14,67	16,77
5	2,34	3,49	5,67	6,99	9,32	11,65	13,98	16,29	18,64
6	2,80	4,20	7,64	8,39	11,18	13,98	16,77	19,56	22,36

Примѣчаніе. Сорты полосоваго желѣза толщиной отъ $1/8''$ до $1/2''$ и шириною отъ $3/4$ до $2 1/2$ д. называются на Уралѣ узкополоснымъ желѣзомъ; при толщинѣ около $1/2''$ и ширинѣ $3 1/2''$ до 3 д. полосовымъ; при толщинѣ $3/4''$ и ширинѣ около 4 д. широкополоснымъ. Шинное желѣзо бываетъ отъ $1 3/4$ до $3 1/4$ д. шириною и толщиной однопрокатное $3/16''$; двухпрокатное $1/4$ д.; трехпрокатное $3/16''$; 4-прокатное $1/8''$ и 5 прокатное $1/16''$. Потомъ слѣдуетъ обрѣзное желѣзо шириною отъ $3/4$ до $1 3/4$ при толщинѣ отъ 12 до 17 номера бирмингемскаго калибра, а болѣе тонкое называется калибернымъ. Рѣзное желѣзо для гвоздей 3-прутное $1 1/8'' \times 1/2''$; 5-прутное $7/8'' \times 5/16''$; 7-прутное $5/8'' \times 1/4''$; 9-прутное $1/4'' \times 3/16''$; 11-прутное $1/8'' \times 3/16''$.

Примѣчаніе къ 1 (стр. 22).

Чугунная отлитая вещь имѣетъ вѣсъ kP , если модель ея вѣситъ P . Для моделей

изъ сосны или ели	14,0	изъ цинка	1,00
„ липы	13,5	„ чугуна	0,97
„ березы	11,0	„ латуни, олова	0,90
„ бука	10,0	„ свинца	0,70
„ дуба	9,40		

г. Вѣсъ квадратнаго и круглаго желѣза.

д—толщина въ дюймахъ, *G*□ и *G*О вѣса на погонный футъ въ фунтѣ.

<i>d</i>	<i>G</i> □	<i>G</i> О	<i>d</i>	<i>G</i> □	<i>G</i> О	<i>d</i>	<i>G</i> □	<i>G</i> О	<i>d</i>	<i>G</i> □	<i>G</i> О
$\frac{1}{4}$	0,23	0,18	$\frac{3}{4}$	2,08	1,63	$\frac{17}{8}$	13,00	10,21	$3\frac{3}{4}$	51,99	40,83
$\frac{5}{16}$	0,36	0,28	$\frac{13}{16}$	2,44	1,92	2	14,79	11,62	4	59,16	46,46
$\frac{3}{8}$	0,52	0,41	$\frac{7}{8}$	2,83	2,22	$\frac{21}{8}$	16,70	13,11	$4\frac{1}{4}$	66,78	52,45
$\frac{7}{16}$	0,71	0,56	$\frac{15}{16}$	3,25	2,55	$\frac{21}{4}$	18,72	14,70	$4\frac{1}{2}$	74,87	58,80
$\frac{1}{2}$	0,92	0,73	1	3,70	2,90	$\frac{23}{8}$	20,85	16,38	$4\frac{3}{4}$	83,42	65,52
$\frac{9}{16}$	1,17	0,92	$\frac{11}{8}$	4,68	3,68	$\frac{21}{2}$	23,11	18,15	5	92,43	72,59
$\frac{5}{8}$	1,44	1,13	$\frac{11}{4}$	5,78	4,54	$\frac{25}{8}$	25,48	20,01	$5\frac{1}{4}$	101,90	80,04
$\frac{11}{16}$	1,75	1,37	$\frac{13}{8}$	6,99	5,49	$\frac{23}{4}$	27,96	21,96	$5\frac{1}{2}$	111,84	87,84
			$\frac{11}{2}$	8,32	6,53	$\frac{27}{8}$	30,56	24,00	$5\frac{3}{4}$	122,24	96,01
			$\frac{13}{4}$	9,76	7,67	3	33,27	26,13	6	133,10	104,54
				11,32	8,89	$\frac{31}{4}$	39,05	30,67	7	182,06	141,92
						$\frac{31}{2}$	45,29	35,57			

Вѣсъ винтовъ и заклепокъ.

Вѣсъ длины болта между головкою и гайкою, а также вѣсъ длины между обѣими головками заклепки вычисляется по вышеприведенной таблицѣ для квадратнаго и круглаго желѣза и къ нему прибавляютъ;

- 1) для шестигранной головки и гайки = 7 диаметръ болта
- 2) для четырехгранной " " = 8 " "
- 3) для 2 заклепочныхъ головокъ счи-
таютъ около 4 " "

т. Вѣсъ обручнаго желѣза.

д—толщина, *b*—ширина въ дюймахъ.

<i>b</i>	Вѣсъ 40 футъ длины въ фунтахъ.							
<i>N</i>	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>д</i> =	0,"220	0,"208	0,187	0,165	0,158	0,137	0,125	0,109
$\frac{1}{2}$	16,74	15,96	13,68	12,93	11,40	10,65	9,12	8,37
$\frac{5}{8}$	20,58	19,65	16,86	15,90	14,04	13,11	11,22	10,39
$\frac{3}{4}$	24,45	23,34	20,01	18,90	16,68	15,57	13,32	12,24
$\frac{7}{8}$	28,32	27,03	23,16	21,87	19,32	18,03	15,42	14,16
1	32,16	30,72	26,38	24,87	21,93	20,49	17,55	16,08
$\frac{11}{8}$	36,03	34,41	29,49	27,84	24,57	22,92	19,65	18,03
$\frac{11}{4}$	41,19	39,30	33,69	31,83	28,08	26,22	22,47	20,58
$\frac{13}{8}$	45,03	42,99	36,87	34,80	30,72	28,68	24,57	22,53
$\frac{11}{2}$	48,90	46,68	40,02	37,80	33,36	31,11	26,64	4,45
$\frac{15}{8}$	52,77	50,37	43,17	41,77	35,97	33,57	28,77	26,37
$\frac{13}{4}$	56,64	54,06	46,32	43,74	38,64	36,06	30,84	28,32
$\frac{17}{8}$	60,48	57,75	49,54	46,74	41,25	38,52	32,97	30,24
2	64,32	61,44	52,76	49,74	43,86	40,98	35,10	32,16

$\bar{a}$ —толщина, b —ширина въ дюймахъ.

Въсь 40 футъ длины въ фунтахъ.								
b								
№	13	14	15	16	17	18	19	20
$\bar{a}=$	0,094	0,080	0,072	0,063	0,055	0,048	0,042	0,0346
$1\frac{1}{2}$	7,62	6,84	6,09	5,31	4,56	3,81	3,36	2,61
$5\frac{3}{8}$	9,36	8,43	7,50	6,54	5,61	4,68	4,11	3,24
$3\frac{1}{4}$	11,13	9,99	8,88	7,77	6,66	5,55	4,89	3,84
$7\frac{7}{8}$	12,87	11,58	10,29	9,00	7,71	6,45	5,67	4,44
1	14,64	13,14	11,70	10,23	8,79	7,32	6,42	5,04
$11\frac{1}{8}$	16,38	14,73	13,11	11,46	9,84	8,19	7,20	5,64
$11\frac{1}{4}$	18,72	16,86	14,92	13,11	11,22	9,36	8,25	6,33
$13\frac{3}{8}$	20,46	18,42	16,38	14,34	12,30	10,23	9,00	7,05
$11\frac{1}{2}$	22,26	19,98	17,76	15,57	13,35	11,13	9,78	7,68
$15\frac{5}{8}$	24,00	21,57	19,20	16,77	14,40	12,00	10,53	8,28
$13\frac{1}{4}$	25,77	23,13	20,58	18,00	15,45	12,87	11,31	8,88
$17\frac{7}{8}$	27,51	24,72	21,99	19,23	16,50	13,77	12,09	9,48
2	29,98	26,28	23,40	20,46	17,58	14,64	12,84	10,08

н) Таблица въса, въ фунтахъ, металлическихъ листовъ.

Толщина листа въ дюймахъ.	Желѣзо.	Цинкъ.	Мѣдь.	Латунь.	Свинець.
Въсь квадратнаго фута.					
(№ 22) $1\frac{1}{32}$	1,386	1,296	1,602	1,53	2,052
(№ 16) $1\frac{1}{16}$	2,772	2,592	3,204	3,06	4,104
$3\frac{3}{32}$	4,158	3,888	4,806	4,59	6,156
(№ 11) $1\frac{1}{8}$	5,544	5,184	6,408	6,12	8,208
$5\frac{5}{32}$	6,930	6,480	8,010	7,65	10,26
$3\frac{1}{16}$	8,316	7,776	9,612	9,18	12,31
$7\frac{7}{32}$	9,702	9,072	11,21	10,71	14,36
(№ 4) $2\frac{1}{4}$	11,09	10,37	12,82	12,24	16,42
(№ 1) $3\frac{1}{16}$	13,86	12,98	16,02	15,30	20,52
$3\frac{3}{8}$	16,63	15,55	19,22	18,36	24,62
$7\frac{1}{16}$	19,40	18,14	22,43	21,42	28,73
$1\frac{1}{2}$	22,18	20,74	25,63	24,48	32,83
$9\frac{9}{16}$	24,95	23,33	28,84	27,54	36,94
$5\frac{5}{8}$	27,72	25,92	32,04	30,60	41,04
$11\frac{1}{16}$	30,49	28,51	35,24	33,66	45,14
$3\frac{3}{4}$	33,26	31,10	38,45	36,72	49,25
$13\frac{1}{16}$	36,04	33,70	41,65	39,78	53,35
$7\frac{7}{8}$	38,81	36,29	44,86	42,84	57,46
$15\frac{1}{16}$	41,58	38,88	48,06	45,90	61,56
1	44,35	41,47	51,26	48,96	65,66

Вѣсь квадратнаго аршина.

$\frac{1}{64}$	3,773	3,528	4,361	4,165	5,586
$\frac{1}{32}$	7,546	7,056	8,722	8,33	11,17
$\frac{3}{64}$	11,32	10,58	13,08	12,49	16,76
$\frac{1}{16}$	15,09	14,11	17,44	16,66	22,34
$\frac{3}{64}$	18,87	17,64	21,81	21,82	27,93
$\frac{3}{32}$	22,64	21,17	26,17	24,99	33,52
$\frac{7}{64}$	26,41	24,70	30,53	29,15	39,10
$\frac{1}{8}$	30,18	28,22	34,89	33,32	44,69

о. Таблица вѣсы листового желѣза и листовой красной мѣди различныхъ А. Миллсск. калибра (Бирмингемскаго-Birmingham wire gauge).

№	Толщина листовъ.		Вѣсь листовъ желѣзныхъ.			Мѣдныхъ	
	въ мм.	дюйм. ан-глійск.	въ клг. на квад. метръ.	въ русс. фунт. на 2 кв. ар.	въ фун. тахъ на ☐ футъ.	въ фунт. на квад.	ар. футъ.
		"					
1 = $\frac{5}{16}$ "	7,62	0,312	61,94	151,33	14,05	84	15,43
2 —	7,21	0,284	58,63	143,17	13,30	80	14,69
3 —	6,58	0,261	53,51	130,67	12,20	74	13,59
4 = $\frac{1}{4}$ "	6,05	0,250	49,20	120,14	11,10	66	12,12
5 —	5,50	0,217	45,46	111,01	10,00	62	11,39
6 —	5,15	0,208	41,88	102,27	8,90	56	10,29
7 —	4,57	0,187	37,16	90,74	8,30	50	9,18
8 —	4,19	0,166	34,07	83,19	7,70	54	8,08
9 —	3,76	0,158	30,58	74,67	6,60	41	7,53
10 —	3,40	0,137	27,63	67,52	6,27	38	6,98
11 = $\frac{1}{8}$ "	3,05	0,125	24,80	60,56	5,50	35	6,43
12 —	2,76	0,109	22,44	54,79	5,08	30	5,53
13 —	2,41	0,094	19,60	47,86	4,49	26	4,77
14 —	2,10	0,082	17,08	41,71	3,91	23	4,22
15 —	1,83	0,072	14,88	36,32	3,90	20	3,67
16 = $\frac{1}{16}$ "	1,65	0,063	13,42	32,77	3,07	18	3,31
17 —	1,47	0,055	11,95	29,18	2,75	16	2,44
18 —	1,24	0,048	10,08	24,61	2,30	14	2,57
19 —	1,07	0,042	8,70	21,24	2,00	12	2,20
20 —	0,88	0,0346	7,16	17,48	1,64	9	1,65
21 —	0,81	0,0319	6,59	16,09	1,51	8	1,47
22 = $\frac{1}{32}$ "	0,71	0,031	5,77	14,09	1,32	78	1,29
23 —	0,63	0,0280	5,12	12,50	1,09	6	1,10
24 —	0,56	0,0250	4,55	11,11	1,04	5	0,92
25 —	0,51	0,0210	4,15	10,13	0,95	—	—
26 —	0,46	0,0180	3,74	9,13	0,85	—	—
27 —	0,41	0,0161	3,33	8,13	0,76	—	—
28 = $\frac{1}{64}$ "	0,36	0,0130	2,93	7,15	0,67	—	—
29 —	0,33	0,0120	2,68	6,54	0,61	—	—
30 —	0,30	0,0118	2,44	5,96	0,56	—	—

Примѣчаніе. Кромѣ Бирмингамскаго есть еще другой англійскій калибръ Halifax, номера коего отъ 0 до 18 совершенно тождественны съ бирмингамскимъ; а начиная съ 19-го, разнятся отъ него и даютъ вообще нѣсколько меньшую толщину. На Уралѣ и вообще въ Россіи принятъ Бирмингамскій калибръ. Такъ какъ 1 кв. метръ почти равенъ 2 квадр. арш. (1,977), то вѣсь квадр. метра листовъ есть въ то же время вѣсь двухъаршиннаго желѣза.

р. Нормальныя таблицы для фигурнаго желѣза
установленныя Обществомъ Нѣмецкихъ Инженеровъ въ декабрѣ 1879

1) Равностороннее угловое желѣзо. Мѣры въ *mm*.
b—ширина, *d*—толщина стороны, *F*—поперечное сѣченіе въ $\square$ cent, *G*—вѣсь погоннаго метра въ килограммахъ (вѣсь фута въ фунтахъ получится умножая *G* на 0,74).

Закругленіе внутренняго угла по радіусу $R=0,5$ ($d_{min}+d_{max}$),
краевъ сторонъ по $r=0,5 R$.

№ профиля.	<i>b.</i>	<i>d.</i>	<i>F.</i>	<i>G.</i>	№ профиля.	<i>b.</i>	<i>d.</i>	<i>F.</i>	<i>G.</i>
1 1/2	15	3	0,81	0,63	7 1/2	75	8	11,36	8,9
		4	1,04	0,81			10	14,00	10,9
2	20	3	1,11	0,87			12	16,56	12,9
		4	1,44	1,12	8	80	8	12,16	9,5
2 1/2	25	3	1,44	1,10			10	15,00	11,7
		4	1,84	1,44			12	17,76	13,9
3	30	4	2,24	1,75	9	90	9	15,59	12,0
		6	3,24	2,53			11	18,59	14,5
3 1/2	35	4	2,64	2,06			13	21,71	16,9
		6	3,84	3,00	10	100	10	19,00	14,8
4	40	4	3,04	2,37			12	22,56	17,6
		6	4,44	3,46			14	26,04	20,3
		8	5,76	4,49	11	110	10	21,00	16,4
4 1/2	45	5	4,25	3,32			12	24,96	19,5
		7	5,81	4,53			14	28,84	22,5
		9	7,29	5,69	12	120	11	25,19	19,7
5	50	5	4,75	3,7			13	29,51	23,0
		7	6,51	5,1			15	33,75	26,3
		9	8,19	6,4	13	130	12	29,76	23,2
5 1/2	55	6	6,24	4,9			14	34,44	26,9
		8	8,16	6,4			16	39,04	30,5
		10	10,00	7,8	14	140	13	34,71	27,1
6	60	6	6,84	5,3			13	39,75	31,0
		8	8,96	7,0			17	44,71	34,9
		10	11,00	8,6	15	150	14	40,04	31,2
6 1/2	65	7	8,61	6,7			16	45,44	35,4
		9	10,89	8,5			18	50,76	39,6
		11	13,09	10,2	16	160	15	45,75	35,7
7	70	7	9,31	7,3			17	51,51	40,2
		9	11,79	9,2			15	57,19	44,6
		11	14,19	11,1			19		

Для котельнаго дѣла необходимо нужны еще слѣдующіе номера:

№ профиля.	b.	d.	R.	F.	D.	№ проф.	b.	d.	R.	F.	B.
6 $\frac{1}{2}$	65	13	9	15,21	11,9	9	90	20	11	32,00	25,0
7	70	13	9	16,51	12,9						
7 $\frac{1}{2}$	75	14	10	19,04	14,9	10	100	16	12	29,44	23,0
8	80	14	10	20,44	16,0			20	12	36,00	28,1
9	90	16	10	23,04	18,0	11	110	18	12	36,36	28,4
		16	11	26,24	20,5			22	12	45,53	34,0

2) Неравностороннее угловое желѣзо.

Ширины сторонъ b и B , R и r какъ въ 1.

№ профиля.	b.	B.	d.	F.	G.	№ проф.	b.	B.	d.	F.	G.
2/3	20	30	3	1,41	1,10	5/10	50	100	8	11,36	8,9
			4	1,84	1,44				10	14,00	10,9
2/4	20	40	3	1,71	1,33	6 $\frac{1}{2}$ /10	65	100	9	14,04	11,0
			4	2,24	1,75				11	16,94	13,2
3/6 $\frac{1}{2}$	30	45	4	2,84	2,22	6 $\frac{1}{2}$ /13	65	130	10	18,54	14,4
			5	3,50	2,73				12	21,96	17,1
3/6	30	60	5	4,25	3,32	8/12	80	120	10	19,00	14,8
			7	5,81	4,53				12	22,56	17,6
4/6	40	60	5	4,75	3,71	8/16	80	160	12	27,36	21,3
			7	6,51	5,08				14	31,64	24,7
4/7	40	80	6	6,84	5,34	10/15	100	150	12	28,56	22,3
			8	8,96	7,00				14	33,04	25,8
5/7 $\frac{1}{2}$	50	75	7	8,26	6,4	10/20	100	200	14	40,04	31,2
			9	10,44	8,1				16	45,44	35,4

3) Тавровое желѣзо (широкое) Т

b —ширина основанія, h —высота стѣнки. Средняя толщина обѣихъ $d=0,15 h+1mm$.

Закругленіе въ углахъ по радіусу $R=d$, на краяхъ по $r=0,5d$ и на вершинѣ стѣнки по $\delta=0,25d$. Наклонъ въ основаніи 2 $^{\circ}$ / $_{0}$, стонъ стѣнки 4 $^{\circ}$ / $_{0}$ ($b=2h$).

№ профиля.	b.	h.	d.	F.	G.	№ проф.	b.	h.	d.	F.	G.
6/3	60	30	5,5	5,64	3,6	12/6	12	60	10	17,0	13,1
7/3 $\frac{1}{2}$	70	35	6	5,94	4,6	14/7	14	70	11,5	22,82	17,8
8/4	80	40	7	7,91	6,3	16/8	16	80	13	29,51	23,0
9/4 $\frac{1}{2}$	90	45	8	10,16	7,9	18/9	18	90	14,5	37,04	28,9
10/5	100	50	8,5	12,02	9,4	20/10	20	100	16	45,44	35,4

4) Высокое тавровое (Т) железо ($d=0,1h+1\text{mm}$).

Наклонъ основанія и стѣнки 2°/0 ($b=h$).

№ профиля.	b .	h .	d .	F .	G .	№ проф.	b .	h .	d .	F .	G .
2/2	20	20	3	1,11	0,9	6/6	60	60	7	7,91	6,2
2½/2½	25	25	3,5	1,63	1,3	7/7	70	70	8	10,56	8,2
3/3	30	30	4	2,24	1,7	8/8	80	80	9	13,59	10,6
3½/3½	35	35	4,5	2,95	2,3	9/9	90	90	10	17,00	13,3
4/4	40	40	5	3,75	2,9	10/10	100	100	11	20,79	16,2
4½/4½	45	45	5,5	4,65	3,6	12/12	120	120	13	29,51	23,0
5/5	50	50	6	5,64	4,4	14/14	140	140	15	39,75	31,0

5) Желѣзо

b и t —ширина и толщина фланцевъ, h —высота, d —толщина стѣнки
Внутреннее закругленіе въ стѣнкѣ по $R=t$, внешнее на краяхъ
фланцевъ по $r=0,5t$.

$$b=0,25h+30\text{mm}; d=0,035h+3\text{mm}; t=0,05h+3\text{mm}.$$

Желѣзо это очень пригодно для устройства крышъ, w модуль поперечнаго сѣченія, выраженный въ сантиметрахъ.

№	h	b	d	t	F	G	w
3	30	38	4	4,5	4,26	3,3	4,0
4	40	40	4,5	5,0	5,35	4,2	6,7
5	50	43	5	5,5	6,68	5,2	10,4
6	60	45	5	6	7,80	6,1	14,7
8	80	50	6,0	7	10,96	8,6	27,0
10	100	55	6,5	8	14,26	11,1	43,8
12	120	60	7	9	17,94	14,0	65,9
14	140	65	8	10	22,60	17,6	95,1
16	160	70	8,5	11	27,13	21,2	130,3

6) $\square$ желѣзо.

b ширина флянцевъ, h высота, $b=0,25h+25\text{mm}$; t средняя толщина флянцевъ, d толщина стѣнки. Наклонъ во флянахъ 8% . Закругленія по R и r какъ въ пар. 5.

№	h	b	d	t	F	Z	w
3	30	33	5	7	5,42	4,2	4,3
4	40	35	5	7	6,20	4,8	7,1
5	50	38	5	7	7,12	5,6	10,7
6 $\frac{1}{2}$	65	42	5,5	7,5	9,05	7,1	17,9
8	80	45	6	8	11,04	8,6	26,7
10	100	50	6	8,5	13,48	10,5	41,4
12	120	55	7	9	17,04	13,3	61,3
14	140	60	7	10	20,40	15,9	87,0
16	160	65	7,5	10,5	24,08	18,8	116,5
18	180	70	8	11	28,04	21,9	151,6
20	200	75	8,5	11,5	32,30	25,2	192,7
22	220	80	9	12,5	37,55	29,3	246,5
26	260	90	10	14	48,40	37,8	373,6
30	300	100	10	16	58,80	45,9	537,6

№	h	b	d	t	F	Z	w
10 $\frac{1}{2}$	105	65	8	8	17,52	13,7	55,7
11 $\frac{3}{4}$	117,5	65	10	10	21,75	17,8	77,3
14 $\frac{1}{4}$	145	60	8	8	19,92	15,5	81,9
23 $\frac{1}{2}$	235	90	10	12	42,70	33,3	295,4
26	260	90	10	10	42,00	32,8	305,1
30	300	75	10	10	43,00	33,5	332,3

Послѣдніе шесть номеровъ употребляются въ рагонномъ дѣлѣ, но не установлены Обществомъ.

7) Двутавровое желѣзо (балочное)

b ширина, t средняя толщина фланцовъ съ 14% наклона, h высота и d толщина стѣнки. Внутреннее закругленіе въ стѣнкѣ по $R=d$; для округленія угловъ фланцовъ $r=0,6d$. До $h=250$, $b=0,4h+10\text{mm}$ а $d=0,03h+1,5$; для $h>250$, $b=0,3h+35\text{mm}$ и $d=0,036h$.— P крѣпость балки длиною 1 метръ, свободно лежащей на 2 опорахъ и равномерно нагруженной, допуская 600 килогр. на кв. сантим. поперечн. сѣченія.

№	h	b	d	t	F	G	W	P
8	80	42	3,9	5,9	7,61	6,0	19,6	189
9	90	46	4,2	6,3	9,05	7,1	26,2	1242
10	100	50	4,5	6,8	10,69	8,3	34,4	1655
11	110	54	4,8	7,2	12,36	9,6	43,8	2102
12	120	58	5,1	7,7	14,27	11,1	55,1	2645
13	130	62	5,4	8,1	16,19	12,6	67,8	3254
14	140	66	5,7	8,6	18,35	14,3	82,7	3970
15	150	70	6,0	9,0	20,52	16,0	99,0	4752
16	160	74	6,3	9,5	22,94	17,6	118,1	5669
17	170	78	6,6	9,9	25,36	19,8	138,5	6648
18	180	82	6,9	10,4	28,04	21,9	162,2	7786
19	190	86	7,2	10,8	30,70	24,0	187,3	8990
20	200	90	7,5	11,3	33,65	26,2	216,2	10378
21	210	94	7,8	11,7	36,55	28,5	246,4	11827
22	220	98	8,1	12,2	39,79	31,0	280,9	13483
23	230	102	8,4	12,6	42,95	33,5	316,7	15202
24	240	106	8,7	13,1	46,37	36,2	357,3	17150
26	260	113	9,4	14,1	53,66	41,9	446,0	21408
28	280	119	10,1	15,2	61,39	47,9	547,2	26256
30	300	125	10,8	16,2	69,40	54,1	659,0	31642
32	320	131	11,5	17,3	78,15	61,0	788,9	37867
34	340	137	12,2	18,3	87,16	68,0	931,0	44688
36	360	143	13,0	19,5	97,50	76,1	1098,1	52709
38	380	149	13,7	20,5	107,53	83,9	1274,1	61157
40	400	155	14,4	21,6	118,34	92,3	1472,3	70670
42 ^{1/2}	425	163	15,3	23,0	132,97	103,2	1753,7	84178
45	450	170	16,2	24,3	147,65	115,7	2053,5	98568
47 ^{1/2}	475	178	17,1	25,6	163,61	127,6	2396,3	115022
50	500	185	18,0	27,0	180,18	140,5	2769,8	132950

Если желаемъ нагрузить балку болѣе, чѣмъ 600 килогр. на кв. сантим, вообще дать натяженіе s , то крѣпость $Q = \frac{s}{600} P$ и для длин L метр между опорами $Q = \frac{sP}{600L}$. При нагрузкѣ балки въ срединѣ, P или Q будутъ на половину менѣе; для балки, укрѣплен-

ной однимъ концомъ, а на другомъ нагруженной $\frac{1}{8}$, а при равномерной нагрузкѣ $= \frac{1}{4}$ указанной величины.

Балка, обоими концами заѣланная въ каменные стѣны, выдерживаетъ равномерно распреѣленный грузъ $1,5 P$ или $Q = \frac{3}{2} \frac{s \cdot P}{600L}$; а нагруженная въ срединѣ, вѣсъ $Q = \frac{s}{600} \cdot \frac{P}{d}$.

д. Таблица вѣса, въ фунтахъ, металлическихъ проволокъ различныхъ №№, бирмингемскаго калибра.

Диаметръ.		Вѣсъ 100 погон. фут.			Диаметръ.		Вѣсъ 100 погон. фут.		
№	дюйм.	жѣлѣзо	мѣдь.	латунь	№	дюйм.	жѣлѣзо	мѣдь.	латунь
1(⁵ / ₁₆)	0,312	28,348	32,766	31,297	19	0,042	0,512	0,592	0,565
2	0,284	23,413	27,062	25,846	20	0,035	0,356	0,411	0,393
3	0,261	19,774	22,856	21,828	21	0,033	0,3 6	0,365	0,349
4(¹ / ₄)	0,250	18,143	20,970	20,028	22(¹ / ₃₂)	0,031	0,283	0,328	0,313
5	0,217	13,670	15,789	15,088	23	0,028	0,228	0,263	0,251
6	0,208	12,558	14,516	13,864	24	0,025	0,181	0,210	0,200
7(³ / ₁₆)	0,187	10,205	11 796	11,266	25	0,021	0,128	0,148	0,141
8	0,166	7,999	9,246	8,830	26	0,020	0,116	0,134	0,128
9	0,158	7,247	8,376	8,000	27	0,018	0,0941	0,109	0,104
10	0,137	5,448	6,297	6,014	28(¹ / ₆₄)	0,016	0,0709	0,0819	0,0782
11(¹ / ₈)	0,125	4,536	5,243	5,007	29	0,013	0,0491	0,0567	0,0541
12	0,109	3,449	3,986	3,807	30	0,012	0,0418	0,0483	0,0462
13	0,094	2,565	2,965	2,831	31	0,010	0,0290	0,0336	0,0320
14	0,080	1,858	2,147	2,596	32	0,009	0,0235	0,0272	0,0260
15	0,072	1,505	1,739	1,661	33	0,008	0,0186	0,0215	0,0205
16(¹ / ₁₆)	0,063	1,134	1,311	1,252	34	0,007	0,0142	0,0164	0,0157
17	0,055	0,878	1,015	0,969	35	0,005	0,0073	0,0084	0,0080
18	0,048	0,669	0,773	0,738	36	0,004	0,0046	0,0054	0,0051

г. Чугунныя трубы съ фланцами и съ муфтами

Двѣ слѣдующія таблицы содержатъ нормальные размѣры и вѣсъ трубъ, задвижекъ, крановъ и вентилей, какъ они установлены обществомъ нѣмецкихъ инженеровъ, сообща съ обществомъ газо- и водопроводчиковъ Германіи въ 1882 году. Толщина стѣнокъ трубъ соотвѣтствуетъ рабочему давленію въ 10 атмосферъ; проб-

ное наибольшее давление 20, что достаточно для водопроводных требований.

Внутренний диаметр. mm	Толщина стенок. mm	Фланцы		Число винтов.	Винты			Круг для дырь.
		mm	толщина. mm		Толщина		Дыры mm	
					mm	английские дюймы.		
40	8	150	18	4	13	1/2"	15	115
50	8	160	18	4	15,5		17	125
60	8,5	175	19	4	15,5		17	135
70	8,5	185	19	4	15,5		17	145
80	9	200	20	4	15,5	3/8"	17	160
90	9	215	20	4	15,5		17	170
100	9	230	20	4	19		21	180
125	10	260	21	4	19		21	210
150	10	290	22	6	19	3/4"	21	240
175	10,5	300	22	6	19		21	270
200	11	350	23	6	19		21	300
225	11,5	370	23	6	19		21	320
250	12	400	24	8	19	7/8"	21	350
275	12,5	425	25	8	19		21	375
300	13	450	25	8	19		21	400
325	13,5	490	26	10	22,5		25	435
350	14	520	26	10	22,5	1"	25	465
375	14	550	27	10	22,5		25	495
400	14,5	575	27	10	22,5		25	520
425	14,5	600	28	12	22,5		25	545
450	15	630	28	12	22,5	1 1/8"	25	570
475	15,5	655	29	12	22,5		25	600
500	16	680	30	12	22,5		25	625
550	16,5	740	33	14	26,1		28,5	675
600	17	790	33	16	26,1	1 1/2"	28,5	725
650	18	840	33	18	26,1		28,5	775
700	19	900	33	18	26,1		28,5	830
750	20	950	33	20	26,1		28,5	880
800	21	1020	36	20	29,5	1 3/4"	32	940
900	22,5	1120	36	22	29,5		32	1040
1000	24	1220	36	24	29,5		32	1140

Длина задвижек от фланца до фланца $L=D+200$ мм; пролетные вентили и чугунные краны $L=2D+100$ мм. и для угловых вентилей длина колёна от середины до фланца $L=D+50$ мм. Радиус кривизны колёна и тройника (Т) $L=D+100$ мм.

Вместо (строительной) длины, указанной в следующих двух таблицах, некоторые большие заводы приняты 2,00 метра для 40—60 мм. диаметра; 3,00 для 70—100; 3,25 для 125—250; и 4,00 для 250 (или 300) до 1200 внутреннего диаметра.

Внутренний діам. mm	Длина mt.	В ѣ с ѣ			Точен. поясок.		Длина кольна въ поворотѣ и въ трой- никѣ $L = D + 100$
		одной тру- бы кило- грам.	одного фланца килог- рам.	1 mt. тру- бы безъ фланца ки- лограм.	Шири- на mm	Высо- та mm	
40	2	21,4	2	8,75	25	3	140
50	2	25,5	2,2	10,58	25	3	150
60	2	32	2,7	13,26	25	3	160
70	2	36,2	2,9	15,20	25	3	170
80	3	61,7	3,5	18,25	25	3	180
90	3	68,8	4	20,30	25	3	190
100	3	76	4,4	22,32	28	3	200
125	3	98	5,6	28,94	28	3	225
150	3	122	6,9	36,45	28	3	250
175	3	149	8	44,38	30	3	275
200	3	178	9,6	52,91	30	3	300
225	3	206	9,9	61,96	30	3	325
250	3	238	11,6	71,61	30	3	350
275	3	273	12,9	82,30	30	3	375
300	3	306	13,7	93,00	30	3	400
325	3	343	17,2	102,87	35	4	425
350	3	376	18,9	112,75	35	4	450
375	3	415	21,5	124,04	35	4	475
400	3	456	22,6	136,85	35	4	500
425	3	484	24,5	145,16	35	4	525
450	3	539	26,5	162,00	35	4	550
475	3	582	28,6	178,84	40	4	575
500	3	624	30,7	187,68	40	4	600
550	3	723	39	214,97	40	5	—
600	3	813	42	243,28	40	5	—
650	3	916	43	276,60	40	5	—
700	3	1034	50	311,27	40	5	—
750	3	1148	53	347,96	40	5	—
800	3	1297	68	387,10	45	5	—
900	3	1567	74	472,81	45	5	—
1000	3	1872	96	560,00	45	5	—

Таблица на слѣдующей страницѣ содержитъ размѣры и вѣсъ трубъ съ муфтами (съ раструбами). 1 klг=2,44 фунта. Вѣсъ фута

длины=вѣсу метра въ килогр. $\times \frac{2,44}{3,28} = 0,74$.

Внутренний диаметр D mm	Нормальная толщина стенок δ mm	Наружный диаметр трубы $D_1 = D + 2\delta$ mm	Размеры муфты					
			Строительная длина L mm	Муфта				
				Глубина муфты mm	Толщина свинцового кольца f mm	Внутренний диаметр муфты $D_2 = D_1 + 2f$ mm	Толщина стенок $y = 1,4\delta$ mm	Наружный диаметр $= D_2 + 2y$ mm
40	8	56	2	74	7	70	11	92
50	8	66	2	77	7,5	81	11	103
60	8,5	77	2	80	7,5	92	12	116
70	8,5	87	3	82	7,5	102	12	126
80	9	98	3	84	7,5	113	12,5	138
90	9	108	3	86	7,5	123	12,5	148
100	9	118	3	88	7,5	133	13	159
125	9,5	144	3	91	7,5	159	13,5	186
150	10	170	3	94	7,5	185	14	213
175	10,5	196	3	97	7,5	211	14,5	240
200	11	222	3	100	8	238	15	268
225	11,5	248	3	100	8	264	16	296
250	12	274	4	103	8,5	291	17	325
275	12,5	300	4	103	8,5	317	17,5	352
300	13	326	4	105	8,5	343	18	379
325	13,5	352	4	105	8,5	369	19	407
350	14	378	4	107	8,5	395	19,5	434
375	14	403	4	107	9	421	20	461
400	14,5	429	4	110	9,5	448	20,5	489
425	14,5	454	4	110	9,5	473	20,5	514
450	15	480	4	112	9,5	499	21	541
475	15,5	506	4	112	9,5	525	21,5	568
500	16	532	4	115	10	552	22,5	597
550	16,5	583	4	117	10	603	23	649
600	17	634	4	120	10,5	655	24	703
650	18	686	4	122	10,5	707	25	757
700	19	738	4	125	11	760	26,5	813
750	20	790	4	127	11	812	28	868
800	21	842	4	130	12	866	29,5	925
900	22,5	945	4	135	12,5	970	31,5	1033
1000	24	1048	4	140	13	1074	33,5	1141

Пояс. на муф.					В ъ с ъ			
Толщина и ширина $x = 7 + 2\delta$ mm	Диаметръ (наибольшій) $= D_2 + 2x$ mm	Большій ді- аметръ $= D_1 + \frac{1}{3}f$ mm	Меньшій ді- аметръ $= D_1 + \frac{2}{3}f$ mm	Глубина коль- ца $= 1,5\delta$ mm	На мет. длины			
					Муфты kg	Безъ муфты kg	Вмѣстѣ съ муфтой окру- гленъ kg	Свинцоваго кольца kg
23	116	65	61	12	5,3	20,29	22	1,15
23	127	76	71	12				
24	140	87	82	13	6,0	22,34	24	1,35
24	150	97	92	13	8,8	29,10	32	1,70
25	163	108	103	14	9,7	36,44	40	2,14
25	173	118	113	14	11,7	44,36	48	2,46
25	183	128	123	14	13,8	52,86	57	2,97
26	211	154	149	14	16	61,95	67	3,67
27	239	180	175	15	19	71,61	76	4,30
28	267	206	211	16	22	81,85	87	4,69
29	296	233	228	16	25	92,68	99	5,09
30	324	259	254	17	28	104,08	111	5,16
31	353	285	280	18	31	116,07	124	5,53
32	381	311	306	19	34	124,04	133	6,64
33	409	337	332	20	37	136,89	146	7,46
34	437	363	358	20	41	145,15	155	7,89
35	465	389	384	21	45	158,87	170	8,33
35	491	415	409	21	49	173,17	185	8,77
36	520	442	436	22	54	188,04	202	10,1
36	545	467	461	22	62	212,90	228	11,7
37	573	493	487	23	72	238,90	257	13,3
38	601	519	513	23	84	273,86	295	14,4
39	630	545	539	24	97	311,15	335	15,5
40	683	596	590	25	112	350,76	379	17,4
41	737	648	641	26	128	392,69	425	20,2
43	793	700	693	27	102	472,76	513	24,7
45	850	753	746	28	197	559,76	609	29,2
47	906	805	798	30	Вѣсь погоннаго фута тру- бы въ фунтахъ=вѣсу погон- наго метра въ kg, умножен- ному на $(2,44:3,28=0,74)$, т. е. вѣсь фута длины въ фун-			
49	964	858	850	31				
52	1074	962	954	33				
55	1184	1065	1057	36				

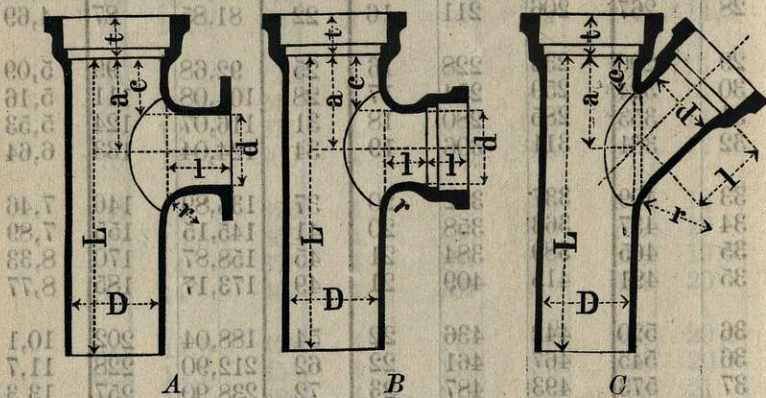
тахъ получится, если возьмемъ три четверти табличнаго вѣса погоннаго метра въ kg .

Ширина валика, входящаго въ сѣдло муфты $= 0,5d$. Длина коническаго перехода отъ сѣдла муфты къ ровной трубѣ $= t' = t - 35 \text{ mm}$.

Если трубы служатъ для проведенія газа, воздуха или для канализации, когда онѣ подвергаются лишь незначительному давлению, то толщину стѣнокъ можно уменьшить. Для паропроводовъ, подвергающихся большимъ измѣненіямъ температуры и происходящимъ отъ этого натяженіямъ, а также для такихъ трубъ, которыя при особенныхъ условіяхъ подвергаются вреднымъ вѣншнимъ вліяніямъ, рекомендуется увеличить толщину стѣнокъ.

Наружный діаметръ трубъ постоянный и измѣненіе толщины стѣнокъ имѣетъ вліяніе только на внутренній діаметръ. Неизмѣнно нормальною остается также внутренняя форма муфты и родъ замыканія трубъ, также толщина свинцоваго кольца. Въ прямыхъ нормальныхъ трубахъ уклоненіе отъ вѣса, опредѣленнаго вычисленіемъ, допускается наибольшее $\pm 30\%$. Въ смольной окраски около 0,1 вѣса свинцоваго кольца.

Части для измѣненія направленія и для развѣтвленія трубъ.



Фиг. 13.

Для частей A и B:

$$c = 100 + 0,2D \text{ mm}; a = 100 + 0,2D + 0,5d \text{ mm}; r = 40 + 0,05d \text{ mm}.$$

Для A: $l = 120 + 0,1d \text{ mm}$; для B: $l = \text{глубина муфты отрезка}$.

$$\text{Для C: } c = 80 + 0,1D \text{ mm}; a = 80 + 0,1D + 0,7d \text{ mm}; r = d; l = 0,75a$$

Классификація частей А, В и С

Части А и В			Часть С		
<i>D</i> діаметръ глав. трубы въ mm	<i>d</i> діаметръ вѣтви въ mm	<i>L</i> строи- тельн. дли- на въ mm	<i>D</i> діамет. главн. тру- бы въ mm	<i>d</i> діамет. отростка въ mm	<i>L</i> строи- тельн. дли- на въ mm
40—100	40—100	0,8	40—100	40—100	0,8
125—325	40—325	1,0	125—275	40—275	1,0
350—500	40—300	1,0	300—425	40—250	1,0
	325—50	1,25		275—425	1,25
550—750	40—250	1,0	450—600	40—250	1,0
	275—500	1,25		275—425	1,25
	550—750	1,50		450—600	1,50
			650—750	40—250	1,0
				275—425	1,25
				450—600	1,50
				650—750	1,75

Тѣ части для развѣтвленія трубъ, которыя имѣють въ отросткахъ діаметръ 400 mm и болѣе, при давленіи 2 атм. уже усиливаются ребрами.

Часть *E*. На одномъ концѣ муфта, на другомъ фланецъ; $L=300$ mm.

„ *F*. Съ однимъ только фланцемъ. $L=600$ mm для $D=40—475$
 $L=800$ mm для $D=500—750$.

„ *G*. Крутой поворотъ въ 30° . Радиусъ кривизны центральной линіи при $D=40—90$ mm; $R=250$ mm; при $D \geq 100$ mm $R=150+D$ mm. Длина прямой части, вставляемой въ муфту: при $D=40—375$ mm, $m=D+200$ mm $D \geq 400$ mm, $m=600$ mm.

„ *K*. Пологий поворотъ. Радиусъ $R=10D$.

„ *Z*. „ „ для $D \geq 300$ mm, $R=5D$.

„ *R*. Переходная труба $Z=1,0$ m.

При расчетѣ вѣса частей *A*, *B*, *C* и пр. нужно прибавлять 15% къ вѣсу, опредѣленному по нормальнымъ размѣрамъ, а для поворотовъ даже 30%.

При расположеніи дыръ для винтовъ во фланцахъ соблюдается правило, что въ вертикальной плоскости чрезъ ось трубы не должно быть дыръ для винтовъ.

Таблица веса частей А, В и С.

D mm	A. d в мм вс в кг					B. d в мм вс в кг					C. d в мм вс в кг							
	d=D	80	100	150	200	300	d=D	80	100	150	200	300	d=D	80	100	150	200	300
40	14	—	—	—	—	—	14	—	—	—	—	—	16	—	—	—	—	—
50	19	—	—	—	—	—	19	—	—	—	—	—	21	—	—	—	—	—
60	22	—	—	—	—	—	22	—	—	—	—	—	25	—	—	—	—	—
70	27	—	—	—	—	—	27	—	—	—	—	—	31	—	—	—	—	—
80	30	—	—	—	—	—	31	31	—	—	—	—	37	37	—	—	—	—
90	33	—	—	—	—	—	34	33	—	—	—	—	40	39	—	—	—	—
100	37	35	37	—	—	—	38	36	38	—	—	—	45	42	45	—	—	—
125	54	49	51	—	—	—	55	50	52	—	—	—	65	57	60	—	—	—
150	68	59	63	68	—	—	70	60	64	70	—	—	82	69	72	82	—	—
175	88	78	81	84	—	—	90	80	82	86	—	—	106	88	91	101	—	—
200	97	88	90	91	97	—	100	89	91	94	100	—	119	95	98	108	119	—
225	106	96	97	100	104	—	110	96	98	102	107	—	132	102	105	115	126	—
250	125	111	113	116	121	—	130	112	114	118	124	—	152	115	118	128	139	—
275	144	126	128	131	136	—	150	127	129	133	139	—	178	133	136	146	157	—
300	162	146	148	152	155	162	170	147	149	154	158	170	229	149	152	162	173	229
350	241	174	178	182	187	199	250	175	179	184	190	207	282	179	182	192	203	261
400	299	210	212	216	222	234	310	211	213	218	225	242	354	218	221	231	242	309

и. Таблицы веса различных трубъ.

1) Паянная и таянутая мѣдная трубы (норм. длина 3 и 4 м)

внутр. діам. въ *м*. Всѣ погоннаго *м* въ *кг* (всѣ погоннаго фута въ фунтахъ=табличному×0,74).

Толщина стѣнокъ въ <i>mm</i> .												
<i>D</i> <i>mm</i>	1	1,25	1,5	1,75	2	2,25	2,5	2,75	3	3,5	4	5
10	0,305	0,390	0,479	0,571	0,667	0,766	0,868	0,974	1,084	1,313	1,556	2,085
12	0,361	0,460	0,563	0,669	0,778	0,891	1,007	1,127	1,251	1,508	1,779	2,363
14	0,417	0,529	0,646	0,766	0,889	1,016	1,146	1,280	1,417	1,702	2,001	2,641
16	0,472	0,599	0,729	0,863	1,000	1,141	1,285	1,433	1,584	1,897	2,224	2,919
18	0,528	0,669	0,813	0,960	1,112	1,266	1,424	1,586	1,751	2,092	2,446	3,197
20	0,583	0,738	0,896	1,058	1,223	1,391	1,563	1,739	1,918	2,286	2,669	3,475
30	0,861	1,086	1,313	1,544	1,779	2,017	2,259	2,503	2,752	3,199	3,781	4,865
40	1,139	1,433	1,730	2,031	2,335	2,643	2,954	3,268	3,586	4,173	4,893	6,255
50	1,417	1,781	2,147	2,517	2,891	3,268	3,649	4,033	4,420	5,146	6,005	7,645
60	1,695	2,128	2,564	3,004	3,447	3,894	4,344	5,797	5,254	6,119	7,117	9,035
70	1,974	2,476	2,981	3,491	4,003	4,519	5,039	5,562	6,088	7,092	8,229	10,43
80	2,252	2,823	3,398	3,977	4,559	5,145	5,734	6,326	6,922	8,065	9,341	11,82
90	2,530	3,171	3,815	4,464	5,115	5,770	6,429	7,091	7,757	9,038	10,45	13,21
100	2,808	3,518	4,223	4,950	5,671	6,396	7,124	7,856	8,591	10,01	11,57	14,60
Толщина по англійск. кал.	между 19—20	18	17	между 15—16	между 14—15	между 13—14	13	12	11	10	между 9—8	6

4) Тангуты латунныя трубы.
D=наружный диаметр въ *mm*. Вѣсъ погоннаго *m* въ *kg*.

<i>D</i> <i>mm</i>	Толщина стѣнокъ въ <i>mm</i>					Толщина стѣнокъ въ <i>mm</i>		
	1	1,25	1,5	1,75	2	2,5	3	3
25	0,719	0,912	1,105	1,300	1,492	1,908	2,322	60
30	0,857	1,085	1,313	1,541	1,769	2,254	2,737	65
35	0,994	1,258	1,520	1,783	2,045	2,599	3,151	70
40	1,134	1,431	1,728	2,025	2,322	2,944	3,566	75
45	1,272	1,604	1,935	2,267	2,598	3,289	3,981	80
50	1,410	1,776	2,143	2,509	2,875	3,634	4,396	90
55			2,350	2,751	3,151	3,979	4,810	100
№№ 19-20	18	17	15-16	14-15	13-14	13		№№ 17 15-16 14-15 13-14 13

5) Желѣзныя, газовыя и водопроводныя трубы
съ наръзкою и муфтами, испытанныя на 12 атм.

внутрен. диаметръ д. а.	Наруж. диам. mm	Вѣсъ пог. m kg	Внутр. диам. д. а.	Наруж. диам. mm	Вѣсъ пог. m kg	Внутр. диам. д. а.	Наруж. диам. mm	Вѣсъ пог. m kg
1/8	10,5	0,4	1 1/4	42	3,5	2 1/2	76	8,2
1/4	13	0,6	1 1/2	48	4,3	2 3/4	83	9,0
3/8	16,4	0,85	1 3/4	52	5,0	3	89	10,2
1/2	21	1,2	2	59,5	6,0	3 1/2	102	13,0
3/4	27	1,7	2 1/4	70	7,1	4	114	15,0
1	33,5	2,5						

Вѣсъ погоннаго фута въ фунтахъ=вѣсу погоннаго метра въ *kg* × 0,74.

6) Трубы Перкипса для отопленія горячею водою высокаго давления.

испытанныя на 250 Atm.

Внутрен. диаметръ 23 mm, наружный диаметръ 34 mm. Вѣсъ погоннаго *m*=3,8 kg. Вѣсъ погоннаго фута=3.8. 0,74=2,811 фун.

7) Желѣзныя трубы для пароваго отопленія
съ уплотнительными флянцами и съ суриковою окраскою, испытан-
ныя на 12 Atm.

Наружн. діаметръ	анг. д. mm	4 102	5 127	6 152	7 178
Толщина стѣнокъ	mm	2,5	2,75	3	3,25
Вѣсъ безъ фланца и окраски на погонный м. въ kg		6,1	8,3	10,8	14,0
на погонный футъ въ фунтахъ . .		4,5	6,1	8,0	10,4
Вѣсъ съ флянцами и окраскою на погонный м въ kg		7,1	9,4	12,0	15,4
на погонный футъ въ фунтахъ . .		5,3	7,6	8,9	11,4

8) Оловянные трубы съ свинцовою оболочкою
для 5 до 6 Atm. давленія.

Внутрен. діаметръ въ mm	13	15	20	25	30
Вѣсъ погоннаго м въ kg.	1,25	1,50	2,25	2,75	3,250
" " фута въ фунтахъ.	0,925	1,110	1,66	2,63	2,425

v. 1) Таблица вѣса чугунныхъ шаровъ.

D mm	Вѣсъ kg	D mm	Вѣсъ kg	D mm	Вѣсъ kg	D mm	Вѣсъ kg
		90	2,76	160	15,67	260	65,91
				170	18,62	270	73,83
				180	22,31		
40	0,24	100	3,79			280	82,32
			4,34	190	25,84	290	91,47
50	0,4	110	5,04	200	30,34	300	102,40
				210	34,73		
60	0,87	120	6,61	220	39,93	320	122,88
70	1,30	130	8,40	230	45,63	330	134,79
			10,50	240	51,84	340	147,39
80	1,94	150	12,85	250	59,25	350	160,80

в. 2) Вѣсъ чугунныхъ шаровъ, въ фунтахъ, отъ 1 до 12 дюйм. въ диаметрѣ.

Дюйм.	Фунты.	Дюйм.	Фунты.	Дюйм.	Фунты.
1	0,15	4 ³ / ₄	16,37	8 ¹ / ₂	93,75
1 ¹ / ₄	0,30	5	18,99	8 ³ / ₄	102,27
1 ¹ / ₂	0,53	5 ¹ / ₄	22,10	9	111,31
1 ³ / ₄	0,83	5 ¹ / ₂	25,42	9 ¹ / ₄	120,84
2	1,22	5 ³ / ₄	29,03	9 ¹ / ₂	130,91
2 ¹ / ₄	1,75	6	32,96	9 ³ / ₄	141,52
2 ¹ / ₂	2,39	6 ¹ / ₄	37,28	10	152,69
2 ³ / ₄	3,18	6 ¹ / ₂	41,92	10 ¹ / ₄	164,41
3	4,13	6 ³ / ₄	46,96	10 ¹ / ₂	176,74
3 ¹ / ₄	5,24	7	52,35	10 ³ / ₄	189,66
3 ¹ / ₂	6,44	7 ¹ / ₄	58,18	11	203,23
3 ³ / ₄	8,05	7 ¹ / ₂	64,38	11 ¹ / ₄	217,45
4	9,77	7 ³ / ₄	71,07	11 ¹ / ₂	232,21
4 ¹ / ₄	11,78	8	78,05	11 ³ / ₄	247,70
4 ¹ / ₂	13,91	8 ¹ / ₄	85,73	12	263,79

в. 1) Таблица вѣса, въ фунтахъ, погоннаго фута круглой красной мѣди.

Диаметръ сѣченія въ дм.	0	1/8	1/4	3/8	1/2	3/4
0	0,000	0,052	0,210	0,472	0,839	1,887
1	3,355	4,246	5,243	6,343	7,549	10,28
2	13,42	15,15	16,99	18,93	20,97	25,37
3	30,20	32,77	35,44	38,22	41,10	47,18
4	53,68	57,09	60,60	64,22	67,94	75,70
5	83,88	88,13	92,48	96,93	101,50	110,93

в. 2) Таблица вѣса, въ фунтахъ, мѣдныхъ паяныхъ трубъ длиною 12 футъ.

Диаметръ.	1"	1 ¹ / ₄ "	1 ¹ / ₂ "	1 ³ / ₄ "	2"	2 ¹ / ₄ "	2 ¹ / ₂ "	2 ³ / ₄ "	3	3 ¹ / ₂ "	4"	4 ¹ / ₂ "	5	6
Выс. дав.	12	15	18	23	26	28,5	36	39 ¹ / ₂	42	51	58	63	75	86
Низ. дав.	10	11,5	14	17	19,5	23	29 ¹ / ₂	32 ¹ / ₂	35	42	51	59	68	78

г. Таблица вѣса, въ фунтахъ, погоннаго фута чугунныхъ трубъ.

Внут. Діам. въ дм.	Толщина стѣнокъ въ дюймахъ.							
	1/4	3/8	1/2	3/4	1	1 ¹ / ₈	1 ¹ / ₄	1 ¹ / ₂
1	3,40	5,60	8,14	14,25	21,71	25,96	30,54	40,71
1 ¹ / ₄	4,07	6,62	9,50	16,29	24,43	29,01	33,93	44,79
1 ¹ / ₂	4,75	7,63	10,86	18,32	27,14	32,06	37,32	48,86
1 ³ / ₄	5,43	8,65	12,21	20,36	29,86	35,12	40,41	52,93
2	6,11	9,67	13,57	22,39	32,57	38,17	44,11	57,00
2 ¹ / ₄	6,79	10,69	14,93	24,43	35,29	41,22	47,50	61,07
2 ¹ / ₂	7,46	11,71	16,29	26,46	38,00	44,28	50,89	65,14
2 ³ / ₄	8,14	12,72	17,64	28,50	40,71	47,33	54,29	69,22

3	8,82	13,74	19,07	30,54	43,43	50,38	57,68	73,29
1 $\frac{1}{4}$	9,50	14,76	20,36	32,57	46,14	53,44	61,07	77,36
1 $\frac{1}{2}$	10,18	15,78	21,71	34,61	48,86	56,49	64,47	81,43
3 $\frac{1}{4}$	10,86	16,79	23,07	36,64	51,57	59,55	67,86	85,50
4	11,54	17,81	24,43	38,68	54,29	62,60	71,25	89,57
1 $\frac{3}{4}$	12,21	18,83	25,79	40,71	57,00	65,65	74,64	93,64
1 $\frac{1}{2}$	12,89	19,85	27,14	42,75	59,72	68,71	78,04	97,72
3 $\frac{1}{4}$	13,57	20,87	28,50	44,79	62,43	71,76	81,43	101,79
5	14,25	21,88	29,86	46,82	65,14	74,81	84,82	105,86
1 $\frac{1}{4}$	14,93	22,90	31,21	48,86	67,86	77,87	88,22	109,93
1 $\frac{1}{2}$	15,61	23,92	32,57	50,89	70,57	80,92	91,61	114,00
3 $\frac{1}{4}$	16,29	24,94	33,93	52,93	73,29	83,97	95,00	118,07
6	16,96	25,96	35,29	54,97	76,00	87,03	98,39	122,14
1 $\frac{1}{4}$	17,64	26,97	36,64	57,00	78,72	90,08	101,79	126,22
1 $\frac{1}{2}$	18,32	28,00	38,00	59,04	81,43	93,14	105,18	130,29
3 $\frac{1}{4}$	19,00	29,02	39,36	61,07	84,14	96,19	108,57	134,36
7	19,68	30,03	40,71	63,11	86,86	99,24	111,97	138,43
7 $\frac{1}{2}$	21,04	32,07	43,43	67,18	92,29	105,35	118,75	146,57
8	22,39	34,10	46,14	71,25	97,72	111,46	125,44	154,72
8 $\frac{1}{2}$	23,75	36,14	48,86	75,32	103,14	117,56	132,32	162,86
9	25,11	38,18	51,57	79,39	108,57	123,67	139,11	171,00
9 $\frac{1}{2}$	26,46	40,21	54,29	83,47	114,00	129,78	145,90	179,15
10	27,82	42,25	57,00	87,54	119,43	135,89	152,68	187,20
10 $\frac{1}{2}$	29,18	44,28	59,72	91,61	124,86	141,99	150,47	195,43
11	30,54	46,32	62,43	95,68	130,29	148,10	166,25	203,57
12	33,25	50,39	67,86	103,82	141,15	160,31	179,82	219,86
13	35,96	54,46	73,29	111,97	152,00	172,53	193,40	236,15
14	38,68	58,53	78,72	120,11	162,86	184,74	206,97	252,43
15	41,39	62,60	84,14	128,25	173,72	196,96	220,54	268,72
16	44,11	66,68	89,57	136,39	184,57	209,17	234,11	285,00
17	46,82	70,75	95,00	144,54	195,43	221,39	247,68	301,29
18	49,54	74,82	100,43	152,08	206,29	233,60	261,25	317,58

III. Физика и Химія.

Скорость звука въ воздухѣ при 16°C равна 340,9 метра въ секунду; скорость свѣта почти 42000 миль, электричества 62000 миль въ секунду.

А. Таблица важнѣйшихъ элементовъ.

Названіе элементовъ	знакъ элементовъ	Атомный вѣсъ	Удѣльный вѣсъ	Старыя эквивалент. чис.
Азотъ	N	14	0,971	14
Алюминій	Al	27,5	2,56	13,75
Антимоній (Сурьма)	Sb	122	6,71	122
Арсеникъ (мышьякъ)	As	75	5,63	75
Барій	Ba	137	1,85	68,5
Бериллій	Be	9,3	2,1	4,61

Названіе элементовъ.	Знакъ элементъ.	Атомный вѣсъ.	Удѣльный вѣсъ.	Старая эквива- лентъ. чис.
Боръ.	B	11	2,68	11
Бромъ.	Br	80	3,18	80
Водородъ.	H	1	0,0692	1
Висмутъ.	Bi	208	9,9	208
Вольфрамъ.	W	184	17,6	92
Желѣзо.	Fe	56	7,84	28
Золото.	An	196	19,5	196
Иридій.	Jr	198	21,15	98,6
Іодъ.	J	127	4,95	127
Кадмій.	Cd	112	8,67	56
Калій.	K	39,11	0,865	39,11
Кислородъ.	O	16	1,105	8
Кобальтъ.	Co	12	1,52	6
Кальцій.	Ca	40	1,577	20
Магній.	Mg	24	1,75	12
Марганецъ.	Mn	55	7,2	27,5
Мѣдь.	Cu	63,4	8,95	31,7
Натрій.	Na	23	0,964	23
Никкель.	Ni	59	8,9	29,5
Олово.	Sn	118	7,3	59
Платина.	Pt	197,88	21,5	98,94
Ртуть.	Hg	200	13,59	100
Свинецъ.	Pb	207	11,4	103,5
Серебро.	Ag	107,97	10,55	107,97
Селенъ.	Se	79,5	4,28	39,5
Сѣра.	S	32	1,97	16
Стронцій.	Sr	87,5	2,54	43,75
Углеродъ.	C	12	1,52	6
Фторъ.	Fl	19	—	19
Фосфоръ.	P	31	1,897	31
Хлоръ.	Cl	35,46	2,41	35,46
Хромъ.	Cr	52,48	6,8	26,24
Цинкъ.	Zn	65	6,8	32,53

Примѣчаніе. Удѣльный вѣсъ твердыхъ и жидкихъ элементовъ отношенъ къ водѣ, которой удѣльный вѣсъ взятъ за 1. Для газовъ и паровъ за единицу взятъ воздухъ.

Красный фосфоръ имѣетъ удѣльный вѣсъ=2,1; кристаллическая сѣра 2,045; капельножидкая (вода=1) 1,38; алмазь 3,47; графитъ 1,84—2,33.

В. Таблица различныхъ химическихъ соединений.

Названія.	Формула.	Атомный вѣсъ.	Сумма.	100 ча- стей со- держатъ.
Кали.	K_2O	78,22+16	94,22	83,02K
	KO	39,11+ 8	47,11	16,98O
Натръ	Na_2O	46+16	62	74,19Na
	NaO	23+ 8	31	25,81O
Барить.	Ba_2O	137+16	153	89,54Ba
	BaO	68,5+ 8	76,5	10,46O
Магnezія	MgO	24+16	40	60 Mg
	MgO	12+ 8	20	40 O
Известь	CaO	40+16	56	71,43Ca
	CaO	20+ 8	28	28,57O
Глиноземъ	Al_2O_3	55+48	103	46,60O
	Al_2O_3	27,5+24	81,06	53,40Al
Окись цинка	ZnO	65,06+16	81,06	80,26Zn
	ZnO	32,53+ 8	40,53	19,74O
Закись марганца	MnO	55+16	71	77,46Mn
	MnO	27,5+ 8	35,5	22,54O
Окись марганца.	Mn_2O_3	110+48	158	69,62Mn
	Mn_2O_3	55+24	79	30,38O
Перекись марганца. . . .	Mn_3O_4	165+64	229	72,05Mn
	Mn_3O_4	82,5+32	114,5	27,95O
Закись никкеля	NiO	59+16	75	78,67Ni
	NiO	29,5+ 8	37,5	21,33O
Закись кобальта	CoO	59+16	75	78,67Co
	CoO	29,5+ 8	37,5	21,33O
Окись кобальта.	Co_2O_3	118+48	166	71,08Co
	Co_2O_3	59+24	83	28,92O
Закись желѣза	FeO	56+16	72	77,78Fe
	FeO	28+ 8	36	22,22O
Окись желѣза.	Fe_2O_3	112+48	160	70 Fe
	Fe_2O_3	56+24	80	30 O
Окись серебра	Ag_2O	215,91+16	231,94	93,10Ag
	AgO	107,97+ 8	115,97	6,90O
Окись свинца	PbO	207+16	223	92,83Pb
	PbO	103,5+ 8	111,5	7,17O
Закись мѣди	Cu_2O	126,8+16	142,8	88,80Cu
	Cu_2O	63,4+ 8	71,4	11,20O
Окись мѣди.	CuO	63,4+16	79,4	79,85Cu
	CuO	31,7+ 8	39,7	20,15O
Окись висмута	Bi_2O_3	416+48	464	89,66Bi
	Bi_2O_3	208+24	232	10,34O
Окись сюрьмы	Sb_2O_3	244+48	292	83,56Sb
	Sb_2O_3	122+24	146	16,44O
Закись олова	SnO	118+16	134	88,06Sn
	SnO	59+ 8	67	11,94O

Названія.	Формула.	Атомный вѣсъ.	Сумма.	100 ча- стей со- держатъ.
Окись олова	SnO_2	118+32	150	78,67Sn
	SnO_2	59+16	75	21,33O
Мышьяковистая кислота.	As_2O_3	150+48	198	75,76As
	AsO_3	75+24	99	24,24O
Мышьяковая кислота. .	As_2O_5	150+80	230	65,22As
	AsO_5	75+40	115	34,78O
Сѣрная кислота	SO_3	32+48	80	40 S
	SO_3	16+24	40	60 O
Фосфорная кислота. . .	P_2O_5	62+80	142	43,66P
	PO_5	31+40	71	56,34O
Угольная кислота . . .	CO_2	12+32	44	27,27C
	CO_2	6+16	22	72,73O
Кремневая кислота . . .	SiO_2	28+32	60	46,67Si
	SiO_3	14+24	38	53,33O
Азотная кислота	N_2O_5	28+80	108	25,93N
	NO_3	14+40	54	74,07O

Въ этой таблицѣ верхнія формулы и атомные вѣса даны для новаго, нижнія для стараго способа изображенія.

С Взрывчатая сила нѣкоторыхъ газовъ.

Окись углерода съ кислородомъ	22,6	атмосферы
Водородъ „ „	26,5	„
Рудничный газъ „ „	38,3	„
Маслородн. газъ „ „	44,4	„
Дитетрилъ газъ „ „	88,8	„

Рудничный газъ съ содержаніемъ около 91½% углеродистоводо-роднаго газа взрывчатъ; выше и ниже этого опасность будетъ меньше.

В. Азотъ и кислородъ, какъ составныя части атмосфер-наго воздуха.

Вѣсов. частей азота (N) 76,814—Кислорода (O) 23,186 } Во 100
Объемныхъ „ „ „ 79, 04— „ „ „ 20, 96 } частяхъ

Отсюда въ атмосферномъ воздухѣ соотвѣтствуетъ:

1 объемъ O—3,771	объемамъ N	1 час. по вѣсу O—3,313	ч. по в. N
1 „ N—0,265	„ O	1 „ „ „ N—0,302	„ „ „ O
1 „ O—3,663	вѣсамъ N	1 „ „ „ O—3,401	объем. N
1 „ N—0,293	„ O	1 „ „ „ N—0,273	„ O

Для раств. съ 0% NaCl	1	3	5	8	10	15	20	26
Точки замерзання при — град С	0,76	2,28	3,78	5,99	7,44	10,99	14,44	18,42

Г. Поглощеніе газовъ въ водѣ.

Одна часть (по объему) воды при 760 мм. давленія поглощаетъ объемныхъ частей газа при 0° и 760 мм. бар. $C = A - Bt + Ct^2$, если t температура въ градусахъ C . Таблица даетъ постоянныя A , B и C для различныхъ газовъ.

Г а з ы.	A.	B.	C.	при:
Атмосферный воздухъ .	0.024706	0,0006554	0,000013547	0—20°
Азотъ.	0,020346	0,00053884	0,000011156	тоже
Кислородъ	0,041159	0,00108986	0,000022563	тоже
Угльная кислота.	1,7967	0,07761	0,0016424	тоже
Окись углерода.	0,032874	0,00081632	0,000016421	тоже
Рудничный газъ	0,05449	0,0011807	0,000010278	тоже
Хлоръ.	3,0361	0,046196	0,0001107	0—40°
Сѣрнистый водородъ.	4,3706	0,083687	0,0005213	тоже
Сѣрная кислота.	79,789	2,6077	0,029349	0—20°
„ „	75,182	2,1716	0,01903	21°—40°

IV. Механика.

А. Сопротивленія движенію.

а. Треніе скользящее (перваго рода).

1) Треніе измѣняется съ давленіемъ на единицу площади и съ скоростію движенія, и именно при большихъ величинахъ оныхъ.

2) Коэффициентъ тренія μ есть $\frac{\text{сопротивленіе отъ тренія}}{\text{нормальное давленіе}}$
 $\frac{W}{N}$; онъ постояненъ для данныхъ двухъ матеріаловъ, если состояніе ихъ поверхностей остается неизмѣненнымъ. Уголъ тренія ρ есть тотъ уголъ наклона плоскости къ горизонту, при которомъ тѣло только что начинаетъ скользить по этой плоскости; $\mu = \operatorname{tg} \rho$.

3) Таблица коэффициентов трения по Морену.

Названіе тѣл.	Положеніе волоконъ.	Состояніе по- верхностей.	Скользашее треніе.		Трен. шиповъ. Смазка возоб- новляется	
			въ покоѣ	въ движе- ніи.	обыкн. образ.	непре- рывно.
Чугунъ по чугуну или по бронзѣ.	—	{ немн. жир. смазаны водою	0,16 — —	0,15 — 0,31	0,14 0,07 —	0,054 — 0,28
Желѣзо по чугу- ну или по бронзѣ	—	{ сухія нѣск. жир. смазаны	0,19 — —	0,18 — —	— 0,25 0,07	— — 0,054
Желѣзо по жел.	—	{ сухія нѣск. жир.	— 0,13	0,44 —	— —	— —
Бронза по чугуну.	—	{ сухія смазаны	— —	0,29 —	0,09 —	— 0045005
Бронза по желѣзу	—	нѣскол. жир.	0,16	—	—	—
Брон. по бронзѣ	—	сухія.	0,20	0,10	—	—
Чуг. по бакауту.	—	{ жирны смазаны	— —	— —	0,10 0,07	0,090 —
Жел. по бакауту.	—	{ жирны смазаны	— —	— —	0,19 0,11	— 0,07
Бакаутъ по бак.	—	смазаны	—	—	—	—
Чугунъ по дубу.	парал.	{ сухія тоже съ водою	— 0,65	0,49 0,22	— —	— —
	тоже	{ съ сух. мыл.	—	0,19	—	—
Желѣзо по дубу.	парал.	{ съ водою тоже съ саломъ	0,65 0,11	0,26 0,08	— —	— —
Латунь по дубу.	тоже	сухія	0,62	—	—	—
Дубъ по дубу.	парал.	{ сухія тоже съ сух. мыл.	0,62 0,44	0,48 0,16	— —	— —
	перпен	{ сухія съ водою	0,54 0,71	0,34 0,25	— —	— —
Кож. рем. по чуг.	—	сухія	0,28	—	—	—
„ „ под бар.	—	сухія	0,47	0,27	—	—
Пеньк. кан. подуб.	парал.	сухія	0,80	0,52	—	—
Кожавъ поршин.	—	{ съ водою съ мас., мыл	0,62 0,12	— —	— —	— —

4) Коэффициенты трения по опытам Реннле.

Давление въ kg на кв. сант.	Желѣзо по желѣзу.	Чугунъ по желѣзу.	Сталь по желѣзу.	Латунь по желѣзу.	Примѣчаніе.
Коэффициенты тренія въ движеніи.					
8,7885	0,140	0,174	0,166	0,057	Поверхности
13,0773	0,250	0,275	0,300	0,225	были смазаны
15,7490	0,270	0,292	0,333	0,219	и потомъ вы-
18,2800	0,285	0,321	0,340	0,214	терты, такъ
20,9518	0,297	0,329	0,344	0,211	что слой смаз-
23,6235	0,312	0,333	0,347	0,215	ки не могъ
26,2249	0,350	0,351	0,357	0,206	препятство-
27,4201	0,376	0,363	0,353	0,205	вать тѣсному
31,4980	0,395	0,365	0,354	0,208	соприкосно-
34,0994	0,403	0,366	0,356	0,221	венію ихъ.
36,7711	0,409	0,366	0,357	0,223	
39,3725	—	0,367	0,358	0,233	
42,1848	—	0,367	0,359	0,234	
44,5753	—	0,367	0,367	0,235	
47,2470	—	0,376	0,403	0,233	

в. Треніе шиповъ и пятниковъ.

1) Если P давленіе на пятникъ или на шипъ, то моментъ тренія M относительно оси вращенія при r —радіусъ шипа

для пятн. сплошн. $M=0,666\mu Pr$ и для колецъ. $M=0,666\mu P \frac{r_3^2 - r_2^2}{r_3^2 - r_2^2}$

„ горизонт. шипа $M=\mu_1 Pr$.

2) Работа, расходуемая на треніе, при n оборотахъ вала въ минуту

$$A=\pi n M:30=0,1047nM \text{ въ секунду}$$

для пятниковъ сплошныхъ $A=\frac{2}{3} \frac{\mu \pi r P n}{30}$; для шиповъ $A=\frac{\mu \pi r P n}{60}$.

3) Если P давленіе, производимое шатуномъ или эксцентриковою тягою, r радіусъ пальца кривошипа или эксцентрика, тогда потеря работы отъ тренія $=0,1047\mu r P n$.

4) Шипы и пятники тѣмъ выгоднѣе, чѣмъ менѣе ихъ моментъ тренія и чѣмъ менѣе ихъ истираніе; въ этомъ отношеніи сплошные плоскіе пятники и цилиндр. шипы суть самыя лучшіе.

5) Опыты Кирхвегера въ Ганноверѣ надъ осями (железнодорожныхъ вагоновъ) изъ желѣза и литой стали при смазкѣ рѣннымъ масломъ въ подшипникахъ изъ оловянной композиціи дали $\mu_1=0,009$ до 0,01 и для бронзовыхъ вкладышей $\mu_1=0,014$; при этомъ μ_1 является независимымъ отъ давленія и скорости, которая измѣнялась отъ 10 до 360 оборотовъ.

Примѣръ 1. Платформа строгальной машины вѣситъ 700 kg, а обстрагиваемая на ней вещь 300 kg, слѣд. обѣ 1000 kg. Эта платформа двигается съ скоростью 0,1m. Какъ велико треніе и сколько оно поглощаетъ работы въ секунду.

Примемъ коэффициентъ тренія $\mu=0,08$

Треніе $R=\mu N=1000 \times 0,08 = 80 \text{ kg}$

Поглощаемая работа $A=80 \times 0,1=8 \text{ kgmetr.}$

Примръ 2. Какъ велика работа, теряемая отъ тренія шиповъ маховика, вѣсящаго съ осью 2400 kg и дѣлающаго 36 оборотовъ въ минуту, если толщина шиповъ 0,12m и коэффициентъ тренія примемъ $=0,06$?

Треніе двухъ шиповъ будетъ $2400 \times 0,06=144 \text{ kg.}$

Скорость на окружности шиповъ $0,12 \times 3,14 \times \frac{36}{60}=0,226 \text{ m.}$

Потерянная работа $144 \times 0,226=32,5 \text{ kgmetr}=0,43 \text{ лошади.}$

Можно взять прямо по формулѣ $R = \frac{\mu \pi d \cdot P n}{60} = \frac{0,06 \cdot 3,14 \cdot 0,12 \cdot 2400 \cdot 36}{60} = 32,5 \text{ kgmet.}$

Примръ 3. Горизонтальный желѣзный валъ толщиною 0,1m и 500m длиною дѣлаетъ 50 оборотовъ въ минуту. Водяное колесо передаетъ ему 20 лошадиныхъ силъ.

Какую работу можетъ отдать этотъ валъ на другомъ концѣ, если треніе происходитъ только отъ его вѣса?

Вѣсъ вала, $61,2 \times 500=30600 \text{ килограммовъ.}$

Коэффициентъ тренія примемъ $=0,06$.

Треніе отъ вѣса вала $36000 \times 0,06=1836 \text{ kg.}$

Скорость на окружности вала $0,1 \times 3,14 \cdot \frac{50}{60}=0,242 \text{ m.}$

Работа, поглощаемая треніемъ въ секунду $1836 \times 0,242=444,3 \text{ kgmet}=5,92 \text{ лш.}$ Работа, которую валъ можетъ отдать 20 — $5,92=14,08 \text{ лш. силъ.}$

Можно представить себѣ такую длину вала, при которой вся передаваемая валу работа будетъ поглощаться треніемъ. Эта длина въ настоящемъ случаѣ будетъ $\frac{500 \cdot 20}{5,92}=1689 \text{ метровъ,}$ предполагая валъ повсюду равной толщины. Но вслѣдствіе необходимыхъ соединений, увеличивающихъ вѣсъ вала, эта длина будетъ соответственно меньше.

с. Треніе въ зубчатыхъ колесахъ.

Если Q взаимное давленіе зубцовъ по окружности, M и m числа зубцовъ колесъ, R и r ихъ радіусы въ метрахъ, α уголъ между осями конич. колесъ, μ коэф. тренія, s шагъ, F сила въ kg на окружности колесъ, преодолевающая треніе зубцовъ и e работа въ kgmet, необходимая для преодоленія тренія зубцовъ, n число оборотовъ большаго колеса въ минуту, то приблизительно:

а) для цилинд. колесъ съ внѣшнимъ зацепленіемъ

$$F = \mu Q \pi \left(\frac{1}{M} + \frac{1}{m} \right) = \frac{1}{2} \mu s \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{r} \right)$$

$$e = 0,1047 n R \mu Q \pi \left(\frac{1}{M} + \frac{1}{m} \right)$$

со внутренним зацеплением

$$F = \mu Q \pi \left(\frac{1}{m} - \frac{1}{M} \right) = \frac{1}{2} \mu S \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{r} \right)$$

$$e = 0,1047 \pi R \mu Q \pi \left(\frac{1}{m} - \frac{1}{M} \right)$$

б) для конических колес $F = \mu O \pi \sqrt{\frac{1}{m^2} + \frac{1}{M^2} + \frac{2}{Mm} \cos \alpha}$

$$e = 0,1047 \pi R \mu Q \pi \sqrt{\frac{1}{m^2} + \frac{1}{M^2} + \frac{2}{Mm} \cos \alpha}.$$

Примръ. При $\mu = 0,12$ и $S = 5$ ст., при $r = R = 20$ ст. отношение между потерей работы и передаваемой работой $= \frac{1}{2} \cdot 5 \cdot 0,12 \left(\frac{1}{20} + \frac{1}{20} \right) = 0,03$. Въ практикѣ обыкновенно считаютъ потерю работы отъ тренія зубцовъ не выше 5% передаваемой работы.

д. Трение катящихся тѣлъ (второго рода).

1) Оно происходитъ тогда, если цилиндрическое тѣло катится по неупругой плоскости. Оно пропорціонально давленію цилиндра или колеса, или катка на его опорную поверхность и обратно пропорціонально радіусу колеса. По Редтенбахеру это сопротивление уменьшается, если опорная поверхность тверда, а ширина колеса велика.

Если P горизонтальная сила, которая заставляетъ двигаться катокъ или цилиндръ радіуса r въ сант. и вѣсомъ G по горизонтальной плоскости и f коеф. третія второго рода, то приблизительно

$$P = f \frac{G}{h}$$

если h разстояніе силы P до опорной поверхности; если сила проходитъ черезъ центръ катка, $h = r$; а если она касательна къ катку, $h = 2r$.

2. Если тѣло вѣсомъ Q передвигается на каткахъ по горизонт. направленію, то необходимая для этого гориз. сила для преодоленія тренія 2-го рода:

$$P = (f_1 + f_2) \frac{Q}{2r} + f_1 \frac{G}{r}.$$

гдѣ f_1 и f_2 коэффициенты тренія между катками и опорной поверхностію и между катками и платформою съ грузомъ Q .

3. Для движенія на колесахъ, изъ коихъ m -ое несетъ грузъ Q необходима гориз. сила.

$$P_m = \frac{Q_m}{R} \left\{ f + \mu_1 r \right\} + \frac{fG}{R}$$

G вѣсъ колеса; R и r радіусы колеса и шипа.

4. *Коеффициентъ тренія.* Если r выражено въ сантиметрахъ, то по Кулому:

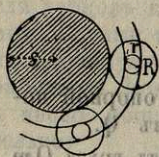
$f=0,081$ для катковъ изъ твердаго дерева по дереву.
 $f=0,154$ для катковъ изъ камня по камню.
 $f=0,055$ для чугунныхъ колесъ по чугуннымъ рельсамъ.
 $f=0,050$ для желѣзныхъ колесъ на желѣзнодорожныхъ рельсахъ (по Вуду).

Примѣръ 1. Желѣзнодорожный вагонъ имѣетъ колеса радіусомъ въ 50 ст.; радіусъ осей $=4$ ст. и вѣсъ вагона $=P$. Сопротивленіе отъ катящагося тренія $=0,05 \frac{P}{50} = 0,001 P$. Коэф. тренія для осей примемъ $=0,045$. Треніе осей на ихъ окружности $=0,83 P \times 0,045 = 0,0373 P$. Треніе осей, отнесенное къ окружности колеса $=0,0373 P \times \frac{4}{50} = 0,003 P$. Сумма обоихъ сопротивленій $=0,001 P + 0,003 P = 0,004 P$. Отсюда видно, что треніе осей въ 3 раза больше катящагося тренія и общее сопротивленіе $=\frac{1}{250}$ вѣса вагона.

Примѣръ 2. Движеніе катящейся балки. Нагрузка ворота $=15000$, его вѣсъ 5000 , вѣсъ балокъ 5000 ; всего $Q=25000$. Въ самомъ невыгодномъ положеніи, когда воротъ стоитъ возлѣ одного изъ концевъ, на шипы обоихъ концевъ приходится грузъ $Q=10000$. Диаметръ шипа $d=0,12\sqrt{5000}=8,5$ ст. Диаметръ колеса $6d=52$ ст. Необходимая горизонт. сила на колесо на нагруженной сторонѣ $=\frac{\mu r + f}{R} Q_1 = \frac{0,07 \cdot 4,25 + 0,05}{26} 10000 = 134$ klg. Для двухъ колесъ 268 . На менѣе нагруженной сторонѣ для 1 колеса $=\frac{0,07 \cdot 4,25 + 0,05}{2} 3500 = 48$; для двухъ 96 . Вся сила $P=96 + 268 = 364$ klg. Моментъ тренія. $M=364 \times 26 = 9584$ klgm. Сюда еще прибавится 15% потери отъ тренія при употребленіи 3 паръ колесъ $=11276$ klgm. Моментъ на кривошипѣ $=1125$ klgm.

3. Фрикціонные ролики. Если ρ радіусъ опирающагося на ролики вала, R и r радіусы фрикціонныхъ роликовъ и ихъ шиповъ, D давленіе на шипы отъ ρ , то моментъ тренія:

$$M = f \frac{r}{R} D \rho.$$



Помощію фрикціонныхъ роликовъ сопротивленіе отъ тренія уменьшается въ отношеніи $\frac{r}{R}$.

4. Сопротивленіе желѣзнодорожнаго поезда, если Q въ тоннахъ:

а) на ровномъ пути W_1 приблизительно $\frac{1}{200} - \frac{1}{300} Q$.

б) на подъемѣ $W_2 = Q \sin \alpha = Q \frac{H}{L}$.

с) въ закругленіи
$$\begin{cases} W_2 = Qf \frac{S+e}{2R} \text{ (по Редтенбахеру).} \\ W_3 = \frac{75}{R} W_1 \text{ (по Кларку).} \end{cases}$$

Гдѣ S ширина колеса, e разстояніе между колесами и R радиусъ закругленія.

5. *Сопротивленіе локомотива*, если Q' вѣсъ локомотива,

$$W_4 = \frac{1}{25} - \frac{1}{80} Q'$$

Коэффициенты для подъема и закругленія опредѣляются, какъ выше.

6. *Сопротивленіе повозокъ*. Отношеніе горизонтальной тяги на горизонтальной дорогѣ къ грузу:

на худой дорогѣ, въ рыхломъ пескѣ или въ рыхломъ

100—130 mm толщиной слой хряща.	$\frac{1}{10} - \frac{1}{5}$
на грязномъ, извѣженномъ шоссе.	$\frac{1}{20} - \frac{1}{12}$
на хорошемъ шоссе.	$\frac{1}{50} - \frac{1}{3}$
на обыкновенной мостовой.	$\frac{1}{40} - \frac{1}{50}$
на очень хорошей мостовой.	$\frac{1}{50} - \frac{1}{60}$

Эти данныя предполагаютъ средній діаметръ колесъ 1,25 метра и ширину ободьевъ отъ 100 до 120 миллимет. Сопротивленіе повозокъ почти обратно пропорціонально діаметру колесъ. На пути

съ наклономъ $\frac{1}{h}$ тянущая сила уменьшается или увеличивается на $\frac{1}{h}$

груза. Если движеніе повозки дѣлается помощью зубчатыхъ колесъ, то давленіе на зубцы того колеса, которое имѣетъ тотъ же діаметръ и тоже число оборотовъ какъ ведущія колеса, равно тянущей силѣ.

В. Жесткость канатовъ и цѣпей.

Точное вычисленіе сопротивленія отъ жесткости для практическихъ цѣлей бесполезно, а приблизительно это сопротивленіе выражается такъ:

При натяженіи Q для несмоленной пеньковой веревки діаметромъ δ перекинутой по валу или блоку діаметромъ d , жесткость $K = k \frac{\delta^2}{d} Q$, гдѣ $K=0,26$ если δ и d выражены въ сантиметрахъ.

Для цѣпи, съ діаметромъ δ цѣпнаго желѣза, коэффициентъ $K\delta^2$ мѣняется на 0,16 δ при выраженіи δ и d въ сантиметрахъ.

С. Простыя машины.

1) *Рычагъ*. Силы обратно пропорціональны ихъ плечамъ.

2) *Блоки и ихъ системы*. Если P сила, необходимая для подъема при помощи блоковъ, груза Q , и k коэффициентъ сопротивленія на блокъ, средн. числ.=1,05 при цѣпяхъ и=1,10 при пеньковыхъ канатахъ, то будетъ:

а) Для блока *неподвижнаго*, служащаго только для измѣненія направленія силы, $P=kQ$.

б) Для блока *подвижнаго*, при параллельности концовъ веревки, охватывающей подвижной блокъ, $P=1/2kQ$.

в) Для *полиспастовъ*, состоящихъ изъ одинаковаго числа подвижныхъ и неподвижныхъ блоковъ, заключенныхъ въ двухъ такихъ же обоймицахъ, если $2n$ число всѣхъ блоковъ полиспаста,

$P = \frac{k^{2n}(k-1)}{k^{2n}-1} Q$; или, пренебрегая сопротивленіями, когда $k=1$,

$$P = \frac{Q}{2^n}.$$

По Редтенбахеру важнѣйшія данныя для полиспастовъ по диаметру d веревки или желѣза цѣпи въ сантим. опредѣляются слѣдующими отношеніями:

Полиспасты.	Веревочные.			Цѣпные.		
Число $2n$ блоковъ въ обоймицахъ	4	6	8	4	6	8
Диаметръ D блоковъ	$7d$	$7d$	$7d$	$21d$	$21d$	$21d$
Диаметръ оси блоковъ и шиповъ поперечины большаго крючка	$0,9d$	$1,1d$	$1,2d$	$3,5d$	$4d$	$4,35d$
Рабочее усиліе P на свободный конецъ	$80d^2$	$80d^2$	$80d^2$	$950d^2$	$950d^2$	$950d^2$
Поднимаемый безопасно грузъ Q	$266d^2$	$370d^2$	$461d^2$	$3154d^2$	$4389d^2$	$5472d^2$
Отношеніе $Q:P$ ($K=1,08$).	3,375	4,825	5,762	3,32	4,62	5,736

д) Для *дифференціальныхъ* блоковъ, съ радіусами верхняго двойнаго блока, большимъ R и меньшимъ r , $P = \frac{k^2-m}{1+k} Q$, гдѣ

$m = \frac{r}{R}$; и грузъ Q удерживается въ равновѣсіи самъ собою на всякой высотѣ, когда $\frac{r}{R} = m \geq \frac{1}{k^2}$ или когда $m \geq \frac{1}{1,025}$. Обычно $m = 10/11$ или $11/12$.

3) *Воротъ*. Движущая сила P и поднимаемый ею грузъ Q обратно пропорціональны разстояніямъ ихъ p и q до оси вращенія, т. е. радіусамъ колеса и вала ворота; или $Pp=Qq$, слѣдоват.

$$P = Q \frac{q}{p}.$$

Для ворота съ зубчатымъ зацепленіемъ или для одиночной лебедки, если r радіусъ шестерни на оси рукоятки, съ плечомъ p , и

R радиус колеса на валу лебедки, радиусомъ q , считая до середины каната, и $k=1,1$ коэффициентъ сопротивленія, то

$$P = k Q \frac{q}{p} \cdot \frac{r}{R}$$

Сила P принимается $12\frac{1}{2}$ килогр. (около 1 пуда) на рабочего; а если она выходитъ болѣе, то ставится двойная лебедка, когда

$\frac{r}{R}$ мѣняется на $\frac{r_1}{R_1} \cdot \frac{r_2}{R_2}$, если R_1 и R_2 радиусы колесъ, а r_1 и r_2 радиусы шестерней такой лебедки, и $k=1,15$ до 1,2.

Примиръ къ 2 с. Подъемная сила крана $Q=5000$ kg. Полиспасть имѣетъ 1 неподвижный и 1 подвижной блокъ; слѣд. $n=2$, $k=1,1$. Натяженіе цѣпи $P = Q \frac{k^{2n}(k-1)}{k^{2n}-1} = \frac{5000 \cdot 0,121}{0,21} = 2880$ kg.

Если верхнихъ блоковъ 3, а нижнихъ подвижныхъ 2, то при $Q=5000$ kg и $k=1,062$, сила на свободномъ концѣ цѣпи $P = Q \frac{k^{2n}(k-1)}{k^{2n}-1} = 5000 \frac{1,062^4(1,062-1)}{1,062^5-1} = \frac{5000 \cdot 1,2637 \cdot 0,06}{1,3387-1} = \frac{5000 \cdot 0,07582}{0,3387} = 1120$ kg.

Примиръ къ 3. Натяженіе цѣпи, навивающейся на барабанъ ворота, $Q=2880$ kg. Толщина цѣпнаго желѣза $\delta=0,032\sqrt{2880} = 1,7$ ст. Диаметръ барабана ворота $2q=22\delta=37,4$ ст. Теоретическій моментъ груза $Qq=2880 \cdot 18,7=53856$. На треніе въ 2 парахъ зубчатыхъ колесъ 10% , на треніе осей 5% , т. е. всего 15% , то дѣйствительный моментъ груза $=PR$ 100: $15=63360$ kgcm. Моментъ силы на рукояткѣ (при $p=40$ ст. и при 4 рабочихъ) $=4 \cdot 40 \cdot 12,5=2000$ kgcm. Слѣд. $Pp=kQq \frac{r}{R} \cdot \frac{r_1}{R_1} 2000=1,15 \cdot 53856 \frac{r}{R} \cdot \frac{r_1}{R_1}$, откуда $R \cdot R_1 : rr_1=32$; можно взять $R:r=6$; $R_1:r_1=5,4$. Первая передача $r=8$; $R=48$ ст.; чис. зубц. 18 и 108 шагъ 2,8 ст.; вторая передача $r_1=12,5$; $R_1=67,5$; зубцовъ 14 и 76, шагъ 5,5 ст. Длина навиваемой на барабанъ цѣпи $=12,2$ ст.; ширина звѣна $3,5\delta=6$ ст. Число оборотовъ цѣпи $1220:117=10,4$. При зазорѣ 0,5 ст. между 2 сосѣдними звѣнами длина барабана $L=10,5 \cdot 6,5=68$ ст. Диаметры валовъ по $d=0,29\sqrt{M}$ для 1-го $=3,66$ ст., 2-го $=6,6$ ст. и 3-го $=11,6$ ст.

4) *Наклонная плоскость.* Если на плоскости, наклоненной подъ угломъ α къ горизонту, лежитъ тѣло, съ угломъ тренія φ , и вѣсомъ G , то для подъема тѣла (верхніе знаки) или для сдерживанія его при спускѣ (нижніе знаки), необходима сила:

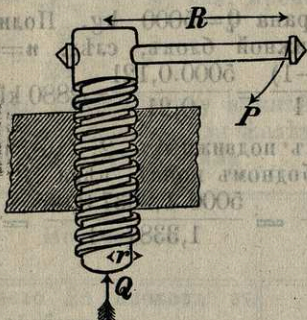
$$\left. \begin{array}{l} \text{Направленная параллельно плоскости, } P=G \operatorname{tg} (\alpha \pm \varphi) \\ \text{Составляющая съ плоскостію уголъ } \beta, \\ \text{или съ горизонтомъ уголъ } (\alpha + \beta) \end{array} \right\} P = G \frac{\sin (\alpha \pm \varphi)}{\cos (\beta \mp \varphi)}$$

5) *Клинъ.* Для равнобедреннаго клина, съ угломъ заостренія α ,

шириною головки a и высотой или длиной h , при коэффициенте трения f щеки клина о нажимаемую ею поверхность, сила P , действующая перпендикулярно къ головѣ клина и преодолевающая сопротивление Q , параллельное этой головѣ или перпендикулярное къ направленію силы P , будетъ:

$$P = 2Q(tg \frac{1}{2} \alpha + f) = Q \left(\frac{a}{b} + 2f \right)$$

6) *Винтъ. 1. Плоская наръзка.* (фиг. 15.) Если давление Q преодолевается силою P , действующею на рукоятъ R , посредствомъ винта съ плоскою или прямоугольною наръзкою, наклоненною подъ угломъ α къ горизонту, то имѣемъ:



$$\frac{PR}{r} = Qtg(\alpha + \rho),$$

гдѣ ρ есть уголъ тренія, а r средній радіусъ винта.

Степень дѣйствительности

$$\eta = \frac{tg \alpha}{tg(\alpha + \rho)}$$

Фиг. 15.

будетъ maximum для $\alpha = \frac{\pi}{4} - \frac{\rho}{2}$;

($\alpha = 0$ и $\alpha = \frac{\pi}{2} - \rho$ дѣлаютъ $\eta = 0$). Этой величинѣ удовлетворяетъ довольно сильная наклонность и потому большое число оборотовъ винта; для произведенія большаго давленія, часто, съ невыгодою, дѣлаютъ такіе винты (въ прессахъ $tg \alpha = 0,04$).

2) *Острая наръзка:* Если r будетъ радіусъ средней винтовой линіи, производящая линія винтовой поверхности образуетъ β , а касательная α съ горизонтальной плоскостью, то:

$$\frac{PR}{r} = \frac{tg \alpha + \mu \cos \alpha \sqrt{1 + tg^2 \alpha + tg^2 \beta}}{1 - \mu \sin \alpha \sqrt{1 + tg^2 \alpha + tg^2 \beta}} Q.$$

Изъ этого уравненія выходитъ, что сила $P \frac{R}{r}$ возрастаетъ вмѣстѣ съ угломъ β ; она будетъ minimum для $\beta = 0$, следовательно для плоскаго винта и потому этотъ послѣдній годится лучше всего для прессовъ; треугольная же наръзка лучше для закрѣпкахъ винтовъ.

Обыкновенно поперечное сѣченіе наръзки бываетъ равнобедренный треугольникъ, у котораго уголъ 2β приблизительно $= 55^\circ$ и уголъ наклоненія α не великъ. При такихъ предположеніяхъ имѣемъ формулу:

$$\frac{PR}{r} = \frac{tg \alpha + 1,15 \mu}{1 - 1,15 \mu tg \alpha} Q.$$

Въ закрѣпкахъ винтахъ, кромѣ тренія по наръзкѣ, надобно

34200 kg. Винтъ рассчитывается на сжатіе по: $nP = \frac{\pi^2 EJ}{l^2} = \frac{\pi^2 E \pi d^2}{l^2 64}$ (см. сопр. мат.); при $n=8$; $E=2750000$; $l=200$ ст. будетъ $d_6 = 9,5$ ст. Примемъ ходъ винта $s=2,0$ ст.; глубина нарезки 1 ст.; наружный діаметръ винта $d_n=11,5$ ст., средний $d_c=10,5$ ст. Гайка (изъ фосфор. бронзы). Тангенціальная сила на среднемъ діаметрѣ $T=P_1 \operatorname{tg}(\alpha+\rho)$; пусть коэф. тренія $\mu=0,08$; то $\operatorname{arctg} \mu=4^{\circ}34'26''=\rho$ и $\alpha=\operatorname{arctg}\left(\frac{s}{\pi d_c}\right)=3^{\circ}28'11''$. Поэтому $T=34200 \operatorname{tg} 8^{\circ} 2'37''=4833$ klg. Моментъ тренія въ гайкѣ $M_1 = 0,5 T d_c = 4833 \cdot 10,5 \cdot 0,5 = 25373$ kgctm. Сюда прибавляется еще треніе гайки объ ея опору (гайка удерживается отъ осевого передвиганія двумя досками верхушки прессы, отчего происходитъ при прессованіи сильное треніе гайки объ верхнюю доску. Это треніе $R=\mu P_1$; $\mu=0,1$ и $R=3420$ klg. Эта сила дѣйствуетъ на срединѣ трущейся поверхности, т. е. на разстояніи $r=9$ ст. отъ центра, что соотвѣтствуетъ моменту $M_2=9 \cdot 3420=30780$ kgctm. Для уменьшенія этой потери устроено 6 стальныхъ коническихъ каточковъ, бѣгающихъ по стальному кольцу, вдѣланному въ верхнюю доску прессы. Сила Q для преодоленія этого тренія для цилиндрическихъ катковъ $Qr=P_1(f_1+f_2)$. Чтобы получить эту силу для конуса раздѣлимъ его на узкіе цилиндр. ролики шириною dl и тогда для элементарнаго ролика $q=\frac{P_1}{L} \frac{dl}{r} (f_1+f_2)$ и чрезъ интегрированіе отъ 0 до L получимъ $Q=(f_1+f_2) \frac{P_1}{r_1-r_0} \log \operatorname{nat} \frac{r_1}{r_0}$. Примемъ $f_1=f_2=0,05$; $r_1=2$ ст.; $r_0=1,5$ ст. и $Q=1915,2$ kg. Эта сила дѣйствуетъ на разстояніи $l_1=10$ ст. отъ оси винта; ей соотвѣтствуетъ моментъ $M_2=19152$ kgctm. Слѣд. устройство фрикціонныхъ роликковъ доставляетъ значительную выгоду. Полный моментъ тренія гайки $M=M_1+M_2=44525$ kgcm. Косозубчатое (червячное) колесо. Радиусъ ему приданъ $r_2=33$ ст. и $Z_2=45$; шагъ $t=2\pi r_2$; $Z_2=4,6$ с. и тол. зубца $\alpha=4,6:2,1=2,2$ ст.; шир. $4,2,2=8,8$ ст. Поэтому тангенціальная сила $P=M_2$; $r_2=44525:33=1349$ kg. Но $\alpha=3\sqrt{\frac{\alpha P}{\beta k}}$ и $K=627$ kg. на кв. ст. Это есть довольно большой (какъ увидимъ далѣе) коэф. допускаемаго сопротивленія; но можно его удержать, ибо ходъ очень спокойный, расчетъ веденъ на самыя неблагопріятныя условія и желательно, чтобы колесо не было громоздко. *Безконечный винтъ* (червякъ) изъ чугуна. Пусть уголъ подъема винта $\operatorname{tg} \beta_2=0,15$; то полезное дѣйствіе винта ($\eta=0,48$; $M_1=M_2 \frac{Z_1}{Z_2} \frac{1}{2}$. Винтъ однооборотный, т. е. тогда $Z_1=1$ и $M_1=44525 \frac{1}{45} \frac{1}{0,48}=2061,3$ klgcm. Далѣе $r_1=r_2 \frac{z_1}{z_2} \frac{1}{\operatorname{tg} \beta_2}=4,9$ или почти 5 ст. *Передача*. Ходъ прессовой доски $H=133,3$ ст., время прессованія 25 мин.; путь въ минуту $133,3:25=5,34$ ст. Подъемъ винта 2 ст., слѣд. число оборотовъ $5,34:2=2,67$ въ мин. Отношеніе передачи $i=120:2,67=45$ обор. въ мин. Т. к. передача

винтоваго колеса=45, то передача шкивовъ=1, т. е. валъ съ червяками долженъ дѣлать тоже 120 обор. въ минуту.

V. Гидравлика.

а. Теоретическія величины скорости и количества вытекающей воды при постоянномъ ея горизонтѣ (давленіи).

1) *Отверстіе въ горизонтальной стѣнкѣ.* Теоретическая скорость истечения при высотѣ давленія или при напорѣ h будетъ $v = \sqrt{2yh} = 4,429\sqrt{h}$, т. е. скорость вытекающей воды = конечной скорости тѣла, свободно падающаго съ высоты, равной напору.

Для отверстія съ площадью q теоретическое количество вытекающей воды

$$Q = 4,429\sqrt{h} \times q$$

Гидравлическая высота давленія H , т. е. высота, которая во всякой точкѣ сосуда соотвѣтствуетъ при движущейся водѣ давленію на стѣнки сосуда, равна гидростатическому, уменьшенному на разность между высотами скоростей въ этомъ мѣстѣ и у входа. Если верхняя поверхность воды при входѣ очень велика, то скорость притока можно оставить безъ вниманія, такъ что гидравлическая высота давленія будетъ менѣ гидростатической только на

высоту скорости. — $H = h - \frac{v^2}{2g}$.

2) *Отверстіе въ вертикальной стѣнкѣ.* Средняя скорость истечения —

$$v = \frac{\text{истекающему количеству воды}}{\text{поперечное сѣченіе отверстія.}}$$

а. Если отверстіе представляетъ вырѣзку въ стѣнкѣ, то

$$v = 0,66\sqrt{2gh} \text{ и } Q = 0,66hb\sqrt{2gh},$$

гдѣ b ширина вырѣзки и h глубина нижняго ребра вырѣзки подъ уровнемъ воды.

б. Для трапецевидной вырѣзки съ верхнею шириною B при уровнѣ воды

$$v = \frac{4}{15} \frac{2B+3b}{B+b} \sqrt{2gh}; Q = \frac{2}{15} (2B+3b)h \sqrt{2gh}.$$

γ. Если все отверстие лежитъ подъ водою, то при средней высотѣ давленія h

$$v = \left[1 - \frac{1}{96} \left(\frac{a}{h} \right)^2 \right] \text{ и } v = \left[1 - \frac{1}{32} \left(\frac{r}{h} \right)^2 - \frac{5}{1024} \left(\frac{r}{h} \right)^4 \right] \sqrt{2gh}$$

для прямоугольника
съ высотой a

для круга съ радиусомъ r .

б. Дѣйствительныя величины скорости и количества вытекающей воды при постоянномъ давленіи.

1) Дѣйствительная скорость и расходъ (количество вытекающей) воды всегда меньше теоретическихъ; это происходитъ вслѣдствіе потери въ скорости отъ тренія и вслѣдствіе сжатія водяной струи.

При очень гладкомъ и правильно округленномъ отверстіи дѣйствительная скорость истеченія: $v_1 = 0,96$ до 98 v (т. е. только 96 до 98% теоретической); вообще $v_1 = \varphi v$, гдѣ φ есть *коэффициентъ скорости*. Дѣйств. вытекающее количество воды $Q_1 = \mu Q$, гдѣ μ коэф. расхода; для этихъ отверстій $\mu = \varphi = 0,96$ до $0,98$.

Для отверстій въ тонкой стѣнкѣ это отношеніе другое, такъ какъ струя воды послѣ выхода чрезъ такое отверстие значительно сжимается, такъ что сѣченіе струи q_1 остается только $0,64$ q (т. е. 64% отъ площади отверстія); вообще $q_1 = \alpha q$, гдѣ α *коэффициентъ сжатія*. При круглыхъ отверстіяхъ мѣсто наибольшаго сжатія струи находится отъ отверстія на разстояніи, равномъ $\frac{1}{6}$ диаметра отверстія.

Дѣйствительное количество вытекающей воды $Q_1 = \mu Q$, гдѣ μ коэффициентъ расхода; $\mu = \frac{Q_1}{Q} = \frac{q_1}{q} \times \frac{v_1}{v} = \alpha \varphi = 0,57$ до $0,66$; среднее $0,615$, т. е. дѣйствительный расходъ воды составляетъ только $61,5\%$ теоретическаго. $q \sqrt{2gh}$. При среднихъ: $\mu = 0,615$ и $\alpha = 0,64$ коэф. скорости для отверстій въ тонкой стѣнкѣ $\varphi = 0,96$.

Отношеніе потерянной высоты давленія къ дѣйствительной высотѣ давленія или *коэффициентъ сопротивленія*. $\zeta = \frac{1}{\varphi} - 1$; высота сопротивленія $h_1 = \zeta \frac{v_1^2}{2g}$; для отверстій въ тонкой стѣнкѣ и для округленныхъ $\zeta = 0,063$ (соотвѣтственно средней величинѣ $\varphi = 0,97$).

2) Сжатіе называется *неполнымъ*, если струя сжимается не со всѣхъ сторонъ отверстія, если напр. 2 или 3 стороны отверстія образуютъ прямолинейное продолженіе стѣнокъ резервуара, при этомъ μ увеличивается. Если p цѣлый и u — часть периметра (обвода) отверстія, на которой не происходитъ сжатія, и μ' коэф. расхода для неполнаго сжатія, то

для прямоугольных отверстій

для круглых

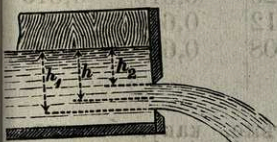
$$\mu' = \mu \left(1 + 0,155 \frac{u}{p} \right)$$

$$\mu' = \mu \left(1 + 0,128 \frac{u}{p} \right)$$

Сжатіе назыв. *несовершеннымъ*, если отверстіе въ сравненіи съ стѣнкою, въ которой оно продѣлано, не столь мало, чтобъ можно было воду предъ отверстіемъ разсматривать, какъ стоячую.

3) *Истеченіе чрезъ отверстіе въ вертикальной стѣнкѣ.*

а. При полномъ и совершенномъ сжатіи. Расходъ воды $Q = \mu q \sqrt{2gh}$. Слѣдующая таблица Понсле и Лебро содержитъ вели-



Фиг. 14.

чины μ для прямоугольных отверстій въ вертикальной тонкой стѣнкѣ при истеченіи въ свободный воздухъ, если высота давленія h_2 или высота воды надъ верхнимъ краемъ отверстій измѣрена въ такомъ разстояніи отъ отверстія, гдѣ вода вполне спокойна, слѣдов. не прямо надъ отверстіемъ.

Высота давленія h_2 въ мет.	Высота отверстій $h_1 - h_2$					
	0,20 m	0,10 m	0,05 m	0,03 m	0,02 m	0,01 m
0,015		0,593	0,612	0,632	0,660	0,697
0,020	0,572	0,596	0,615	0,634	0,659	0,694
0,030	0,578	0,600	0,620	0,638	0,659	0,688
0,040	0,582	0,603	0,623	0,640	0,658	0,683
0,050	0,585	0,605	0,625	0,640	0,658	0,679
0,060	0,587	0,607	0,627	0,640	0,657	0,676
0,070	0,588	0,609	0,628	0,639	0,656	0,673
0,080	0,589	0,610	0,629	0,638	0,656	0,670
0, 90	0,591	0,610	0,629	0,637	0,655	0,668
0,1	0,592	0,611	0,630	0,637	0,654	0,666
0,2	0,598	0,615	0,630	0,633	0,648	0,655
0,3	0,600	0,616	0,629	0,632	0,644	0,650
0,4	0,602	0,617	0,628	0,631	0,642	0,647
0,5	0,603	0,617	0,628	0,630	0,640	0,644

Высота давления h_1 въ мет.	Высота отверстій h_1-h_2					
	0,20 m	0,10 m	9,05 m	0,03 m	0,02 m	0,01 m
0,6	0,604	0,617	0,627	0,630	0,638	0,642
0,7	0,604	0,616	0,627	0,629	0,637	0,640
0,8	0,605	0,616	0,627	0,629	0,636	0,637
0,9	0,605	0,615	0,626	0,628	0,634	0,635
1,0	0,605	0,615	0,626	0,628	0,633	0,632
1,3	0,603	0,613	0,622	0,624	0,625	0,622
1,5	0,602	0,611	0,620	0,620	0,619	0,615
2,1	0,601	0,607	0,613	0,612	0,612	0,611
3,1	0,601	0,603	0,606	0,608	0,610	0,609

Величины этой таблицы остаются одѣ и тѣже, какую-бы сторону прямоугольника ни приняли за высоту, если только большій размѣръ превосходить меньшій не болѣе, чѣмъ въ 20 разъ (Лебро). По Вейсбаху эти-же величины годны для круглыхъ и по Гашетту для всякихъ отверстій, не содержащихъ выступающихъ угловъ.

β. При полномъ и несовершенномъ сжатіи. По Вейсбаху можно брать

$$\mu' = \mu[1 + 0.076(9^n - 1)] \quad \text{для прямоугольныхъ отверстій и} \quad \mu'' = \mu[1 + 0.04564(14.821^n - 1)] \quad \text{для круглыхъ}$$

гдѣ n отношеніе площади отверстія къ сѣченію подходящей воды и μ берется изъ таблицы 3а.

$n =$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$\mu' : \mu$	1,019	1,042	1,071	1,107	1,152	1,208	1,278	1,365	1,473	1,608
$\mu'' : \mu$	1,014	1,034	1,059	1,092	1,134	1,189	1,260	1,351	1,471	1,613

Если горизонтъ воды не спокойно стоящій, какъ до сихъ поръ предполагалось, но двигается (въ руслахъ) то по Вейсбаху коэффициентъ расхода при полномъ сжатіи $\mu_1 = \mu(1 + 0.641 m^2)$, гдѣ m отношеніе площади отверстія къ сѣченію канала.

$m =$	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45
$\mu_1 =$	1,002 μ	1,006 μ	1,014 μ	1,026 μ	1,04 μ	1,058 μ	1,079 μ	1,103 μ	1,13 μ

4) Коэффициенты расхода для отверстій, сопровождаемых лотками, т. е. для щитовых отверстій.

α. Если щитовое отверстие вертикально и лотокъ продолжает его, то $Q = \mu b h \sqrt{2gH}$, гдѣ H высота давленія, b ширина, h высота отверстія; при сжатіи со всѣхъ 4 сторонъ $\mu = 0,60$; при сжатіи съ 3 сторонъ $\mu = 0,63$; при сжатіи съ 2 сторонъ $\mu = 0,65$ и при сжатіи съ 1 стороны $\mu = 0,69$. Наклонъ лотка почти не имѣетъ замѣтнаго вліянія на коэф. сжатія.

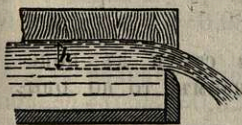
β. Если щитъ (ставень) наклоненъ и нѣтъ сжатія ни съ боковъ ни на днѣ отверстія (канала), то при углѣ наклона щита къ горизонту $= \beta$

$$\mu = 0,944 - 0,0032\beta \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{если } \beta = 40 \quad 45 \quad 50 \quad 55 \quad 60^\circ \\ \mu = 0,816 \quad 0,80 \quad 0,784 \quad 0,768 \quad 0,752 \end{array} \right.$$

Слѣд. наклонные щиты (напр. при водяныхъ колесахъ) пропускаютъ большее количество воды, чѣмъ вертикальные, и вытекающее количество воды тѣмъ больше, чѣмъ щитъ наклоннѣе.

5) Водосливъ. α. Если прямоугольное отверстие резервуара продолжается выше уровня воды въ немъ, то образуется водосливъ; его нижнее горизонт. ребро наз. вершиной, порогомъ или кроной. Водосливъ наз. *полный*, если уровень въ каналѣ, принимающемъ воду, лежитъ ниже порога водослива. — Если напр. требуется опре-

дѣлить полезное дѣйствіе водяного колеса или турбины, то нужно тщательно опредѣлить количество воды. Для этого въ отводномъ каналѣ устанавливаютъ искусственный водосливъ съ острою горизонтальною вершиною и острыми вертикальными стѣнками и тогда вычисляютъ коли-



Фиг. 17.

чество воды по слѣдующимъ правиламъ: $Q = \mu b h \sqrt{2gh}$, гдѣ b ширина, h толщина слоя переливающейся воды; величина μ существенно зависитъ отъ отношенія $b : B$ — ширины отверстія къ ширинѣ канала.

а. Величина μ по Д'Обюссону:

Если высота $h = 0,03$ до $0,22$ и не болѣе $0,33$ высоты порога надъ дномъ водослива и если водосливъ стоитъ вертикально и имѣетъ острия ребра, то довольно точно

$$\begin{array}{l} \text{Отн. шир.} = b : B = 1 \quad 0,9 \quad 0,8 \quad 0,7 \quad 0,6 \quad 0,5 \quad 0,4 \quad 0,3 \\ \text{Величина } \mu = 0,442 \quad 0,438 \quad 0,431 \quad 0,423 \quad 0,416 \quad 0,410 \quad 0,405 \quad 0,399 \end{array}$$

б. Величина μ по Брашману:

Если b больше $0,08$ m и порогъ водослива лежитъ, по крайней мѣрѣ $0,10$ m надъ дномъ канала, то величины μ для острореберчатаго, вертикальнаго водослива (въ метрахъ)

$$\mu = 0,3838 + 0,0386 \frac{b}{B} + 0,00053 \frac{1}{h}.$$

Слѣд. μ увеличивается, если b приближается къ B . При $b = B$, берутъ $\mu = 0,425$. Высота h уровня надъ порогомъ водослива измѣряется въ разстояніи $1-2^m$ позади водослива, гдѣ вода спо-

койна или же измѣряется высотой водяного столба въ открытой стеклянной трубкѣ, установленной непосредственно у водослива и доходящей почти до дна резервуара.

Относи- тельная ширина.	Величины коэффициента μ :							
	0,02	0,04 _m	0,06	0,09 _m	0,12 _m	0,18	0,24 _m	0,30 _m
0,05	0,412	0,399	0,394	0,392	0,390	0,389	0,388	0,388
0,07	0,413	0,400	0,395	0,392	0,391	0,389	0,389	0,388
0,10	0,414	0,401	0,396	0,393	0,392	0,391	0,390	0,389
0,15	0,416	0,403	0,398	0,395	0,394	0,393	0,392	0,391
0,20	0,418	0,405	0,400	0,397	0,396	0,394	0,394	0,393
0,30	0,422	0,409	0,404	0,401	0,400	0,398	0,398	0,397
0,40	0,426	0,412	0,408	0,405	0,404	0,402	0,401	0,401
0,50	0,430	0,416	0,412	0,409	0,407	0,406	0,405	0,405
0,60	0,433	0,420	0,416	0,413	0,411	0,410	0,409	0,409
0,70	0,437	0,424	0,420	0,417	0,415	0,414	0,413	0,413
0,80	0,441	0,428	0,424	0,421	0,419	0,418	0,417	0,416
0,90	0,445	0,432	0,427	0,424	0,423	0,422	0,421	0,420
1,00	0,449	0,436	0,431	0,428	0,427	0,425	0,424	0,424

α. Если n отношение поперечнаго сѣченія bh струи къ поперечному сѣченію воды въ каналѣ предъ водосливомъ, то по опытамъ Вейсбаха:

$$Q = \mu_1 b h \sqrt{2gh},$$

гдѣ а) $\mu_1 = \mu(1 + 1,718 n^4)$, если b значительно $< B$ и если сжатіе происходитъ и на сторонахъ;

б) $\mu_1 = \mu(1,041 + 0,369 n^2)$, если $b = B$.

Здѣсь μ обозначаетъ коэффициентъ выведенный изъ фундаментальныхъ опытовъ Понслэ-Лебро надъ водосливами, а именно:

$\mu = 0,412$ $0,407$ $0,401$ $0,397$ $0,395$ $0,393$ $0,390$ при $b: B = 0,054$
для $h = 0,03$ $0,04$ $0,06$ $0,08$ $0,10$ $0,15$ $0,20$.

Въ этихъ правилахъ предполагается, что $n < 0,5$; что отверстие водослива снабжено острыми краями (въ тонкой стѣнкѣ) и что порогъ лежитъ возможно высоко надъ нижнимъ горизонтомъ воды. Понслэ и Лебро производили опыты съ водосливомъ въ 1,2 м. шириною и высота порога надъ дномъ была 0,54 м; h измѣрялось на 1 м. отъ отверстия.

Примѣръ. Водосливъ съ острыми ребрами имѣетъ: $b = 0,80$ м, $B = 1,2$ м и $h = 0,15$ м. По Брашману коэффициентъ $\mu = 0,3838 + 0,0386 \times 0,80:1,20 + 0,00053:0,15 = 0,413$. Величина $\sqrt{2gh}$ для $h = 0,15$ м. будетъ 1,715 м. Колич. воды $M = 0,413 \cdot 0,80 \cdot 0,15 \cdot 1,115 = 0,085$ куб. м. Величина μ по Д'Обюссону $= 0,419$; по Понслэ и Лебро $= 0,420$.

β. Водосливы имѣютъ только тогда острые ребра, если они употребляются для измѣренія количества воды въ ручьяхъ и для этой цѣли приготавливаются особенно. Плотины-же, устраиваемыя для подпруживанія воды съ техническими цѣлями, всегда получаютъ плоскую или же округленную вершину, такъ что вода переливается чрезъ нее безъ особенно замѣтнаго сжатія. Тогда по Ейтельвейну $Q=0,57bh\sqrt{2gh}\sqrt{1+0,115u^2/h}$, гдѣ u скорость воды въ рѣкѣ въ нѣкоторомъ разстояніи отъ плотины.

γ. Для *неполнаго водослива*, при которомъ уровень низовой воды лежитъ выше порога водослива, h разстояніе обоихъ уровней, h_1 высота уровня низовой воды надъ порогомъ, то рассматриваютъ его какъ состоящій изъ 2 частей=полный водосливъ+отверстіе въ вертик. боковой стѣнкѣ и $Q=\mu bh\sqrt{2gh}+\mu_1 bh_1\sqrt{2g(h+0,5h_1)}$; здѣсь μ какъ и выше для полнаго водослива; μ_1 при полномъ сжатіи = 0,60 и при неполномъ = $0,60(1+0,152\frac{n}{n_1})$, гдѣ n_1 весь периметръ слоя воды шириною b и высотой h_1 и n часть этого периметра, на которой не происходитъ сжатіе.

Примѣръ. Водосливъ столь широкъ, какъ самый каналъ $n=2m$; далѣе $h+h_1$ =высота верхняго уровня надъ порогомъ=0,60^m; $h=0,32m$ и $h_1=0,28m$.

Для полнаго водослива $\mu=0,425$ при $b=B$; при высотѣ давленія= $h+0,5h_1=0,32+0,5\cdot 0,28=0,46$ m коэф. полнаго сжатія по $b_3=0,60$; но какъ сжатіе происходитъ на нижней сторонѣ, то по b_2 $\mu_1=0,60(1+0,152\times 0,5614)=0,651$. Следовательно $Q=0,425\times 2\times 0,32\sqrt{19,62\times 0,32}+0,651\times 2\times 0,28\sqrt{19,62\times 0,46}=0,680+1,094=1,774$ куб. метр.

Таблица коэффициентовъ расхода для отверстій съ насадками цилиндрическими.

Отношеніе длины къ діам. насадки (приставлен. къ отверстию трубы)= $b:d$	1	2—3	12	24	36	48	60
μ =	0,88	0,82	0,77	0,73	0,68	0,63	0,60

Здѣсь предполагаются насадки съ острыми (неокругленными) краями. Для короткихъ цилиндрическихъ насадокъ при $b:d=2,5$ до 3,5 среднее $\mu=0,815=\varphi$.

Для коническихъ сходящихся насадокъ коэф. расхода больше и при коническихъ расходящихся—меньше, чѣмъ для цилиндрич. насадокъ. При наивыгоднѣйшемъ углѣ служенія въ 13,5⁰ кониче-

Таблица количествъ воды въ минуту ($Q=15 \text{ в} \pi d^2$) и
отъ $d=0,025 \text{ м}$ до 1 м шириною при $v=0,05 \text{ м}$

v Метръ	2	0,025	0,050	0,075	0,100	0,125	0,150	0,200
00,5	0,0568	0,0015 0,0289	0,0059 0,0145	0,0133 0,0096	0,0236 0,0072	0,0368 0,0058	0,0530 0,0048	0,0942 0,0036
0,10	0,0444	0,0029 0,0905	0,0118 0,0452	0,0265 0,0302	0,0471 0,0226	0,0736 0,0181	0,1060 0,0151	0,1885 0,0113
0,15	0,0389	0,0044 0,1783	0,0177 0,0892	0,0398 0,0594	0,0707 0,0446	0,1104 0,0357	0,1590 0,0297	0,2827 0,0223
0,20	0,0356	0,0059 0,2902	0,0236 0,1451	0,0530 0,0967	0,0942 0,0723	0,1473 0,0540	0,2121 0,0484	0,3770 0,0363
0,25	0,0333	0,0074 0,4249	0,0295 0,2125	0,0663 0,1416	0,1178 0,1062	0,1841 0,0850	0,2651 0,0708	0,4712 0,0531
0,30	0,0317	0,0088 0,5817	0,0353 0,2908	0,0795 0,1939	0,1414 0,1454	0,2209 0,1163	0,3181 0,0969	0,5655 0,0727
0,40	0,0294	0,0118 0,9584	0,0471 0,4792	0,1060 0,3195	0,1885 0,2396	0,2945 0,1917	0,4241 0,1597	0,7540 0,1198
0,50	0,0278	0,0147 1,4166	0,0589 0,7083	0,1325 0,4722	0,2356 0,3542	0,3682 0,2833	0,5301 0,2361	0,9425 0,1771
0,60	0,0266	0,0177 1,9545	0,0707 0,9772	0,1590 0,6515	0,2827 0,4886	0,4418 0,3909	0,6362 0,3257	1,1310 0,2443
0,70	0,0257	0,0206 2,5694	0,0825 1,2847	0,1856 0,8565	0,3299 0,6423	0,5154 0,5139	0,7422 0,4282	1,3195 0,3212
0,80	0,0250	0,0236 3,2607	0,0942 1,6303	0,2121 1,0869	0,3770 0,8152	0,5890 0,6521	0,8482 0,5434	1,5080 0,4075
0,90	0,0244	0,0265 4,0261	0,1060 2,0130	0,2386 1,3420	0,4241 1,0065	0,6627 0,8052	0,9543 0,6710	1,6965 0,5033
1,00	0,0239	0,0295 4,8665	0,1178 2,4332	0,2651 1,6222	0,4712 1,2166	0,7363 0,9733	1,0603 0,8111	1,8850 0,6083
1,25	0,0229	0,0368 7,2852	0,1473 3,6426	0,3313 2,4284	0,5890 1,8213	0,9204 1,4570	1,3254 1,2142	2,3562 0,9107
1,50	0,0221	0,0442 10,151	0,1767 5,0757	0,3976 3,3838	0,7069 2,5378	1,1045 2,0303	1,5904 1,6919	2,8274 1,2689
1,75	0,0216	0,0515 13,461	0,2062 6,7306	0,4639 4,4871	0,8247 3,3653	1,2885 2,6923	1,8555 2,2435	3,2987 1,6825
2,00	0,0211	0,0589 17,199	0,2356 8,5994	0,5301 5,7329	0,9425 4,2997	1,4726 3,4398	2,1206 5,8665	3,7699 2,1499
2,50	0,0204	0,0736 25,981	0,2945 12,991	0,6627 8,6604	1,1781 6,4953	1,8408 5,1962	2,6507 4,3302	4,7124 3,2476
3,00	0,0198	0,0884 36,357	0,3534 18,178	0,7952 12,119	1,4137 9,0891	2,2089 7,2713	3,1809 6,0594	5,6549 4,5446

высотъ сопротивленія $\left(h_1 = \lambda \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g}\right)$ для водопроводныхъ трубъ
до 3 м скорости и $l=100$ м длины.

0,250	0,300	0,333	0,400	0,500	0,600	0,750	1,000	Метръ
0,1473	0,2121	0,2618	0,3770	0,5891	0,8482	1,3254	2,3562	Q_1
0,0029	0,0024	0,0022	0,0018	0,0014	0,0012	0,0010	0,0007	h_1
0,2945	0,4241	0,5236	0,7540	1,1781	1,6965	2,6507	4,7124	Q_1
0,0090	0,0075	0,0068	0,0057	0,0045	0,0038	0,0030	0,0023	h_1
0,4418	0,6362	0,7854	1,1310	1,7672	2,5447	3,9761	7,0686	Q_1
0,0178	0,0149	0,0134	0,0111	0,0082	0,0074	0,0059	0,0045	h_1
0,5890	0,8482	1,0472	1,5080	2,3562	3,3929	5,3014	9,4248	Q_1
0,0290	0,0242	0,0217	0,0181	0,0145	0,0121	0,0097	0,0072	h_1
0,7363	1,0603	1,3090	1,8850	2,9452	4,2412	6,6268	11,781	Q_1
0,0425	0,0354	0,0319	0,0266	0,0213	0,0177	0,0142	0,0106	h_1
0,8836	1,2723	1,5708	2,2619	3,5343	5,0894	7,9521	14,137	Q_1
0,0582	0,0485	0,0436	0,0364	0,0291	0,0242	0,0194	0,0145	h_1
1,1781	1,6965	2,0944	3,0159	4,7124	6,7858	10,603	18,850	Q_1
0,0985	0,0799	0,0719	0,0599	0,0479	0,0399	0,0319	0,0240	h_1
1,4726	2,1206	2,6180	3,7699	5,8905	8,4823	13,254	23,562	Q_1
0,1417	0,1181	0,1062	0,0885	0,0708	0,0590	0,0472	0,0354	h_1
1,7671	2,5447	3,1416	4,5239	7,0686	10,179	15,904	28,274	Q_1
0,1954	0,1629	0,1466	0,1222	0,0977	0,0814	0,0651	0,0489	h_1
2,0617	2,9688	3,6652	5,2779	8,2467	11,875	18,555	32,987	Q_1
0,2594	0,2141	0,1927	0,1606	0,1285	0,1071	0,0856	0,0642	h_1
2,3562	3,3929	4,1888	6,0319	9,4248	13,572	21,206	37,699	Q_1
0,3261	0,2717	0,2446	0,2038	0,1630	0,1359	0,1087	0,0815	h_1
2,6507	3,8170	4,7124	6,7854	10,603	15,268	23,856	42,411	Q_1
0,4026	0,3355	0,3020	0,2516	0,2013	0,1678	0,1342	0,1007	h_1
2,9452	4,2412	5,2360	7,5398	11,781	16,965	26,507	47,124	Q_1
0,4866	0,4055	0,3650	0,3042	0,2433	0,2028	0,1622	0,1217	h_1
3,6816	5,3015	6,5450	9,4248	14,726	21,206	33,134	58,905	Q_1
0,7285	0,6071	0,5464	0,4553	0,3643	0,3036	0,2428	0,1821	h_1
4,4179	6,3617	7,8540	11,310	17,671	25,447	39,761	70,686	Q_1
1,0151	0,8459	0,7613	0,6345	0,5076	0,4230	0,3384	0,2538	h_1
5,1542	7,4220	9,1630	13,195	20,617	29,688	46,388	82,467	Q_1
1,3461	1,1218	1,0096	0,8412	0,6731	0,5609	0,4487	0,3365	h_1
5,8905	8,4823	10,472	15,080	23,562	33,929	53,014	94,248	Q_1
1,7199	1,4332	1,2899	1,0749	0,8599	0,7166	0,5733	0,4300	h_1
7,3631	10,603	13,090	18,850	29,452	42,411	66,268	117,81	Q_1
2,5981	2,1651	1,9486	1,6238	1,2991	1,0825	0,8660	0,6495	h_1
8,8357	12,723	15,708	22,620	35,343	50,894	79,521	141,37	Q_1
3,6357	3,0297	2,7267	2,2723	1,8178	1,5149	1,2119	0,9089	h_1

ская сходящаяся насадка дает $\mu=0,95$. Длина въ 2,6 раза больше наименьшаго діаметра.

При 0, 4 8 12 14 16 20 24 28 35
 $\mu=0,829$ 0,909 0,931 0,942 0,943 0,938 0,922 0,911 0,898 0,896

с) Движеніе воды въ цилиндрическихъ трубахъ.

Основная формула для потери высоты напора (давленія)

$$h = \left(1 + \zeta + \lambda \frac{l^2}{d} \right) \frac{v^2}{2g}$$

гдѣ l длина трубъ отъ резервуара въ m , d ихъ діаметръ; h напоръ въ m , употребленный для сообщенія водѣ скорости v при концѣ участка l трубы; ζ коеф. сопротивленія при входѣ воды изъ резервуара въ водопроводъ; λ коеф. тренія при движеніи воды о стѣнки трубъ. Выраженіе $\frac{v^2}{2g}$ даетъ часть употребляемаго напора, израсходованную на сообщеніе водѣ начальной скорости. $\zeta \frac{v^2}{2g}$ означаетъ потерю вслѣдствіе сжатія при входѣ воды въ водопроводъ; ζ —среднее 0,505; но чрезъ округленіе отверстія можетъ уменьшиться до 0,08. Наконецъ $\lambda \frac{l v^2}{d 2g}$ даетъ величину напора, употребленную на преодоленіе тренія воды о стѣнки трубъ (потерянный напоръ).

Если резервуаръ, питающій водопроводъ, лежитъ внѣ разсматриваемой части водопровода, то величина $(1 + \zeta) \frac{v^2}{2g}$ исчезаетъ изъ основнаго уравненія. При длинныхъ водопроводахъ этою величиною въ сравненіи съ $\lambda \frac{l v^2}{d 2g}$ можно пренебрегать. Тогда $h_1 = \lambda \frac{l v^2}{d 2g}$.

1) Коеффициентъ тренія по Вейсбаху:

$$\lambda = \alpha + \frac{\beta}{\sqrt{v}} = 0,01439 + \frac{0,0094711}{\sqrt{v}}$$

Слѣдующая таблица и на стр. 70 и 71 даютъ для различныхъ величинъ v соответствующія величины λ и кромѣ того количества воды и высоты сопротивленія по упрощенной формулѣ $h_1 = \lambda \frac{l}{d} \times \frac{v^2}{2g}$

$v =$	4m	5m	6m	7m	8m	10m	12m	15m
$\lambda =$	0,0191	0,0187	0,0183	0,0180	0,0177	0,0179	0,0171	0,0168

Если потерей напора $(1 + \zeta) \frac{v^2}{2g}$ въ отвлѣченныхъ водопроводахъ отъ резервуара пренебрегать нельзя, то поступаютъ слѣдующимъ образомъ:

а) *Высоту давленія*, которая должна быть, чтобы водопроводъ данной длины l и ширины d могъ доставлять опредѣленное количество воды Q въ секунду, находимъ изъ $h = h_1 + (1 + \zeta) \frac{v^2}{2g} = h_1 +$

$$1,505 \frac{v^2}{2g} = (1,505 + \lambda \frac{l}{d}) \frac{v^2}{2g}, \text{ гдѣ } \lambda \text{ соотвѣтствуетъ величинѣ:}$$

$$v = \frac{4Q}{\pi d^2} = 1,2732 \frac{Q}{d^2}.$$

б) *Диаметръ*, который нужно дать водопроводнымъ трубамъ, чтобы они при данномъ паденіи h и длинѣ l могли доставить опредѣленное количество воды Q , получаемъ изъ формулы:

$$d = 0,95884 \sqrt[3]{(1,505d + \lambda l) \frac{Q^2}{gh}}$$

Для d и λ подъ корнемъ подставляемъ сначала приблизительныя величины; получимъ величину d_1 . Тогда вычисляемъ $v = \frac{4Q}{\pi d_1^2}$; отыскиваемъ соотвѣтствующее λ и подставляемъ эти величины λ и d_1 въ формулу и т. д.

с) *Количество воды*, которое можетъ быть получено чрезъ водопроводъ данныхъ размѣровъ при данномъ паденіи $h =$

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} v = 0,7854 d^2 v, \text{ опредѣляется изъ } v = \frac{\sqrt{2gh}}{\sqrt{1,505 + \lambda \frac{l}{d}}}.$$

Здѣсь также беремъ сначала приблизительныя величины и потомъ соотвѣтствующія величины λ .

2) *Коэффициентъ тренія по Дарси*. По новѣйшимъ наблюденіямъ λ зависитъ менѣе (какъ принималъ Вейсбахъ) отъ v , чѣмъ отъ диаметра d водопровода. По Дарси

$$\lambda = 0,01989 + \frac{0,0005078}{d}.$$

Для удобства при употребленіи введемъ въ основное уравненіе

$$h_1 = \lambda \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g} \text{ вмѣсто } v \text{ величину } Q; \text{ получимъ:}$$

$$\frac{h_1}{l} = \frac{16\lambda}{\pi^2 2g} \times \frac{Q^2}{d^5}$$

$\frac{h_1}{1} = J$ назыв. падением водопровода, — при горизонтальном водопроводе I дает падение линии, соединяющей высоты стояния пизометра. Обозначим $\frac{16\lambda}{\pi^2 2g}$ чрез α , то

$$\frac{J}{Q^2} = \alpha \frac{1}{d^5}.$$

Изъ слѣдующей таблицы видны величины $\frac{I}{Q^2}$ для различныхъ диаметровъ водопровода.

d въ метр.	$J: Q^2$	d въ метр.	$J: Q^2$
0,010	58 393 600	0,200	5,791
0,012	20 657 600	0,225	3,173
0,015	5 847 700	0,250	1,8548
0,020	1 169 200	0,275	1,1419
0,025	340 160	0,300	0,7339
0,030	125 200	0,325	0,4889
0,035	54 120	0,350	0,3357
0,040	26 296	0,375	0,2367
0,045	13 960,7	0,400	0,17075
0,050	7 945,5	0,425	0,12565
0,055	4 781,2	0,450	0,09412
0,060	3 012,8	0,475	0,07162
0,065	1 972,7	0,500	0,05528
0,070	1 334,4	0,550	0,03417
0,075	928,31	0,600	0,02203
0,080	661,65	0,650	0,01472
0,085	481,61	0,700	0,010135
0,090	357,26	0,750	0,007161
0,095	269,45	0,800	0,005175
0,100	206,327	0,850	0,003816
0,125	64,847	0,900	0,002863
0,150	25,326	0,950	0,002181
0,175	11,473	1,000	0,001687

Если потерей напора при выходѣ водопровода изъ резервуара пренебрегать нельзя, то можно его размѣры опредѣлять посредствомъ пробныхъ вычислений.

Однако, найденныя этимъ путемъ величины годятся только для трубъ новыхъ съ гладкими стѣнками. Для трубъ, покрытыхъ ржавчиной или осадками, сопротивленія увеличиваются и водопроводъ

даетъ воды меньше. Вслѣдствіе этого Дарси предлагаетъ при вычисленіяхъ вводить коэф. надежности 2. (т. е. вмѣсто λ брать 2λ). При совершенно чистой водѣ и трубахъ, хорошо защищенныхъ отъ ржавленія, можно брать коэф. надежности близкій къ 1; при очень нечистой водѣ должно считать его болѣе 2. Далѣе при маломъ діаметрѣ трубъ полезно коэф. надежности увеличивать.

При употребленіи таблицы (стр. 74) величины $\frac{J}{Q^2}$ нужно умножать на соотвѣтствующій коэф. надежности.

3. *Коэффициентъ тренія Дююи.* Для распределительной сѣти (въ городскихъ водопроводахъ—вода для питья) принимаютъ по Дююи $\lambda=0,03025$; въ этой величинѣ понимаются уже всѣ сопротивленія отъ поворотовъ, развѣтвленій, измѣненій поперечнаго сѣченія. Она соотвѣтствуетъ для трубъ средняго діаметра безъ этихъ сопротивленій величинѣ λ по Дарси при коэф. надежности 1,5. При λ по Дююи, α будетъ почти $=1:400$; такъ что формулу можно написать:

$$I = \left(\frac{Q}{20} \right)^2 \times \frac{1}{d^5}.$$

4. Потеря паденія отъ поворотовъ въ водопроводѣ по Навье $h_1=0,051 v^2 \left(0,004 + 0,0186r \right) \frac{c}{r^2}$, гдѣ r радіусъ поворота (изгиба) оси трубы, c длина дуги для изогнутой части трубы по оси.

5. Потеря напора для каждаго суживанія: $h_2=0,051v^2 \left(\frac{A}{mA_1} - 1 \right)^2$ и для каждаго расширенія: $h_3=0,051v^2 \left(1 - \frac{A_1}{A} \right)^2$, гдѣ A большее, A_1 меньшее сѣченіе трубы. Для m можно брать 0,60 если $A_1 < 0,25A$ и до 0,85 если $A_1 = 0,8A$.

Примръ. Въ трубѣ съ 0,04 кв. м. сѣченія устроенъ кранъ съ отверстіемъ 0,025 кв. м. При $v=1$ м и при коэф. сжатія $m=0,65$ потеря напора отъ суженія $= 0,051 \times 1 \left(\frac{0,04}{0,025 \cdot 0,65} - 1 \right) = 0,109$ м.

Всѣ эти потери въ напорѣ, производимыя поворотами, сжатіемъ или расширеніемъ трубъ только тогда имѣютъ значительную величину, если повторяются часто на длинномъ водопроводѣ; напр. когда соединенія трубъ сдѣланы нехорошо.

Примръ 1. Цилиндрическій водопроводъ имѣетъ 1200 м длины; 0,25 м діаметръ и 4,5 м паденіе; сколько воды доставляетъ онъ въ секунду.

Прежде всего нужно опредѣлить v при $l=1200$; $d=0,25$; $h=4,5$.

По Вейсбаху $v = \sqrt{2gh} : \sqrt{1,505 + \lambda \frac{l}{d}} = \sqrt{2 : 9,81 \times 4,5 : \sqrt{1,505 + 0,025 \cdot 1200 : 0,25}}$, гдѣ λ взято по таблицѣ при $v=0,8$. Слѣдов. $v = \sqrt{88,29 : \sqrt{120}} = \sqrt{0,73} = 0,854$ м. По Дарси $\lambda = 0,01989 + 0,0005078 : 0,25 = 0,02192$ и $v^2 = 2gh_1 \times d : \lambda l = 2,9,81 \cdot 4,5 \cdot 0,25 : 0,02192 \cdot 1200 = 22,07 : 26,3 = 0,84$ и $v = \sqrt{0,84} = 0,91$

т. Однако это лишь для новыхъ трубъ; для водопровода существующаго много лѣтъ, введемъ коэф. надежности 2, т. е. вмѣсто возьмемъ 2 или все надо раздѣлить $\sqrt{2}=1,41$ и $v=0,91:1,41=0,65$.

Возьмемъ среднее $(0,65+0,85):2=0,75$. Т. е. сѣченіе трубы $=0,25 \cdot 0,25^2 \cdot 3,14=0,0491$ кв. м; количество воды $Q=0,75 \cdot 0,0491=0,0368$ куб. м.

Примѣръ 2. Нужно положить водопроводъ 800 м. длиною, для коего имѣются трубы 0,2 м діаметромъ (старыя); онъ долженъ давать 18 литр. воды въ секунду; опредѣлить паденіе?

Сѣченіе трубы $=0,25 \cdot 3,14 \cdot 0,2^2=0,0314$ кв. м. Слѣдов. $v=0,018:0,0314=0,573$ м и паденіе $h=\lambda v^2:2gd=0,0266 \cdot 800 \cdot 0,573^2:2 \cdot 9,81 \cdot 0,2=7,02:3,92=1,8$ м.

Примѣръ 3. Нужно опредѣлить діаметръ водопровода длиною 600 м, потеря паденіе 2 м; $Q=30$ литровъ воды въ секунду:

Эта задача рѣшается легче всего по способу послѣдовательныхъ приближеній.

Первая проба. Для $d=0,25$ м будетъ сѣченіе трубъ $=0,049$ кв. м; $v=0,030:0,049=0,612$ м подставляя 0,61 для v въ формулу для d въ b , получимъ $d=0,168$ м. Такъ какъ принятому $d=0,25$ соответствуетъ вычисленный $d=0,168$, то правильный d находится между ними.

Вторая проба. Для $d=0,23$ м сѣченіе $=0,0415$ кв. м и $v=0,030:0,0415=0,722$ м и $d=0,236$. Поэтому діаметръ приблизительно $=0,23$ м или для безопасности $=0,24$ м.

Обыкновенно даютъ расходъ воды числомъ W ведръ въ часъ, тогда $Q=W \cdot 0,0123$ куб. метр.

д. Движеніе воды въ каналахъ и рѣкахъ.

1. *Формулы для равномернаго движенія.* Средняя скорость воды въ поперечномъ сѣченіи канала.

$$v = \frac{\text{количество воды въ секунду } Q}{\text{площадь по пересѣченіи канала } F}$$

Обозначимъ: l длину участка канала въ м, h его паденіе въ м, F поперечное сѣченіе воды въ каналѣ въ кв. м., s подводный периметръ въ м; далѣе обозначимъ $h:l$ чрезъ J и $F:s$ чрезъ R (т. н. гидравлическій радіусъ), то вообще:

$$v=c\sqrt{RJ}.$$

Самою правильною величиною c считается въ настоящее время та, которую дали съ одной стороны Базень, съ другой Гангюлье и Кюттеръ (Ganguillet et Kutter). Базень на основаніи измѣреній въ малыхъ опытныхъ каналахъ даетъ:

$$c = \sqrt{\frac{1}{\alpha + \frac{1}{R}}}$$

Величины α и β зависят от шероховатости подводного периметра и среднее: $\alpha = \beta =$

1. Для очень гладких стѣнокъ изъ выстроганнаго дерева или изъ цемента безъ песку . 0,00015 0,0000045

2. Для стѣнокъ изъ тесаной плиты (лещадн) изъ кирпича, изъ цемента съ пескомъ и не строганыхъ досокъ 0,00019 0,0000133

3. Для менѣе гладкихъ стѣнокъ каменная бутовая кладка 0,00024 0,00006

4. Для каналовъ въ естественной почвѣ (землѣ) 0,00028 0,00035

5. Для гальки, валуновъ, гравія 0,00040 0,0007

Послѣдняя величина для гальки дана Куттеромъ. Для данной степени шероховатости и для различныхъ R слѣдующая таблица даетъ величины C (по Базену).

R m	В е л и ч и н ы C				
	Строганое дерево и цементъ.	Лещадная плита и нестрог. дерево.	Бутовая кладка.	Земля.	Гальки.
0,10	71,6	55,6	34,5	16,3	11,6
0,15	74,5	59,9	39,5	19,6	14,0
0,20	76,1	62,4	43,0	22,2	16,0
0,25	77,2	64,1	45,6	24,4	17,7
0,30	77,8	65,3	47,7	26,3	19,1
0,35	78,4	66,2	49,3	28,0	20,4
0,40	78,8	66,9	50,6	29,4	21,6
0,45	79,1	67,5	51,8	30,7	22,6
0,50	79,3	67,9	52,7	31,9	23,6
0,60	79,7	68,7	54,2	34,0	25,3
0,70	80,0	69,2	55,4	35,8	26,7
0,80	80,2	69,6	56,3	37,3	28,0
0,90	80,3	69,6	57,1	38,7	29,1
1,00	80,5	70,1	57,7	39,8	30,2
1,10	80,6	70,3	58,3	40,9	31,1
1,20	80,6	70,5	58,7	41,8	31,9
1,30	80,7	70,7	59,1	42,7	32,6
1,40	80,8	70,8	59,5	43,4	33,3
1,60	80,9	71,0	60,0	44,8	34,6
1,80	81,0	71,2	60,5	45,9	35,6
2,00	81,0	71,3	60,9	46,9	36,5
2,50	81,2	71,6	61,5	48,8	38,3
3,00	81,2	71,7	62,0	50,2	39,7
4,00	81,3	71,9	62,6	52,2	41,7
5,00	81,4	72,0	63,0	53,5	43,0
6,00	81,4	72,1	63,2	54,4	44,0

Куттер на основаніи измѣреній Базела, измѣреній Гумфрейса и

Аббота на Миссисипи и многочисленных других въ естественныхъ водныхъ потокахъ построилъ формулу

$$C = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0,00155}{J}}{1 + \left(23 + \frac{0,00155}{J}\right) \frac{n}{\sqrt{R}}}$$

Здѣсь величина n зависитъ отъ шероховатости подводнаго периметра и среднее для.

	n	1. n
1. Каналы изъ тщательно выстроганнаго дерева или съ гладкой цементной штукатуркой. . .	0,010	100
2. Каналы изъ досокъ	0 012	83
3. Каналы изъ тесанаго лещаднаго камня и изъ хорошо уложеннаго кирпича.	0,013	77
4. Каналы изъ бутоваго камня	0,017	59
5. Каналы въ землѣ, ручьи, рѣки.	0,025	40
7. Рѣки съ водяными растениями	0,030	33

Въ рѣкахъ коэффициентъ шероховатости вообще уменьшается отъ вершины къ устью.

2. *Отношеніе между наибольшею скоростью на поверхности и среднею скоростью профиля.* Скорость на поверхности v_1 определяется помощью поплавковъ или помощью Вольтмановаго колса; а изъ нея средняя скорость профиля v помощью формулы Прони.

$$\frac{v}{v_1} = \frac{v_1 + 2,372}{v_1 + 3,152}$$

Болѣе точныя результаты даетъ слѣдующая формула Базена.

$$\frac{v}{v_1} = \frac{1}{1 + 14 \sqrt{\alpha + \frac{\beta}{R}}}$$

Слѣдующая таблица вычислена для различныхъ величинъ R :

R m	В е л и ч и н а v : v_1				
	Строганое дерево и цементъ	Лещадь и не строга- ное дерево	Кладки изъ бутоваго камня	Земля	Гальки хрящъ
0,10	0,84	0,80	0,71	0,54	0,45
0,20	0,85	0,82	0,76	0,61	0,53
0,30	0,85	0,82	0,77	0,65	0,58
0,40	0,85	0,83	0,78	0,68	0,61
0,50	0,85	0,83	0,79	0,70	0,63
0,70	0,85	0,83	0,80	0,72	0,66
1,00	0,85	0,83	0,81	0,74	0,68
1,50	0,85	0,84	0,81	0,76	0,71
2,00	0,85	0,84	0,81	0,77	0,72
3,00	0,85	0,84	0,82	0,78	0,74
4,00	0,85	0,84	0,82	0,79	0,05
5,00	0,85	0,84	0,82	0,79	0,76
6,00	0,85	0,84	0,82	0,80	0,76

3. Уменьшение скорости по вертикальному направлению. Въ вертикальной плоскости, параллельной направлению потока, водяная струйка, имѣющая среднюю скорость изъ всѣхъ водяныхъ струй этой плоскости, находится почти на 0,55 до 0,60 глубины воды подъ уровнемъ ея. Струя, имѣющая наибольшую скорость, находится не на поверхности, но подъ нею, а именно на 0,33 глубины. Ошибка будетъ весьма значительна, если примемъ въ этомъ случаѣ, что струя средней скорости лежитъ на 0,6 глубины;

Отношение средней скорости u въ вертикальной плоскости къ наибольшей u_1 обыкновенно находится между 0,95 и 0,78; отношение скорости на днѣ u_0 къ наибольшей скорости u_1 колеблется между 0,83 и 0,4. Чѣмъ ложе шероховатѣе и положе, тѣмъ меньше u и u_0 противъ u_1

4. Наименьшая и наибольшая скорости въ каналахъ. Если въ каналъ не должны отлагаться (осаждаться) никакія вещества, то средняя скорость въ секунду должна быть по кр. мѣрѣ:

если вода несетъ съ собою только легкій илъ (мутъ), $v=0,21$ м
если опасаются осажденія песка, $v=0,42$ м

Дабы бока и дно канала не размывало водою (т. е. чтобы материалы, изъ коего онѣ состоятъ, не уносило двигающеюся водою) скорость воды не должна превосходить слѣдующихъ величинъ:

Свойство ложа.	Скорость на поверхности.	Средняя скорость.	Скорость на днѣ.
Рыхлая земля	0,15	0,11	0,08
Жирная глина.	0,30	0,23	0,18
Твердый рѣчной песокъ	0,60	0,46	0,31
Гравій	1,22	0,96	0,70
Крупныя Гальки.	1,52	1,23	0,94
Конгломератъ	2,22	1,86	1,49
Слоистыя Горныя породы	2,75	2,27	1,82
Твердыя скалы.	4,27	3,69	3,14

Обыкновенно каналы устраиваются въ песчаномъ или же хрящеватомъ грунтѣ или же его ложе дѣлается искусственно изъ песка и гравія; и чтобы быть увѣреннымъ въ прочности такого ложа, необходимо брать скорость не болѣе 0,3 м. Въ деревянныхъ каналахъ можно допускать 0,6 до 1 м.

5. Наивыгоднѣйшая форма канала. Трапецевиднаго поперечнаго сѣченія опредѣляется по

$$a = \sqrt{\frac{F \sin \alpha}{2 - \cos \alpha}}; b = \frac{F}{a} - a \operatorname{ctg} \alpha; b_1 = \frac{F}{a} + a \operatorname{ctg} \alpha$$

если a глубина; b_1 верхняя ширина, b нижняя и α уголъ откоса

береговъ. Если площадь сѣченія F канала примемъ=1, то для различныхъ угловъ откоса наивыгоднѣйшія величины a , b и т. д. получимъ изъ слѣдующей таблицы.

α	$\cotg \alpha$	a	b	$a \cotg \alpha$	$b_1 = b + 2a \cotg \alpha$	s
90°	0,000	0,707	1,414	0,000	1,414	2,828
60°	0,577	0,760	0,877	0,439	1,755	2,632
45°	1,000	0,740	0,613	0,740	2,092	2,704
40°	1,192	0,722	0,525	0,860	2,246	2,771
36°52'	1,333	0,707	0,471	0,943	2,357	2,828
35°	1,402	0,697	0,439	0,995	2,430	2,870
30°	1,732	0,664	0,536	1,150	2,056	3,012
26°34'	2,000	0,636	0,300	1,272	2,844	3,144
полу кругъ	—	0,798	—	—	1,596	2,507

Если площадь канала= F , то величины столбцовъ 3, 4, 5, 6 7 нужно умножать на $\sqrt{F}$.

Считается достаточнымъ брать:

Для канала вырытаго въ плотной землѣ, съ обдѣлкою береговъ $\cotg \alpha=1$ или $\alpha=45^\circ$; если боки канала обложены камнемъ, $\cotg \alpha=0,8$ или $\alpha=60^\circ$; для каналовъ, вырытыхъ въ твердомъ грунтѣ, но безъ обдѣлки береговъ $\cotg \alpha=1,5$ или $\alpha=33^\circ 40'$; для канала въ рыхлой землѣ, пескѣ и пр. $\cotg \alpha=2$ или $\alpha=26^\circ 34'$.

По Редтенбахеру b : $a=2,7+0,9 F$; обыкновенно $b=(4 \text{ до } 6) a$.

Примѣръ 1. Длина канала $l=1000$ м; полное паденіе $h=0,4$ м; нижняя ширина сѣченія=4 м; уголъ откоса береговъ= 45° и глубина воды=0,6 м. Какъ велика средняя скорость воды и сколько воды доставляетъ каналъ въ секунду.

Верхняя шир. $b_1=3+2 \cdot 0,6=4,2$ м. Площадь $F=\frac{3+4,2}{2} \cdot 0,6=2,16$

кв. м. Длина откоса= $0,6 \sqrt{2}=0,6 \times 1,414=0,848$ м. Подводный периметръ= $3+2 \cdot 0,848=4,696$ м. Слѣдов. $R \cdot J=h \cdot F$: $l \cdot s=0,4 \times 2,16:1000 \times 4,696=0,000184$. Величина $R=F:s=2,16:4,696=0,45$ м. Величина $s=30,7$. Поэтому $v=s \sqrt{R \cdot J}=30,7 \sqrt{0,000184}=0,42$ м для канала съ дномъ и стѣнками изъ земли; для болѣе гладкихъ стѣновокъ кладки изъ бута: $s=51,8$ и $v=51,8 \cdot 0,01356=0,7$ м. Количество воды въ секунду= $2,16 \cdot 0,70=1,512$ куб. м.

6. **Устройство новаго канала.** Когда нужно устроить новый каналъ, то дается его длина и количество воды, которое онъ долженъ доставлять; а также средняя скорость воды.

Если сообщить водѣ наибольшую скорость, допускаемую почвой, то сѣченіе канала выйдетъ небольшое и устройство обойдется де-

дешево; но тогда требуется большое падение; такая потеря невыгодна.

Если сообщить водѣ небольшую скорость, сѣченіе канала выйдет велико и онъ обойдется дорого; за то тогда требуется очень небольшое падение для сообщенія водѣ данной небольшой скорости. Отъ этого выигрывается механич. работа, доставляемая водою. Въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ нужно взвѣсить выгоды и невыгоды того или другаго способа постройки.

Всѣ вопросы, встрѣчающіеся при устройствѣ новаго канала, приводятся къ слѣдующему: Зная длину канала, количество воды и среднюю скорость найти падение и площадь поперечнаго сѣченія.

Примѣръ. Требуется устроить каналъ длиною 1500 м, который доставлялъ бы 1,8 куб. м воды въ секунду при средней скорости = 0,9 м; ширина прямоугольнаго сѣченія въ 4 раза больше глубины. Найти полное падение и разѣры сѣченія.

Площадь $F = 1,8 : 0,9 = 2$ м. Если $b = 4 a$, то $b = 2,828$ м и $a = 0,707$ м. Подводный периметръ $= 2,828 + 2 \times 0,707 = 4,242$ м. Подставимъ эти величины въ формулу $v = c \sqrt{R \cdot I} = c \sqrt{h \cdot F : l \cdot s}$; $0,9 = c \sqrt{h \cdot 2 : \sqrt{1500 \cdot 4,242}}$. Такъ какъ $R = F : s = 2 : 4,242 = 0,47$ м; а средняя v соответствуетъ дву и бутоваго камня, то $c = 51,8$; $(0,9^2 : c^2) 1500 \cdot 4,242 : 2 = h$; $h = (0,81 \cdot 1500 \cdot 4,242) : (2683 \cdot 2) = 0,95$ м.

При трапецевидномъ сѣченіи, глубина $a = \sqrt{\frac{2 \cdot \cos 45^\circ}{2 - \cos 45^\circ}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,707}{2 - 0,707}} = \sqrt{1,10} = 1,05$; $b = \frac{F}{a} - a \cotg \alpha = \frac{2}{1,05} - 1,05 = 0,85$; $b_1 = \frac{F}{a} + a \cotg \alpha = 1,90 + 1,05 = 2,95$. По таблицѣ $a = 0,74$ $\sqrt{F} = 0,74$. $1,41 = 1,043$ $b = 0,613 \cdot 1,41 = 0,86$; $b_1 = 2,092 \cdot 1,41 = 2,95$.

Периметръ $s = 2,704 \times 1,41 = 3,71$ м; $R = 2 : 3,71 = 0,54$; c между 52,7 и 54,2 = среднее 53,45; $(0,9^2 : 53,45^2) 1500 \cdot 3,71 : 2 = h$ или $h = 4507 : 5714 = 0,8$ м.

f. Ударъ воды.

Обозначимъ чрезъ: P ударъ воды или гидравлическое давление струи воды на плоскость въ kg ; F поперечное сѣченіе струи въ кв. м; v скорость водяной струи въ м въ секунду; c скорость, съ которою двигается плоскость по направленію водяной струи въ м въ сек.; Q количество воды, которое производитъ ударъ въ куб. м; ($Q = (v - c)F$, если всегда ударяется одна и таже поверхность; напротивъ $Q = vF$, если, какъ въ водяныхъ колесахъ, подѣ струю подходятъ непрерывный рядъ плоскостей); γ въсь 1 куб. метра воды = 1000 kg .

а) Для удара нормального къ плоской поверхности: $P = \frac{v-c}{g} Q\gamma$

и если плоскость въ покоѣ: $P = 2 \frac{v^2}{2g} F\gamma = 2Fh\gamma$.

б) Для удара въ полую поверхность, измѣняющую направление струи въ противоположное: $P = 2 \frac{v-c}{g} Q\gamma$ и если поверхность не-

подвижна: $P = 4 \frac{v^2}{2g} F\gamma = 4Fh\gamma$.

с) Работа удара $L = cP$ будетъ наибольшая при $c = \frac{v}{2}$ и тогда: при нормальномъ ударѣ въ плоскость.

$$L = \frac{1}{2} \times \frac{v^2}{2g} Q\gamma = \frac{1}{2} Qh\gamma$$

при ударѣ въ полую поверхность, измѣняющую направление струи въ противоположное

$$L = \frac{v^2}{2g} Q\gamma = Qh\gamma.$$

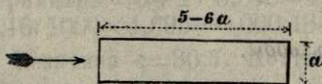
г. Ударъ неограниченной массы воды.

Обозначимъ чрезъ: F поперечное сѣченіе тѣла, подверженнаго дѣйствию воды, въ кв. м.; v относительная скорость воды и этого сѣченія въ м въ сек. P и γ тоже, что въ f ; k коэффициентъ зависящій отъ формы тѣла; то

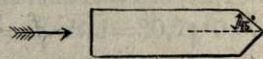
$$P = k \frac{v^2}{2g} F\gamma.$$

Для тонкой неподвижной доски, которая укрѣплена перпендикулярно къ направлению течения, $k = 1,86$; если доска движется въ неподвижной, стоячей водѣ, $k = 1,25$. Для призматическаго тѣла при относительной длинѣ

$L : \sqrt{F} =$	1	2	3		
k	=	1,48	1,35	1,33	если тѣло неподвижно
k	=	1,28	1,30	1,33	если тѣло движется въ спокойной водѣ.

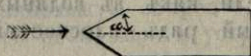


Фиг. 18.



Фиг. 19.

Для призмы, только отчасти погруженной въ воду, и длина которой въ 5 до 6 разъ болѣе ширины, $k = 1,10$ фиг. 18; если оно заострено сзади, $k = 1$ фиг. 19; если же на передней сторонѣ имѣется заостреніе фиг. 20, то для заостренія

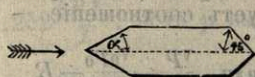


Фиг. 20.

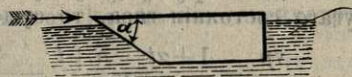
$\alpha = 90^\circ$	78°	66°	54°	42°	30°	18	6
$k = 1,10$	1,05	0,93	0,76	0,60	0,48	0,46	0,41.

Сопротивление уменьшается еще болѣе, если заострение находится и на задней сторонѣ

для $\alpha = 90^\circ$	78	66	54	42	30	18	6	} фиг. 21
$k = 1,00$	0,94	0,82	0,65	0,49	0,37	0,35	0,33	



Фиг. 21.



Фиг. 22.

Если тѣло имѣть форму по фиг. 22, то величина коэффициентовъ

для $\alpha = 45^\circ$	$k = 0,55$	k_1
$\alpha = 25^\circ$	$k = 0,43$	k_1

гдѣ k_1 обозначаетъ соотвѣтствующія вышеприведенныя величины k .

Для хорошо построенныхъ рѣчныхъ пароходовъ $k = 0,16$ до 0,18.

Для хорошо построенныхъ морскихъ пароходовъ $k = 0,07$ до 0,11.

Для пароходовъ въ каналахъ $k = 0,24$ до 0,33.

VI. Равновѣсіе и движеніе воздуха и газовъ.

а. Удѣльный вѣсъ, для капельножидкихъ тѣлъ приблизительно постояненъ, для газовъ же существенно зависитъ отъ ихъ удѣльнаго давленія и температуры. Вѣсъ γ одного куб. м. газа при 0° и при среднемъ атмосф. давленіи 0,76 м. ртутнаго столба, есть мѣра его плотности; для воздуха 1,293 klg.; кислорода 1,43; водорода 0,089; азота 1,256; окиси углерода 1,252; углекислоты 1,977; маслор. газъ 1,251 klg.

Теоретическая разность между т. н. постоянными и сжимаемыми газами (парами) не существуетъ, потому что опыты показали, что всѣ газы при болѣе или менѣе сильномъ давленіи и пониженіи температуры могутъ быть обращены въ капельножидкое состояніе. Можно только различать такіе газы, которые находятся въ состояніи далеко отъ ихъ точки конденсаціи и такіе, которые къ ней близки (пары).

Газы, которые далеки от их точки конденсаціи, слѣдуютъ:

в) *Закону Мариотта и Гей-Люссака*, которымъ можно пользоваться для опредѣленія вѣса даннаго количества газа.

1. Обозначимъ для опредѣленнаго состоянія газа: p удѣльное давленіе въ кг. на кв. м.; v объемъ 1 кг. въ куб. м.; $\gamma = 1/v$ вѣсъ 1 куб. м. въ кг.; t температура въ градусахъ C ; $T = a + t$ абсолютная температура, при чемъ $1:a = \alpha$ коэффициенту расширенія газа. Если далѣе $p_0, v_0, \gamma_0, t_0, T_0$ величины p, v, γ, t, T для произвольнаго другого состоянія газа, то существуетъ соотношеніе

$$\frac{vp}{v_0 p_0} = \frac{1 + \alpha t}{1 + \alpha t_0} = \frac{a + t}{a + t_0} = \frac{T}{T_0} \quad \text{или} \quad \frac{vp}{T} = \frac{v_0 p_0}{T_0} = R$$

при чемъ среднее: $\alpha = 273$; для очень разрѣженнаго атмосфернаго воздуха (по Dronke) $\alpha = 274,6$; тогда какъ постоянное R имѣетъ слѣдующія величины:

для сухаго атмосфернаго воздуха: $R = 29,27$ mkg на kg
 „ средне-влажнаго воздуха: $R = 29,38$ mkg на kg.

Пусть R' это же постоянное для другаго газа, γ' вѣсъ 1 куб. м. (въ кг.) этого газа при одинаковыхъ температурѣ и давленіи, то $R' = R\gamma'$. Въмѣсто $\gamma:\gamma'$ можно также подставить отношеніе плотностей или молекулярныхъ вѣсовъ.

2. Для паровъ законъ Мариотта-Гей-Люссака примѣняется точно также, хотя съ менѣе точнымъ приближеніемъ:

$$\frac{vp}{T} = \frac{v p}{a + t} = R;$$

однако здѣсь для a нужно вводить другую величину, которая удаляется отъ 273 тѣмъ болѣе, чѣмъ ближе паръ къ его точкѣ конденсаціи (сгущенія). По Шмидту (на основаніи опытовъ Гирна) для перегрѣтаго водянаго пара: $a = 263$ и $R = 46,83$.

3. Специальные случаи закона Мариотта-Гей-Люссака:

а. *Законъ Гей-Люссака*. При постоянной упругости измѣненія объема газа пропорціональны его измѣненіямъ температуры; если обозначимъ $v_0, p_0, t_0, T_0, \gamma_0$ величины v, p, t, T, γ для другаго состоянія газа, $v_1, p_1, t_1, T_1, \gamma_1$ для третьяго, то если $p = p_0 = p_1$: $v - v_1 : v_0 - v_1 = t - t_1 : t_0 - t_1$ или $v : v_0 : v_1 = T : T_0 : T_1 = \gamma_1 : \gamma : \gamma_0$

б. *Законъ Мариотта*. При постоянной температурѣ давленіе или упругость газа обратно пропорціональна его объему; слѣд. $v : v_0 = p_0 : p = \gamma_0 : \gamma$ при $T = T_0$.

в. При постоянномъ объемѣ измѣненія давленія (упругости) газа пропорціональны его измѣненіямъ температуры или давленія пропорціональны абсолютнымъ температурамъ.

Слѣд. $p - p_1 : p_0 - p_1 = t - t_1 : t_0 - t_1$ или $p : p_0 : p_1 = T : T_0 : T_1$ при $v = v_0$.

4. Вѣсъ G (въ kg.) V куб. метр. атмосфернаго воздуха при абсолютной температурѣ T и удѣльномъ давленіи p будетъ

$$G = 0,034165 \frac{pV}{T}, \text{ если } p \text{ выражено въ } \text{kg. на кв. метр.}$$

$$G = 353,05 \frac{Vp}{T}, \text{ если } p \text{ выражено атмосфер. (по } 10334 \text{ kg. на кв. м.)}$$

$$G = 1,252 \frac{pV}{T}, \text{ если } p \text{ выражено въ } \text{kg. на кв. сантиметр.}$$

Таблица вѣса 1 куб. метра воздуха при различныхъ температурахъ и подъ атмосфернымъ давленіемъ.

t°	Вѣсъ од-ного куб. метра.	Темпера-тура.	Вѣсъ од-ного куб. метра.	Темпера-тура.	Вѣсъ од-ного куб. метра.	Темпера-тура.	Вѣсъ од-ного куб. метра.
0	1,293	40	1,128	150	0,834	350	0,566
5	1,270	60	1,060	200	0,746	400	0,524
10	1,247	80	1,000	250	0,674	450	0,488
20	1,205	100	0,946	300	0,616	500	0,456

5. Если данное количество воздуха внезапно пзмѣняетъ свой объемъ, то его температура также измѣняется и тогда

$$\frac{1+\alpha t_0}{1+\alpha t} = \left(\frac{v_0}{v}\right)^{0,41} = \left(\frac{\gamma_0}{\gamma}\right)^{0,41} = \left(\frac{p_0}{p}\right)^{1,41};$$

приблизительно $\frac{1+\alpha t_0}{1+\alpha t} = \sqrt{\frac{v_0}{v}} = \sqrt{\frac{\gamma_0}{\gamma}} = \sqrt{\frac{p_0}{p}}$

с. Законъ Дальтона. Нѣсколько газовъ, находящихся одновременно въ одномъ и томъ же пространствѣ и не дѣйствующихъ химически одинъ на другой, слѣдуютъ тѣмъ же самымъ законамъ, какъ если бы каждый газъ находился одинъ; слѣд. общее удѣльное давленіе p_s смѣси = суммѣ удѣльныхъ давленій $p'p''p'''$ отдѣльныхъ газовъ или $p_s = p + p' + p'' + \dots = T(RG + R'G' + R''G'' + \dots); V$ гдѣ T общая абсолютная температура, V занимаемое газами пространство въ куб. м.; $G G' G'' \dots$ вѣса газовъ въ kg. и $R R' R'' \dots$ постоянныя ихъ уравненій.

д. Атмосферное давление въ различныхъ мѣрахъ. Одной атмосферы соотвѣствуетъ:

	Ртутный столбъ.	Водяной столбъ.	Давление на кв. д.
Англія	29,90 дюйм.	33,89 фут.	14,70 фунт.
Россія	29,90 "	33,89 "	16,26 "
Пруссія.	29,00 "	32,80 "	14,00 "
Франція, Германія.	76 сантимет.	10,33 метр.	1,033 kg. на кв. сант.

Давление 1 kg. на кв. сант. = 73,8 ст. ртутнаго столба = 10 метр. водянаго столба; слѣд. почти = давленію одной атмосферы.

Давление 1 англ. фунтъ на кв. дюймъ = 5,17 ст. = 2,02 дюйм. ртутнаго столба = 2,305 фут. водянаго. На манометрахъ одна атмосфера дѣлится на 15 частей, при чемъ каждое дѣленіе будетъ почти соотвѣтствовать 1 англ. фунту давленія на 1 кв. дюймъ.

Среднее атмосферное давление =

	0	100 m	200 m	300 m	400 m	500 m
надъ моремъ.	760 mm	760,5 mm	741,2 mm	732,0 mm	722,9 mm	713,9 mm
ртутнаго столба.						

е. Истечение постояннаго газа изъ отверстія резервуара.

1. Обозначимъ: P (абсолютное) удѣльное давление газа въ большомъ резервуарѣ, въ который непрерывно подводится вытекающее количество газа, въ kg. на кв. метръ; p постоянное удѣльное давление въ пространствѣ, куда газъ вытекаетъ, въ kg. на кв. м.; t_1 температура въ резервуарѣ въ градусахъ C ; γ вѣсъ 1 куб. метра газа при давленіи P и температурѣ t_1 въ kg.; $\alpha = 1/a = 1.273$ коэфф. расширенія газа; n отношеніе удѣльной теплоты при постоянномъ давленіи къ уд. T . при постоянномъ объемѣ (для воздуха $n=1,41$); φ коэфф. скорости; g ускореніе тяжести = 9,81 m; R и a постоянныя величины закона Маріотта-Гей-Люссака. Скорость вытекающаго воздуха:

$$v = \varphi \sqrt{2g \frac{n}{n-1} \times \frac{P}{\gamma} \left(1 - \frac{p}{P}\right)^{\frac{n-1}{n}}}, \text{ при чемъ } \sqrt{2g \frac{P}{\gamma}} = 23,96\sqrt{273 + t}, = 396\sqrt{1 + \alpha t},$$

при хорошемъ округленіи отверстія $\varphi = 0,981$. Температура t_2 вытекающаго газа $t_2 = t_1 - \frac{v^2}{2gR} \times \frac{n-1}{n}$; для $\varphi = 1$ было бы $t_2 =$

$$T_1 \left(\frac{p}{P}\right)^{\frac{n-1}{n}}, \text{ гдѣ } T_1 = a + t_1.$$

Удѣльный объемъ v_2 вытекающаго газа изъ $v_2 = RT_2/p$, гдѣ $T_2 = a + t_2$.

Расходъ газа M въ секунду въ куб. метр., измѣренный при внутреннемъ давленіи P и внутренней температурѣ t_1 чрезъ отверстіе съ площадью F (въ кв. м.) будетъ

$$M = 734 \mu F \sqrt{1 + \frac{t_1}{273}} \sqrt{\left(\frac{p}{P}\right)^{1,41844} - \left(\frac{p}{P}\right)^{1,70922}}$$

гдѣ μ означаетъ коэффициентъ расхода. Для перевода на объемъ M_0 при давленіи p_0 и температурѣ t_0 помѣщенія воздухоудвки служить формула

$$M_0 = M P T_0 : p_0 T_1 = M P (a + t_0) : (a + t_1).$$

Для воздуха эти формулы могутъ служить до тѣхъ поръ, пока низшее давленіе составляетъ по крайней мѣрѣ 0,527 отъ большаго.

По Нauer'у 1. Для коническихъ доменныхъ сопелъ (наконечниковъ)

$$\mu = 0,86$$

По Нauer'у 2. Для цилиндрическихъ насадокъ

$$\mu = 0,78$$

По Вейсбаху 1. Для круглыхъ отверстій $d=10$ до 24 мм. въ тонкой стѣнкѣ.

$$\mu = 0,555 \text{ до } 0,787$$

2. Для короткихъ цилиндрич. насадокъ того же d и тройной длины

$$\mu = 0,730 \text{ до } 0,833$$

3. Для округленныхъ короткихъ или длинныхъ коническихъ сопелъ

$$\mu = 0,95 \text{ до } 0,97$$

4. Для коническихъ сходящихся трубъ

$$(10^0) \dots \dots \dots \mu = 0,91 \text{ до } 0,964$$

коэффициентъ μ для 1 по Вейсбаху возрастаетъ съ разностью давленій.

2. Если температура воздуха при отверстіи не понижается, то по Редтенбахеру при внутр. давл. P и наружномъ p скорость истеченія

$$u = \sqrt{2gm. 2,3026 \log_{\text{nat}} \left(\frac{P}{p} \right)}$$

а количество воздуха въ kg, вытекающее въ 1 секунду $Q = kv F \frac{p}{m}$

гдѣ k коэф. сжатія въ тонкой стѣнкѣ и $= 0,61$ до $0,62$ и $m =$

$$\frac{10333}{\gamma_0} (1 + 0,00367t); \text{ при } t^0 = 10^0, m = 8283 \text{ для атм. воздуха.}$$

$$u = 612 \sqrt{\log. \left(\frac{P}{p} \right)}$$

Чѣмъ менѣе $P:p$, тѣмъ менѣе разность результатовъ обѣихъ формулъ.

$P : p$	u	$P : p$	u	$P : p$	u	$P : p$	u
1,01	40	1,06	97	1,20	172	2,50	386
1,02	57	1,07	105	1,40	234	3,00	423
1,03	69	1,08	112	1,60	277	3,50	451
1,04	80	1,09	118	1,80	309	4,00	475
1,05	89	1,10	125	2,00	336	4,50	495

f. Истечение воздуха при разности давлений отъ 0 до 1,4 атм.

(Приблизительныя формулы Густава Шмидта).

Обозначимъ: b барометрическое стояніе воздуха въ помѣщеніи воздухоовки; h_1 высота по манометру давленія воздуха въ воздухопроводныхъ трубахъ возлѣ сопелъ; h_2 высота давленія въ пространствѣ, куда воздухъ вдувается; $h > h_1$ давленіе дутья въ регуляторѣ; β стояніе барометра въ уровнѣ моря; E полезное дѣйствіе вытекающаго изъ сопелъ воздуха (полезное дѣйствіе дутья); N число лошадиныхъ силъ воздухоудвнжной машины, принимая въ соображеніе всѣ потери дутья и вредныя сопротивленія; τ повышение температуры воздуха въ воздухоудвнжныхъ цилиндрахъ въ градусахъ С; $\alpha_0 t_1 T_1 \mu$ и M_0 тѣ же, что въ е стр. 86, то для произвольной системы мѣръ

$$M = \sqrt{773,26 \times 13,6} \lambda \mu F \frac{\sqrt{(b+h_2)\beta}}{b\sqrt{1+\alpha t_1}} (1+\alpha t_0) \sqrt{2g(h_1-h_2)}.$$

Для метрической системы при $\beta=0,76$; $\mu=0,85$ и F въ кв. метрахъ

$$M=336,6\lambda F \frac{\sqrt{(b+h_2)}}{b\sqrt{1+\alpha t_1}} (1+\alpha t_0) \sqrt{h_1-h_2}, \text{ гдѣ } \lambda=1-0,03 \frac{h_1-h_2}{b+h_2}.$$

Примѣръ. Даны въ мм ртутнаго столба: $b=740$; $h_1=180$; $h_2=80$; слѣд. $p_0=740.13,6$; $P=920.13,6$ и $p=820.13,6$; даѣе $t_0=100$; $t_1=150$; получимъ $M_0=108,06 F$. Точная формула (подъ е стр. 86) напротивъ даѣтъ при $\mu=0,85$: $M=129,89 F$ и послѣ перевода $M_0=108,04 F$.

Полезная работа дутья будетъ:

$$E=13,6\varphi M_0 h_1, \text{ причѣмъ: } \varphi=0,986-0,275 \frac{h_1}{b}, \text{ если } \frac{h_1}{b} < 0,47,$$

$$\varphi=0,932-0,160 \frac{h_1}{b}, \text{ „ } \frac{h_1}{b} > 0,47 \text{ и } < 1,4$$

Эта работа м. б. принята $=0,55$ работы воздухоудвнжной машины; поэтому

$$N = \frac{E}{0,55 \times 0,75} = 0,025E.$$

Повышеніе температуры воздуха

$$\tau=1,2+70 \frac{h}{b}, \text{ если } \frac{h}{b} < 0,54; \tau=12,0+50 \frac{h}{b}, \text{ если } \frac{h}{b} > 0,54 \text{ и } < 1,4$$

g. Истечение воздуха или газа изъ длинной трубы.

Если отверстіе истеченія находится въ концѣ длинной трубы,

то, принимая во вниманіе треніе воздуха или газа о стѣнки трубы, по Редтенбахеру:

$$u = \sqrt{\frac{2gm \log_{\text{nat}} \left(\frac{P}{p} \right)}{1 + k^2 \frac{d^4}{D^4} \left[\left(\frac{1}{k_1} - 1 \right)^2 + 8\alpha \frac{L}{D} \right]}}$$

гдѣ D діаметръ трубы, d діаметръ выходнаго отверстія, L длина трубы $m = \frac{10333}{\gamma_0} (1 + 0,00367t)$; $\alpha = 0,00315$; k коэффициентъ сжатія для отверстія истечения, P давленіе въ резервуарѣ, p давленіе въ томъ пространствѣ, въ которое воздухъ вытекаетъ, u скорость истечения, k_1 коэф. сжатія для входа воздуха въ трубу.

h. Скорость истечения по давленію, наблюдаемому въ какомъ либо пунктѣ трубы.

Пусть P^1 давленіе, которое было наблюдаемо въ пунктѣ трубы, отстоящемъ отъ отверстія истечения на l метровъ; въ этомъ случаѣ:

$$u = \sqrt{\frac{2gm \log_{\text{nat}} \frac{P^1}{p}}{1 + 8\alpha k^2 \frac{ld^4}{D^3}}}$$

г. Движеніе воздуха въ трубахъ.

По Густ. Шмидту (на основаніи наблюденій Stockalper'a въ Готтардскомъ туннелѣ) потеря давленія Z въ m водянаго столба на длинѣ L м для длинныхъ чугунныхъ воздухопроводныхъ трубъ 0,15 до 0,20 м діаметромъ:

$$Z = \frac{785L}{10^{10}d} \gamma \left(5 + \frac{1}{d} \right) v^2$$

если γ вѣсъ 1 куб. м. воздуха въ трубахъ въ kg ; v скорость воздуха въ м и d діаметръ трубъ. Величины v и γ находимъ такъ:

Пусть V_0 объемъ (въ куб. м) воздуха, протекающаго чрезъ трубы въ секунду при 1 атмосфер. давленія и при 0°C ; p среднее абсолютное давленіе воздуха въ трубахъ въ атм. ; t температура въ трубахъ въ градусахъ C ; проходящій чрезъ трубы объемъ

$$V = \frac{V_0}{p} (1 + 0,00367t); \text{ слѣд. } v = \frac{V}{0,25\pi d^2}; \gamma = \frac{1,2932p}{1 + 0,00367t}$$

Потеря давления z въ kg на кв. метръ будетъ:

$$z = \lambda \frac{L}{d} \gamma \frac{v^2}{2g}, \text{ гдѣ } \lambda = 0,00154 \left(5 + \frac{1}{d} \right).$$

По Вейсбаху λ зависитъ отъ v и для v равнаго 25 до 105 м:

для лат. трубъ	10 mm діам.	$\lambda = 0,0273$	до 0,0148
	14,1 mm "	$\lambda = 0,0258$	" 0,0121
" стекл. "	10 mm "	$\lambda = 0,0273$	" 0,0139
	14,1 mm "	$\lambda = 0,0266$	" 0,0094
" цинк. "	24 mm "	$\lambda = 0,0230$	" 0,0130 при $v = 25$ до 80 м.

Потеря давления при проходѣ воздуха чрезъ кольчатую трубу въ kg на кв. метръ $z_1 = \zeta \gamma v^2 / 2g$ и при 10 mm діаметра $\zeta = 1,61$; при 14,1 mm діаметра $\zeta = 1,24$.

Для расчета воздуходувной машины для вентиляціи туннеля пусть: M_0 подаваемый въ секунду объемъ воздуха при температурѣ $t_0^\circ\text{C}$ и атмосфер. давленіи въ куб. метр.; M объемъ его въ куб. м: при давленіи p въ атм.; d діаметръ трубъ въ м. Тогда для $t = 10^\circ$: $\gamma = 1,25 p$; $M = M_0 \cdot p$ и $z = x \cdot p$; при чемъ

$$x = \frac{154}{10^{10}} (1 + 5d) \frac{LM_0^2}{d^6}.$$

Для опредѣленія числа N лошадиныхъ силъ воздуходувной машины поставимъ $p = 1 + 0,5z$; то $z = \sqrt{1 + 2x} - 1$ или въ метр. водянаго столба:

$H = 10,336 z$. Отсюда слѣдуетъ:

$$N = 13,6 \varphi M_0 H, \text{ гдѣ } \begin{cases} \varphi = 0,986 - 0,275 z, & \text{если } z < 0,47 \\ \varphi = 0,932 - 0,160 z, & \text{если } z > 0,47 \end{cases}$$

Необходимая работа двигателя принимается $N_1 = 1,25 N$.

Если M_0 и L для опредѣленнаго примѣра даны, то вычисляютъ N по вышеприведеннымъ формуламъ для различныхъ произвольныхъ d и изъ полученныхъ величинъ отыскиваютъ такую комбинацію изъ d , N и N_1 , которая лучше всего соотвѣтствуетъ мѣстнымъ условіямъ.

к. Истеченіе насыщающаго водянаго пара изъ отверстія резервуара (по Грасгофу).

Резервуаръ столь великъ, что скорость внутри можетъ быть принята равною нулю. Обозначимъ: P (абсолютное) удѣльное давленіе внутри резервуара въ kg на кв. м; v соотвѣтствующій удѣльный объемъ въ куб. м. на kg ; p удѣльное давленіе въ средѣ, окружающей отверстіе истеченія въ kg на кв. м.; α коеф. сжатія; ζ коеф. сопротивленія отверстія или мундштука; G вытекающее въ секунду количество пара въ kg ; g ускореніе тяже-

сти=9,51 m. Паръ внутри резервуара пусть влажный и количество воды въ 1 kg пара пусть $(1-x)$ kg. Далѣе пусть:

$$n=1,035+0,1x; m = \frac{n(1+\zeta)}{1+n\zeta}; p_0 = P \left(\frac{2}{m+1} \right)^{\frac{m}{m-1}}$$

Тогда, если вытекающій паръ будетъ не перегрѣтый (при $x=1$; а при $x<1$ не случится до тѣхъ поръ пока $\zeta<0,96$):

$$\text{для } p > p_0 \quad G = \alpha F \sqrt{2g \left[\frac{n}{n-1} \times \frac{P}{v} \left(\frac{p}{P} \right)^{\frac{2}{m}} - \left(\frac{p}{P} \right)^{\frac{m+1}{m}} \right]}$$

$$\text{для } p < p_0 \quad G = \alpha F \sqrt{\frac{gm}{1+\zeta} \left(\frac{2}{m+1} \right)^{\frac{m+1}{m}} \times \frac{P}{v}}$$

Для сухаго пара $x=1$ и $n=1,135$; вмѣстѣ съ тѣмъ

для $\zeta =$	0	0,05	0,1	0,25	0,5
„ $m =$	1,135	1,128	1,121	1,105	1,086
и для $p:P =$	0,577	до 0,587;	среднее=0,58.		

Тогда: если $p < 0,58P$ или $P > 1,7p$; то можно положить

$$G = \alpha F C P^{0,97} \quad \text{причемъ для } \zeta = \begin{matrix} 0 & 0,05 & 0,1 & 0,25 & 0,5 \\ C = 157,5 & 153,4 & 149,5 & 132,5 & 126,6 \end{matrix}$$

и P выражено въ атм. При этомъ для

P	= 1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5
$P^{0,97}$	= 1,48	1,96	2,43	2,90	3,37	3,38	4,30	4,76	5,22	5,68	6,14

За недостаткомъ специальныхъ опытовъ коэффициенты α и ζ , въ предыдущихъ формулахъ приняты по аналогіи величинъ для воды при подобныхъ же условіяхъ (α нѣсколько больше, ζ нѣсколько меньше).

Приблизительно по Нэпье (Napier):

$$G = \gamma F \sqrt{\frac{(P-p)p}{Pv}} \quad \text{для } P < 2p \quad \text{и} \quad G = 0,5 \gamma F \sqrt{\frac{P}{v}} \quad \text{для } P \geq 2p,$$

подъ γ понимается коэффициентъ, который, если P и p выражены въ атм., былъ найденъ для круглаго отверстія въ тонкой стѣнкѣ: $\gamma=382$; для короткой цилиндрической насадки съ округленіемъ на внутреннемъ краю; $\gamma=420$.

Поперечное сѣченіе F (за исключеніемъ опорной поверхности) предохранительнаго клапана, который 1) долженъ начинать выпускъ при давленіи пара $P_{\text{атм.}}$ и 2) долженъ быть въ состояніи выпустить данное количество пара G kg. въ секунду, если давленіе возрастетъ до p_0 атм., будетъ

$$F = \frac{55G}{\left(1 - \sqrt{\frac{P}{p}} \right)^{p_0^{0,97}}}$$

Необходимый груз Q (включая собств. вѣсъ клапана), если f горизонтальная проекція опорной поверхности (которая берется возможно меньше)

$$Q = (F + 0,6f)(P - 1) \text{ kg.}$$

Если предохранительный клапанъ при высшемъ допускаемомъ давленіи пара p_0 полное, при полномъ огнѣ развивающееся въ немъ количество пара G , долженъ свободно выпускать, то

$$F = \frac{521G}{p_0^{0,97}} \text{ соответственно } P = 0,80p_0$$

Б. Двигающая сила вѣтра.

Вѣтеръ дѣйствуетъ, какъ двигающая сила, подобнымъ же образомъ, какъ текущая вода; поэтому законы, данные для воды, можно почти точно употреблять и для двигающагося воздуха.

Давленіе, которое потокъ воздуха производитъ на неподвижную плоскость F нормальную къ направленію движенія

$$P = \zeta \gamma F \frac{v^2}{2g}$$

гдѣ ζ опытный коэффициентъ, измѣняющійся съ величиною плоскости отъ 1,86 до 3; v скорость въ м и γ вѣсъ куб. м. воздуха въ kg. Для $\zeta = 1,86$ и $\gamma = 1,292$ (при 13° температуры и нормальномъ стояніи барометра)

$$P = 0,12248 F v^2$$

Если $F = 1$ кв. м., то

при $v = 3 \quad 6 \quad 9 \quad 12 \quad 15 \quad 18 \quad 21 \quad 24 \quad 27 \quad 30$
 $P = 1,102 \quad 4,409 \quad 9,921 \quad 17,637 \quad 27,558 \quad 39,684 \quad 54,01 \quad 70,56 \quad 89,29 \quad 110,23$

Д'Обюиссонъ, принявъ P пропорціональнымъ $F^{1,1}$, даетъ таблицу.

Названіе вѣтра.	v м	P для $F = 1$ кв. м.	Названіе вѣтра.	v м	P для $F = 1$ кв. м.
Едва замѣтный	1	0,13	Очень свѣжій вѣтеръ	9	10,97
	2	0,54	Почти штормъ	12	19,50
Свѣжій вѣтеръ	6	4,870	Штормъ	15	30,47
Хорошій мельничн.	7	6,64	Ураганъ	20	54,16

Давленіе вѣтра на цилиндръ (газгольдеръ) $= 0,57$ того давленія, которое онъ производитъ на площадь равную прозекціи цилиндра. Если вѣтеръ дѣйствуетъ на плоскость по угламъ α , то давленіе по направленію v : $P = \zeta \gamma F \frac{v^2}{2g} \sin^2 \alpha$.

УП. Т е п л о т а.

1. Общія формулы и таблицы.

а) Измѣреніе теплоты.

1. Обыкновенно въ практикѣ употребляются ртутные термометры: Реомюра (Германія и Россія), Цельсія (во Франціи) и Фаренгейта (въ Англіи). Для перевода градусовъ каждаго изъ этихъ трехъ термометровъ на градусы двухъ прочихъ имѣемъ слѣдующія формулы:

$$F = 32 + 1,8C = 32 + 1,25R; \quad C = 0,555(F - 32) = 1,25R; \\ R = 0,444(F - 32) = 0,8C.$$

Градусы теплоты выше нуля обозначаютъ знакомъ + (плюсь), а ниже нуля знакомъ - (минусъ).

Таблица для перевода градусовъ одного термометра на другой.

Цельзія.	Реомюра.	Фаренгейта.	Цельзія.	Реомюра.	Фаренгейта.
40	32	40	90	72	194
30	24	22	95	76	203
20	16	4	100	80	212
177/9	142/9	0	105	84	221
15	12	5	110	88	230
10	8	14	115	92	239
5	4	23	120	96	248
0	0	32	125	100	257
+ 5	+ 4	41	130	104	266
10	8	50	135	108	275
15	12	59	140	112	284
20	16	68	145	116	293
25	20	77	150	120	302
30	24	86	155	124	311
35	28	95	160	128	320
40	32	104	165	132	329
50	40	122	170	136	338
60	48	140	175	140	347
70	56	158	180	144	356
80	64	176	185	148	365

2. Такъ какъ ртуть замерзаетъ при -39° Ц. и обращается въ паръ при $+350^{\circ}$ Ц., то она можетъ служить термометрическою жидкостью только между этими двумя температурами; до 280° Ц. ртутный термометръ безусловно предпочитается всѣмъ другимъ; при короткомъ времени опыта даже до 350° . Аल्коголь замерзаетъ

при 100° Ц., а отъ $+10^{\circ}$ вверхъ расширяется неравномерно: поэтому эта жидкость употребляется для измѣренія низкихъ температуръ.

3) Очень высокія температуры можно опредѣлить такъ: пригодное для этого тѣло (напр. платиновый шарикъ), вѣсъ котораго G и удѣльная теплота s извѣстны, заставляютъ принять температуру изслѣдуемаго тѣла (напр. жидкаго металла) и послѣ этого опускаютъ это тѣло (шарикъ) въ заранее взвѣшенное количество воды Q kg. опредѣленной температуры t^0 , то температура воды повышается до t^0_2 , а температура изслѣдуемаго тѣла:

$$t = t_1 + \frac{(t_2 - t_1)Q}{GS}.$$

Если нужно опредѣлить температуру расплавленнаго металла, то вливаютъ нѣкоторое его количество въ воду, измѣряютъ возвышеніе температуры и взвѣшиваютъ металлъ послѣ охлажденія. При этомъ нѣкоторое испареніе воды и одновременное нагрѣваніе сосуда и пр. благопріятствуютъ полученнымъ по этому способу результатамъ.

б. Температура каленія жельза по Пулье (Pouillet).

Слабокрасный (въ темнотѣ).	525 ⁰ C	Темноранжевый . .	1100 ⁰ C.
Темнокрасный	700	Свѣтлооранжевый . .	1200
Темновишневокрасный	800	Бѣлое каленіе . . .	1300
Вишневокрасный	900	Сварочный жаръ . .	1400
Свѣтловишневый	1000	Ослѣпительный. . .	1500

с. Расширеніе твердыхъ тѣлъ отъ еплоты.

α. Обозначимъ: l_1 и l_2 длины; F_1 и F_2 поверхности; V_1 и V_2 объемы тѣла при температурахъ t_1 и t_2 ; то

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{1 + \alpha t_1}{1 + \alpha t_2}; \quad \frac{F_1}{F_2} = \frac{1 + 2\alpha t_1}{1 + 2\alpha t_2}; \quad \frac{V_1}{V_2} = \frac{1 + 3\alpha t_1}{1 + 3\alpha t_2}$$

гдѣ α коэффициентъ линейнаго расширенія, т. е. величина, на которую возрастаетъ единица длины при возвышеніи температуры на одинъ градусъ. Если длина прута=1, то она увеличивается на

для	отъ 0—100 ⁰ C	для	отъ 0—100 ⁰ C
Свинца	0,002848	Чугунъ	0,001110
Бронзы	0,001816	Твердый припой (1	
Стекло	0,000861	цинкъ, 2 мѣди) . .	0,002058
Сталь незакален. . . .	0,001079	Мѣдь	0,001712
Золото	0,001514	Сталь закаленная . .	0,001239
Латуни	0,001867	Кирпичъ обыкновенн.	0,000550
Платины	0,000856	Кирпичъ огнеупорный	0,000493
Серебра	0,001990	Цинкъ литой	0,003051
Жельза	0,001231	Олово	0,002283
Стали незакаленной. .	0,001078		

При высшихъ температурахъ расширеніе уже не равномернo, но удлинненіе увеличивается съ температурою. Коэффициентъ расширенія поверхности вдвое, а объема втрое болѣе коэффициента линейнаго расширенія.

Сила расширенія или сжатія призматическаго бруса при измѣненіи температуры на t градусовъ: $P = \alpha t E F$, гдѣ E коэффиц. упругости и F поперечное сѣченіе.

Примѣръ. На сколько расширяется желѣзная полоса 5 м. длиною, если ея температура отъ $20^{\circ}C$ возвышается до $90^{\circ}C$.

Линейное расширеніе для $100^{\circ}C$. . . $5 + 0,001231 = 0,00615$ м.

” ” ” ” ” $70^{\circ}C$... $0,70 + 0,00615 = 0,00430$ м.

β. Остающееся расширеніе отъ попеременнаго нагрѣванія и охлажденія.

Принсепъ замѣтилъ, что чугунная реторта послѣ тройнаго попеременнаго нагрѣванія и охлажденія удерживаетъ остающееся расширеніе $= 0,0376$. Опыты Брикса съ колосниками дали слѣдующіе результаты: колосникъ 1,1 м. длиною послѣ трехъ дневной топки удлинился на 0,0049 м; послѣ 17 дневной на 0,0114 м. и послѣ 30 дневной на 0,0212 м.; т. е. расширился почти на 0,02. При дальнѣйшемъ употребленіи происходитъ еще дальнѣйшее расширеніе.

γ. Хотя для небольшихъ измѣненій температуры, какъ напр. въ атмосферѣ (45° наибольшее) расширеніе очень мало, однако оно можетъ имѣть значительныя и часто весьма вредныя послѣдствія; поэтому при всѣхъ большихъ постройкахъ и тамъ, гдѣ требуется большая точность, необходимо принимать его во вниманіе. Напр. чугуныя трубы отъ обыкновенныхъ измѣненій температуры легко будутъ вырываться одна изъ другой, если не будутъ снабжены нѣсколькими компенсаторами. Такая предосторожность еще необходимѣе для трубъ, проводящихъ паръ или горячій воздухъ, потому что онѣ испытываютъ значительныя измѣненія температуры.

д. Расширеніе жидкостей.

Коэффициентъ кубическаго расширенія жидкостей существенно зависитъ отъ температуры; только для ртути онъ можетъ быть разсматриваемъ какъ постоянный $= 1:5509 = 0,00018153$.

Вода при $4,1^{\circ}C$. ($3,2^{\circ}R$.) имѣетъ наибольшую плотность; по Дебрэ ея объемъ измѣняется слѣдующимъ образомъ:

Температура.	Объемы.	Темпер.	Объемы.	Темпер.	Объемы.
$0^{\circ}C$	1,000108	30	1,004330	70	1,02255
5	1,000008	40	1,00773		
10	1,000268			80	1,02885
20	1,001790	50	1,01205	90	1,03566
30	1,004330	60	1,01608	100	1,04315

Вода расширяется не только при температурѣ выше $4,1^{\circ}\text{C}$, но и ниже ея. Этѣмъ объясняются частые разрывы водопроводныхъ трубъ или другихъ сосудовъ, въ которыхъ вода отъ сильнаго холода замерзаетъ.

Примѣчаніе. По новымъ изслѣдованіямъ F. Nies и A. Winkelmann'a металлы расширяются въ моментъ затвердѣванія, такъ что твердый металлъ менѣе плотенъ, чѣмъ жидкій при одинаковой температурѣ.

е. Расширеніе газовъ.

α. По Гей-Люссаку, коэффициентъ расширенія всѣхъ газовъ $= 0,003665$; однако новыя изслѣдованія этого не подтверждаютъ; отклоненія тѣмъ больше, чѣмъ болѣе газъ имѣетъ характеръ пара. Такимъ образомъ расширеніе

На 1°C равно для:

Атмосф. воздуха . . .	$0,003665$	Амміачнаго газа . . .	$0,003713$
Кислорода . . .	$0,003685$	Окси углерода . . .	$0,003666$
Водорода . . .	$0,003661$	Угльной кислоты . . .	$1,003710$

Примѣръ. Холодный воздухъ при 0° входитъ въ печь и нагревается тамъ до 1000° . Во сколько разъ увеличится его объемъ?

Увеличеніе объема 1 при нагреваніи на 1° $= 0,00367$
 на 1000° $0,00367 \times 1000 = 3,670$
 Полный объемъ $1 + 3,670 = 4,670$
 или почти въ 4,625 разъ больше объема холоднаго воздуха.

β. Если, не измѣняя давленія, нагрѣть воздухъ или газъ на $t^{\circ}\text{C}$, то объемъ его возрастаетъ въ отношеніи $1 : 1 + 0,00367t$. Но его плотность при этомъ уменьшается въ обратномъ отношеніи. Если, слѣдов., этотъ воздухъ или газъ въ этомъ нагрѣтомъ состояніи подвергается переизмѣненію давленія, то его плотность измѣняется пропорціонально, объемъ же обратно пропорціонально этому давленію.

Примѣръ 1. Объемъ одного килограмма воздуха при 0° и при давленіи 0,76 м. (по высотѣ ртутнаго столба) $= 773$ метра; каковъ будетъ объемъ 1 kg. этого воздуха при температурѣ 46°C и подъ давленіемъ 1,25 м.

Объемъ 1 kg. воздуха подъ давленіемъ 0,76 м., нагрѣваясь отъ 0° до 46°C , будетъ ;

$$773[1 + 0,00367 \times 46] = 903,5 \text{ метра.}$$

Если нагрѣтый такимъ образомъ воздухъ подвергается давленію 1,25 м. по высотѣ ртутнаго столба, то его объемъ уменьшается обратно пропорціонально давленію и будетъ:

$$(903,5 \times 0,76) : 1,25 = 549,3 \text{ метра.}$$

Примѣръ 2. Кубическій метръ атмосфер. воздуха при 0° и подъ давленіемъ 1 атмосферы вѣситъ 1,293 килгр.; сколько вѣситъ

кубическій метръ этого воздуха при 66° и подь давленіемъ 2 атмосферъ?

Если 1 куб. метръ воздуха при 1 атмосферѣ давленія нагрѣвается отъ 0° до 66°С, то онъ расширяется въ отношеніи

$$1 : 1 + 0,00367 \times 66 \text{ или } 1 : 1,24222$$

Плотность, слѣдов. и вѣсъ 1 куб. метра, уменьшается въ обратномъ отношеніи и потому его вѣсъ $= (1,293 \times 1) : 1,2422,2 = 1,041$ килограмм.

Подвергая этотъ воздухъ давленію 2 атмосферъ (вмѣсто 1), удвоимъ его вѣсъ и потому вѣсъ 1 куб. метра $= 2 \times 1,041 = 2,082$ килогр.

Примръ 3. Кубическій метръ воздуха имѣетъ давленіе 1 атм. при температурѣ 0°. Онъ сжимается до 0,6 куб. м. и нагрѣвается такъ, что давленіе его возрастаетъ до 3 атм. При какой температурѣ t это произойдетъ?

Объемъ воздуха при 1 атм. давленія и t градусахъ температуры $= 1 + 0,00367t$; а при 3 атмосферахъ въ 3 раза меньше. Этотъ объемъ долженъ $= 0,6$ куб. м. слѣдов.

$$(1 + 0,00367t) : 3 = 0,6; \text{ и } t = 218^{\circ}.$$

f. Температура плавленія различныхъ тѣлъ.

Название тѣлъ.	α	Название тѣлъ.	α
Платина	2500	5 олово, 1 свинца	194
Желѣзо 1500 до	1600	8 висмута, 3 олова, 1 свинца.	100
Сталь 1300 до	1400	4 висмута, 1 олово, 1 свинца (мет. Розэ)	94
Чугунъ сѣрый	1200	Сѣра	109
Чугунъ бѣлый . 1050 до	1100	Желтый воскъ	61
Золото 1100 до	1250	Натръ	90
Мѣдь 1050 до	1200	Кали	58
Серебро и алюминій	1000	Стеаринъ	49-43
Бронза	900	Спермацетъ	48
Сюрьма	450	Парафинъ	46
Цинкъ	433	Фосфоръ	43
Свинецъ	330	Терпентинное масло	10
Висмутъ	270	Ртуть	39
Олово	230		

г. Температура кипѣнія разныхъ тѣлъ при давленіи 1 атмосф.

На з в а н і е.	Град. С.	На з в а н і е.	Град. С.
Сѣра.	440	Азотная кислота (уд. в. =1,52).	86
Ртуть	350	Алькоголь (уд. в.=0,79)	78,4
Сѣрная кислота (уд. в. 1,85)	325	Сѣрнистый углеродъ.	47
Льняное масло	316	Сѣрнистый эфиръ	36
Фосфоръ	290	Соляная кислота (уд. в. =1,21).	20
Терпентинное масло.	156	Сѣрнистая кислота	10

*г. Температура плавленія сплавовъ *).*

Сплавъ состоитъ изъ частей.			Температура плавленія въ градусахъ.			Соотвѣтствующее давленіе пара въ атмосферахъ.
Висмута.	Свинца.	Олова.	Цельзія.	Реомюра.	Фаренгейта.	
8	5	3	100	80	212	1
8	8	4	113,3	90,6	235,9	1½
8	8	8	123,3	98,6	253,9	2
8	10	8	130	104	266	2½
8	12	8	132,4	105,9	270,3	3
8	16	14	142,3	113,8	288,1	3½
8	16	12	145,4	116,3	293,7	4
8	22	24	153,8	123	308,8	5
8	32	36	160,2	128,1	320,3	6
8	32	28	166,5	133,2	331,7	7
8	30	24	172	137,6	341,6	8

и. Сжатіе тѣлъ.

При охлажденіи тѣла происходитъ его сжатіе; тѣло получаетъ свои прежнія измѣренія, если температура его будетъ понижена

*) Эти легкоплавкіе сплавы употребляли прежде въ паровыхъ котлахъ для предохраненія отъ взрыва. Такъ какъ увеличеніе упругости пара соотвѣтствуетъ всегда возвышенію его температуры, то при большой упругости паръ могъ расплавить металлическій сплавъ, закрывающій отверстіе паровика и такимъ образомъ открыть себѣ выходъ. Поэтому каждому давленію пара соотвѣтствуетъ особенный металлическій сплавъ, нумерованный числомъ атмосферъ, для котораго котелъ назначенъ, какъ показываетъ послѣдній столбецъ таблицы.

до первоначальной степени. Такъ какъ чугуны и другія плавкия тѣла въ жидкомъ состояніи, т. е. при очень высокой температурѣ, отливаются въ формы, то ясно, что произведенныя такимъ образомъ отливки при охлажденіи сжимаются и размѣры ихъ выходятъ меньше размѣровъ самыхъ формъ. Поэтому слѣдуетъ давать моделямъ, по которымъ изготовляются формы, измѣренія нѣсколько большія, чѣмъ предполагаемыя измѣренія отлитой вещи.

Слѣдующія числа показываютъ величину сжатія нѣкоторыхъ тѣлъ при переводѣ изъ жидкаго состоянія въ твердое по одному измѣренію.

Чугунъ	$1/96=0,0104$
Желѣзо каленое до-красна	$1/88=0,0114$
Желтая мѣдь	$1/65=0,0150$
Пушечный металлъ (100 ч. мѣди и 12,5 олова)	$1/134=0,0075$
Колокольный металлъ (100 ч. мѣди и 18 ч. олова)	$1/63=0,0159$
Артиллерійскій металлъ (100 ч. мѣди, 12½ ч. олова)	$1/134=0,0075$
Цинкъ	$1/62=0,0161$
Свинецъ	$1/92=0,0109$
Олово	$1/147=0,0068$
Висмутъ	$1/263=0,0038$

Такъ какъ линейное сжатіе чугуна простирается почти до $1/100$, то для приготовленія моделей при отливкѣ чугунныхъ вещей употребляются особыя мѣры, которыя больше обыкновенныхъ на $1/100$.

Въ прокатныхъ заводахъ считаютъ 12 mm усадки на 1 метръ.

к. Удельная теплота или теплоемкость.

1. Удельная теплота какого либо тѣла при опредѣленной температурѣ есть то количество теплоты (число единицъ теплоты), которое необходимо для повышенія температуры 1 kg этого тѣла на 1°C .

Хотя удѣльная теплота только для газовъ не зависитъ отъ температуры, однако это обыкновенно допускаютъ и для прочихъ тѣлъ.

Если G kg вѣсъ тѣла, его удѣльная теплота $=c$, то для нагрѣванія на $t^{\circ}\text{C}$ потребно cGt единицъ теплоты.

2. Удельная теплота твердых и капельножидких тѣлъ.

Алкооль (уд. в. 0,81).	0,700	Латунь	0,0939
„ (уд. в. 0,79).	0,622	Металль Розе (8 висм.,	
Сѣрный эфиръ (уд. в.		4 олова, 4 свинца) . .	0,0338
0,715).	0,520	Растворъ селитры (1 ч.	
Алюминій.	0,2143	селитры, 3 ч. воды) . .	0,6460
Амміакъ (уд. в. 0,948).	1,0300	Известковый растворъ (9	
Антимоній (сѣрьма). .	0,0508	изв., 16 воды).	0,4390
Свинецъ.	0,0314	Растворъ поваренной соли	
Дубовое дерево	0,5700	(уд. в. 1,120)	0,8473
Уксусъ	0,9200	Никкель	0,1080
Ледъ	0,9200	Льняное масло	0,5280
Уксусная кислота . . .	0,6600	Оливковое масло	0,5040
Желѣзо кованое	0,1138	Нефть	0,4930
„ литое.	0,1298	Платина	0,0324
Сосновое дерево	0,6500	Нашатырь (1 ч. нашатыр.	
Сѣрная кислота	0,3500	5 ч. воды)	0,7980
Полевой шпатель. . . .	0,1911	Ртуть.	0,0333
Соляная кислота (уд. в.		Раств. сахара (уд. в. 1,17)	0,7700
1,153).	0,6000	Сѣра.	0,2026
Стекло.	0,1777	Растворъ кали	0,7500
Азотная кислота (уд. в.		Тяжелый шпатель	0,1068
1,3)	0,6614	Серебро.	0,0570
Колокольный металлъ		Сталь	0,1185
(22 олова, 78 мѣди). .	0,1100	„ Бессемеровская литея.	0,2070
Золото	0,0324	Сало топленое.	0,3000
Чугунъ.	0,1295	Глина обозженная	0,1950
Шлаки	0,3300	Кирпичъ огнеупорный . .	0,2083
Известковый шпатель. .	0,2046	Вода	1,000
Древесный уголь. . . .	0,2415	Цинкъ	0,0956
Мѣдь	0,0952	Олово	0,0562

Удельная теплота воды по Реньо: $c=1+0,00004t+0,0000009t^2$.

Примѣръ. Желѣзная сковорода 12 м длиною, 10 м шириною и 1160 кг вѣсомъ наполнена до 37 сант. въ высоту разсоломъ, котораго уд. вѣсъ = 1,120, а температура 20°C. Спрашивается, сколько нужно единицъ теплоты для нагрѣванія разсола до 85°C?

Вѣсъ содержащагося въ сковородѣ разсола $= 120 \times 100 \times 3,7 \times 1,120 = 44352$ кг. Удельная теплота листового желѣза приблизительно 0,11. Количество теплоты, потребное для нагрѣванія сковороды: $1160 \times 65 \times 0,11 = 8294$ единицъ теплоты. Удельная теплота разсола (съ удѣльнымъ вѣсомъ 1,120) равна 0,8473; поэтому количество теплоты для нагрѣванія 44353 кг будетъ $= 44353 \times 65 \times 0,8473 = 2442700$ един. теплоты. Для нагрѣванія сковороды вмѣстѣ съ разсоломъ нужно: $2442700 + 8294 = 2450994$ единицы теплоты. Если надобно температуру отъ 0° довести до 85°, то потребное для

нагрѣванія количество теплоты: $(1160 \times 0,11 + 44352 \times 0,8473) \cdot 85 = 3194300 + 10846 = 3205146$ един. теплоты т. е. на 754142 единицы теплоты больше, чѣмъ въ первомъ случаѣ; поэтому въ послѣднемъ случаѣ нужно около $10\frac{10}{32}$ болѣе топлива, чѣмъ въ первомъ.

3. *Удельная теплота газовъ.* Если воздухъ расширяется (напр. подъ колоколомъ воздушнаго насоса), то его температура и упругость уменьшаются. Чтобы привести эту упругость опять къ первоначальной ея величинѣ, нужно воздухъ нагрѣть. Но если масса воздуха нагрѣвается на 1°C , то она можетъ расширяться такъ, что его упругость остается безъ измѣненія; поэтому необходимая для этого теплота состоитъ изъ 2 частей: изъ части, которая при постоянномъ объемѣ возвышаетъ температуру и изъ части, которая при этой температурѣ увеличиваетъ объемъ. Если первая часть $=1$, то вторая по Реньо $=0,41$, т. е. удѣльная теплота воздуха при постоянномъ давленіи въ отношеніи 1,41 къ 1 болѣе удѣльной теплоты при постоянномъ объемѣ.

По Реньо удѣльная теплота газовъ и паровъ, принимая уд. т. воздуха $=1$:

Т ѣ л а.	При постоянномъ		
	Воздухъ $=1$	Вода $=1$	
	давленіи	объемъ	давленіи
Атмосферный воздухъ.	1,0000	0,1686	0,2370
Окись углерода	1,0793	0,1756	0,2479
Углекислота	0,9104	0,1535	0,2164
Кислородъ.	0,9180	0,1548	0,2184
Азотъ	1,0265	0,1730	0,2440
Водородъ	14,3231	0,4146	3,4046
Водяной паръ	1,9794	0,3337	0,4750

1. Температура смѣсей. Измѣненіе состоянія тѣлъ. Скрытая теплота. Конденсація водянаго пара.

1. Чтобы G килограм. воды при t^0 нагрѣть до температуры t_1^0 необходимо

$$G_1 = G \frac{t_1 - t}{t_2 - t_1} \text{ килогр. воды при } t_2^0.$$

2. $G + G_1$ килогр. воды, составленной изъ смѣси G килогр. воды при t^0 и G_1 килогр. при t_1^0 имѣютъ температуру

$$t_2^0 = \frac{Gt + G_1t_1}{G + G_1}.$$

3. *Скрытой теплотой* называется то количество теплоты, которое соединено съ переходомъ твердаго тѣла въ жидкое и жидкаго въ газообразное состояніе, и которое не ощутительно ни для чувствъ, ни для термометра. Это количество теплоты дѣлается свободнымъ, когда, обратно, капельножидкое тѣло переходитъ въ твердое и газообразное въ капельножидкое состояніе.

Скрытая теплота тѣлъ

Ледь.	79,25	калорій.	Водяные пары при 100°.	537	калорій.
Свинецъ	5,3	"	Алькоголь (уд. в. 0,825).	245	"
Олово	14,3	"	Сѣрный эфиръ	168	"
Серебро	21,1	"	Терпентинное масло	74	"

4. Сумма явной и скрытой теплоты насыщающаго водянаго пара при температурѣ $t^{\circ}C$ по Реньо: $Q=606, 5+0, 305t$ единицъ теплоты въ 1 kg. пара.

По Уатту для обыкновенныхъ случаевъ практики $Q=640$ един. теплоты (постоянныя велич.). Сумма эта для водянаго пара во 100° по Уатту $540+100=640$ калорій; она и для пара въ 120° остается тоже $=640$, но скрытая теплота его равна тогда только $640-120=520$ калорій.

По этому при нагреваніи водяными парами 1 kg. водянаго пара освобождаетъ $640-t$ калорій, если жидкость д. б. нагрѣта до t° .

5. Плотности паровъ относятся почти обратно пропорціоально ихъ скрытой теплотѣ

6. Для сгущенія G kg пара въ воду съ температурою t_1° потребно

$$G_1 = \frac{640-t_1}{t_1-t_2} G \text{ kg воды при } t_2^{\circ}$$

7. $(G+G_1)$ kg воды, полученные изъ G_1 kg воды при t_1° и отъ сгущенія G kg пара, имѣютъ температуру

$$T = \frac{640G + G_1 t_1}{G + G_1} \text{ градусовъ.}$$

При $G=1$ kg; $t_1^{\circ}=0$ и $T_1=100^{\circ}$; получимъ $100(1+G_1)=640$ и $G_1=(640-100):100=5,4$ кг, т. е. одинъ kg пара при 100° можетъ нагрѣть 5,4 kg воды взятой при 0° до температуры кипѣнія (100°) или 5,4 kg воды при 0° и 1 kg пара при 100°, когда послѣдній сгущается первую, дадутъ 6,4 kg воды при 100°.

Примръ 1. На фабрикахъ стеариновой кислоты нагрѣваютъ мыловаренный чанъ водяными парами. Для операціи потребно 2000 kg. сала, 4000 kg. воды и 280 kg. ѣдкой извести. Количество воды, происходящее отъ сгущенія пара и потребное для приготовления известковаго раствора, должно считать вмѣстѣ съ упомя-

нутыми 4000 kg. Температура всѣхъ веществъ отъ $+15^{\circ}$ должна быть возвышена до 100° . Какое потребно количество пара для производства операціи?

280 kg. извести требуютъ для образованія раствора 500 kg. воды, и для нагрѣванія 780 kg. известковаго раствора на 85° ($100 - 15$) потребно:

$780 \times 85 \times 0,44 = 28172$ калорій, слѣдов. $28172 : 540 = 54$ kg. пара.

Для нагрѣванія 2000 kg. сала нужно: $2000 \times 85 \times 0,3 = 51000$ калорій или $51000 : 540 = 95$ kg пара. Поэтому остается еще $4000 - (500 + 54 + 95) = 3351$ kg воды, для нагрѣванія которой также потребно соотвѣтствующее количество пара. 1 kg пара нагрѣваетъ 6,45 kg воды отъ 15 до 100° и отъ того происходитъ 7,45 kg воды при 100° . Слѣдов. въ мыловаренномъ чанѣ должно содержаться $(6,45 \times 3351) : 7,45 = 2900$ kg воды, которые для своего нагрѣванія требуютъ $3351 - 2900 = 451$ kg пара. И такъ всего пара нужно:

$$44 + 95 + 451 = 600 \text{ kg.}$$

Примръ 2. При эфироперегонномъ аппаратѣ охлаждають пріемникъ льдомъ при 0° . Сколько растаетъ льда при возгонкѣ 20 kg эфира?

Скрытая теплота паровъ эфира $= 90$ калоріямъ. При сгущеніи эго дѣлаются свободными $20 \times 168 = 3360$ калорій. А такъ какъ скрытая теплота льда $= 79,25$ калорій, то 20 фунтовъ паровъ эфира растопятъ $\frac{3360}{79,25} = 43$ kg льда.

Примѣчаніе. Значительная скрытая теплота водяного пара заключаетъ въ себѣ причину, почему въ паровыхъ машинахъ употребляется много топлива.

5. Теплота переходитъ въ скрытое состояніе не при одномъ расплавленіи и испареніи, но также тогда, когда твердое тѣло растворяется въ жидкости или отдѣляется изъ нея; далѣе, когда изъ поглощается водою. Однимъ словомъ, всякое измѣненіе въ цѣпленіи частей какого либо тѣла, отъ какой бы причины оно и происходило, сопровождается или отдѣленіемъ, или присоединеніемъ теплоты.

Такимъ образомъ при раствореніи солей происходитъ вообще пониженіе температуры; между тѣмъ поглощеніе соляной кислоты, аміачнаго газа соединено съ развитіемъ теплоты; въ первомъ случаѣ потому, что твердое тѣло переходитъ въ капельножидкое состояніе: въ послѣднемъ потому, что газообразное тѣло превращается въ капельножидкое, при чемъ теплота дѣлается свободною. Химическія дѣйствія могутъ при этомъ подавать поводъ къ измѣненіямъ, какъ только бываетъ соединено съ ними измѣненіе плотностей. На этомъ основывается также употребленіе охлаждающихъ смѣсей, т. е. составленіе солей, при раствореніи которыхъ въ водѣ происходитъ значительное пониженіе температуры.

т. Таблица охлаждающих смесей.

Вещества въ частяхъ по вѣсу.	Температура по- нижается	
	отъ	до
1 воды, 1 азотнокислаго амміака	+10°C	—15,5°C
10 разведен. сол. кислоты, 16 глаубер. соли.	+10	—17,8
1 разбавл. сол. кислоты, 1½ глаубер. соли.	+10	—16
1 снѣга, 4 купороснаго масла, 1 воды	0	—32,5
1 снѣга, 1 разбавленной сѣрной кислоты	— 7	—51
1 снѣга, ½ разбавленной азотной кислоты	—23	—49
1 снѣга или толчен. льда, 1 поварен. соли	0	—17,8
1 снѣга; 1,3 хлористаго кальція	0	—49
1 снѣга; 0,625 соляной кислоты	0	—33
1 снѣга; 0,400 повар. соли; 0,2 нашатыря	0	—24
1 снѣга; 0,416 повар. соли; 0,416 азотнокисл. амміака	0	—31

II. Теплота, какъ работа.

1. *Механическій эквивалентъ теплоты.* По механической теоріи теплоты „теплота и работа эквивалентны“, т. е. во всѣхъ случаяхъ, гдѣ теплота производитъ работу, исчезаетъ пропорціональное полученной работѣ количество теплоты и наоборотъ чрезъ израсходование такой же точно работы можно возвратить это самое количество теплоты. Механическая работа, получаемая чрезъ израсходование единицы теплоты называется *механическимъ эквивалентомъ теплоты*. Этотъ эквивалентъ по опытамъ Джоуля = 424 килограмметр. Эта величина называется также числомъ Джоуля. Слѣд. 1 калорія теплоты, превращаясь въ механическую работу, можетъ поднять вѣсъ 424 kg. на высоту 1 м. или обратно: механическая работа, которую нужно израсходовать для поднятія вѣса 424 kg. на 1 метръ высоты, можетъ дать одну калорію теплоты. Чтобы получить Q единицъ теплоты, необходима работа: $L=424Q$, откуда $Q=AL$, гдѣ $A=\frac{1}{424}$ есть *тепловой эквивалентъ* единицы работы *).

2. *Дѣйствіе теплоты.* Если тѣло принимаетъ теплоту, то эта теплота употребляется для возвышенія температуры и для расширенія объема. При расширеніи преодолеваются силы, связывающія малѣйшія частицы тѣла; а также внѣшнее давленіе, которое дѣйствуетъ на поверхности тѣла. Поэтому теплота производитъ при расширеніи внутреннюю и внѣшнюю работы.

Пусть Q количество теплоты, которое переходитъ въ 1 kg. тѣла; при этомъ температура возвышается на t градусовъ и на внутреннюю работу употребляется J , на внѣшнюю A килогр. метр. работы; слѣд. должно быть

$$Q=ct+\frac{J}{424}+\frac{A}{424}.$$

*) По новымъ изслѣдованіямъ Реньо 1 : $A=435$ килогр. метр.

Здѣсь с представляеть истинную удѣльную теплоту тѣла, т. е. ту теплоту, которая только возвышаетъ температуру. Первая часть *ст* справедливо называется чувствуемою или явною теплотою; вторая и третья часть вмѣстѣ скрытою или связанною теплотою, а именно вторая есть внутренняя, третья внѣшняя скрытая теплота.

— VIII. Свойства пара.

1. *Насыщенный паръ*. Испареніе воды происходитъ на ея поверхности при всякой температурѣ; кипѣніе, напротивъ, начинается внутри массы воды и только при температурѣ, при которой упругость образующихся частицъ пара дѣлается равною давленію выше лежащихъ слоевъ воды и внѣшнему давленію на поверхность воды. Въ открытомъ сосудѣ это внѣшнее давленіе есть давленіе атмосфернаго воздуха; въ закрытомъ сосудѣ это давленіе можетъ происходить отъ заключеннаго внутри его воздуха и отъ паровъ, выдѣлившихся изъ воды и находящихся надъ ея поверхностью. Если внѣшняго давленія нѣтъ, т. е. если вода находится въ пустомъ пространствѣ, то кипѣніе происходитъ безпрепятственно при всякой температурѣ.

Если въ закрытомъ сосудѣ находятся вода и паръ опредѣленной температуры, и если сосудъ нагрѣвать еще долѣе, то упругая сила частичекъ пара внутри воды возрастаетъ; опредѣленное количество новыхъ частицъ пара освобождается изъ воды и переходитъ въ пространство надъ нею, наполненное уже паромъ. Паръ, достигшій наибольшей плотности и упругости соотвѣтственно новой температурѣ, называется паромъ *насыщающимъ* пространство.

Если температура еще продолжаетъ увеличиваться, то количество пара, плотность его и упругость непрерывно возрастаютъ, пока паръ опять не сдѣлается насыщающимъ. Слѣдовательно, всякой температурѣ соотвѣтствуетъ особая степень насыщенія. Если пространство насыщено парами, т. е. если въ немъ находится столько паровъ, сколько при данной температурѣ можетъ находиться, то при пониженіи въ сосудѣ температуры на какое нибудь число градусовъ, или при увеличеніи давленія соотвѣтствующая часть пара тотчасъ превращается въ воду: происходитъ конденсація (сгущеніе) пара; несгущенный же паръ остается насыщающимъ. Паръ будетъ всегда насыщающимъ, если онъ еще находится въ соприкосновеніи съ водою.

Чтобы можно было насыщающій паръ подвергать давленію, не допуская конденсаціи, необходимо возвышать сообразно съ давленіемъ и температуру. Если нужно понизить температуру насыщающаго пара и при этомъ избѣжать конденсаціи, должно объемъ его увеличивать сообразно съ пониженіемъ температуры.

2. *Перегрѣтый паръ*. Если заключающаяся въ закрытомъ сосудѣ вода вся превратилась въ паръ и если продолжать нагрѣваніе этого сосуда, то паръ *перегрѣвается*. Всякій паръ, который не насыщаетъ пространство (т. е. когда въ немъ нѣтъ лишней

воды, въ противномъ случаѣ оно сейчасъ насыщалось бы) можетъ быть разсматриваемъ, какъ перегрѣтый. Такіе пары имѣютъ свойства постоянныхъ газовъ вообще, и слѣдуютъ закону Мариотта и Гей-Люссака.

Если p давленіе перегрѣтаго или ненасыщенного водянаго пара при температурѣ t и объемѣ v ; p_1 —давленіе этого пара при t_1 и v_1 ; d и d_1 плотность этого пара при температурахъ t и t_1 , то по закону Мариотта и Гей-Люссака:

$$\frac{p}{p_1} = \frac{1+0,00367t}{1+0,00367t_1} \times \frac{d}{d_1} = \frac{1+0,00367t}{1+0,00367t_1} \times \frac{v_1}{v}$$

1 куб. метръ пара съ упругостію p на квадр. сантим. и при температурѣ t вѣситъ $\frac{0,7827 \times p}{1+0,00367t}$ килограммовъ.

3. Упругость и температура насыщеннаго водянаго пара. Эти величины даны въ слѣдующей таблицѣ по Ренью.

4. Вѣсъ водянаго пара. Его часто принимаютъ въ $\frac{5}{8} = 0,625$ вѣса атмосфернаго воздуха при той же температурѣ и давленіи. Это отношеніе по Уатту 0,6334; по Гей-Люссаку 0,6235 и по Ренью 0,622 для пара выше 100°. По механической теоріи теплоты это отношеніе возрастаетъ съ температурою, какъ показываетъ слѣдующая таблица.

а) По Цейнеру вѣсъ 1 куб. метра насыщеннаго пара (т. е. еще находящагося въ соприкосновеніи съ произведшею его водою и имѣющаго всю свою наибольшую плотность и упругость) опредѣляется по эмпирической формулѣ: $\gamma = \alpha p^{\frac{1}{n}}$ kg, гдѣ $\alpha = 0,6061$

$\frac{1}{n} = 0,9393$ и p въ атмосферахъ.

б) По Навье: $\frac{1}{\gamma} = \frac{m}{n+p}$, гдѣ m и n имѣютъ слѣдующія значенія:

	Если $p < 3,5$ атм.	Если $p > 3,5$ атм.	Если p выражено въ атмосферахъ
$m =$	1,9530	2,0540	} въ атмосфер.
$n =$	0,1161	0,2922	
$m =$	1,9995	2,1224	
$n =$	0,1200	0,3019	

γ) Упругость p' , которую принимаетъ насыщенный паръ съ упругостію p и объемомъ V , когда онъ расширяется въ объемъ V' , получится изъ уравненія:

$$p' = \frac{V}{V'} (n+p) - n$$

5. *Количество теплоты для образованія пара.* По механической теоріи теплоты полное количество теплоты λ , которое необходимо для того, чтобы 1 kg. воды при 0^0 превратить въ насыщающій паръ съ опредѣленной температурою t^0 , (и упругостію p) составляется изъ двухъ частей:

а. Теплоты, которая нагрѣваетъ воду до температуры t^0 , при которой начинается образованіе паровъ. Называютъ эту часть явную или чувствуемую теплотою; обозначимъ ее чрезъ q .

б. Теплоты, которая производитъ измѣненіе состоянія воды, не возвышая температуру, т. е. которая превращаетъ при постоянномъ давленіи 1 k. воды при t^0 въ паръ t^0 . Эта часть называется скрытою теплотою, или, по Клаузіусу, теплотою испаренія; обозначимъ ее чрезъ r . Но при измѣненіи состоянія одна часть скрытой теплоты преодолеваетъ сдѣвленіе частицъ, другая же преодолеваетъ внѣшнее давленіе, подъ которымъ паръ образуется; первая часть ρ называется внутреннею скрытою теплотою (внутр. теплотою испаренія), другая же—часть Apu , обратившаяся въ работу при образованіи паровъ подъ постояннымъ давленіемъ p , называется внѣшнею скрытою теплотою, гдѣ u разность объемовъ вѣсовой единицы пара при давленіи p и вѣсовой единицы воды, и A тепловой эквивалентъ единицы работы; если v —объемъ 1 k. насыщающаго пара въ куб. метр. и w объемъ 1 k. воды въ куб. м., то $u=v-w$. Имѣемъ

$$\lambda = q + \rho + Apu; \quad r = \rho + Apu; \quad J = q + r.$$

Величина J называется теплотою пара; она есть разность количествъ теплоты, заключенныхъ въ 1 k. пара при t^0 и въ 1 k. воды при 0^0 . Отсюда

$$\lambda = \underbrace{q}_{J} + \underbrace{\rho + Apu}_r$$

Для опредѣленія этихъ 6 величинъ, кромѣ данныхъ трехъ уравненій, служатъ двѣ импирическія формулы Реньо:

Сумма явн. и скрыт. тепл. пара; $\lambda = (606,5 + 0,305t)$ кал. въ 1 k. пара

Явная теплота пара, $q = ct = t + 0,00002t^2 + 0,0000003t^3$

гдѣ c удѣльная теплота воды и $c = 1 + 0,00004t + 0,0000009t^2$

Поэтому теплота испаренія;

$$r = \lambda - q = 606,5 - 0,695t - 0,00002t^2 - 0,0000003t^2$$

Недостающее шестое уравненіе представляетъ эмпирическая формула Цейнера для внутренней скрытой теплоты, соответствующей температурамъ паровъ, которыя замѣчаются въ паровыхъ машинахъ;

$$\rho = 575,40 - 0,791t;$$

поэтому $Apu = \lambda - q - \rho = 31,10 + 1,096t - q$, гдѣ для q надо подставить величину $t + 0,00002t^2 + 0,0000003t^3$.

По этимъ формуламъ вычислены ρ и $A\rho u$, находящіяся въ таблицѣ; если присовокупимъ сюда еще величину q , то получимъ не показанныя въ таблицѣ величины изъ простыхъ соотношеній:

$$J=q+\rho; r=\rho+A\rho u; \lambda=q+\rho+A\rho u.$$

Далѣе приведенныя въ таблицѣ величины для u получены изъ $A\rho u$ чрезъ раздѣленіе на $\frac{424}{\rho}$.

Приблизительно можно разсматривать w , какъ независимую отъ температуры и постоянную величину; $w=0,001$, то $v=u+0,001$.

А въсь 1 куб. метра пара въ килогр.: $\gamma = \frac{1}{v} = \frac{1}{u+0,001}$

При вычисленіяхъ очень часто считаютъ удѣльную теплоту воды постоянной $u=1,0224$ (какъ среднее).

6. *Примръ.* Въ котлѣ безпрерывно образуется паръ при постоянномъ давленіи; это возможно тогда, если въ каждое мгновеніе отводится столько пара, сколько его образуется. Паръ идетъ въ паровой цилиндръ, поршень котораго будетъ подниматься. Нужно опредѣлить работу, производимую паромъ и выразить ее въ калоріяхъ.

Для пара при 100^0 количество теплоты, содержащейся въ парѣ по Реньо:

$$\lambda=606,5+0,305 \times 100=637 \text{ калорій, явная теплота}$$

$$q=100+0,2+0,3=100,5 \text{ калорій.}$$

Одинъ kg такого пара имѣетъ объемъ $=1,6494$ куб. метра; онъ образовался изъ одного литра воды, слѣд. увеличеніе объема $=1,6484$ куб. метр. Если паровой поршень имѣетъ площадь 1 кв. метръ, то при образованіи 1 kg пара онъ подвинется на 1,6484 метра. Поэтому произойдетъ работа $=1,6484 \times 10334=17044 \text{ kgmet.}$ Одна калорія теплоты производитъ работу 424 kgmet и обратно изъ 424 kgmet работы образуется 1 калорія теплоты; слѣд. происшедшая работа соотвѣтствуетъ $17519 : 424=40,2$ калоріямъ. И такъ для образованія 1 kg пара подъ давленіемъ 1 атм. необходимо: 1) 100,5 калорій явной теплоты для нагрѣванія воды; 2) 40,2 калорій вѣшной скрытой теплоты для преодоленія вѣшняго давленія; 3) 496,3 калорій внутренней скрытой теплоты для образованія изъ воды пара. Внутренняя скрытая теплота уменьшается, если температура t увеличивается, какъ видно изъ $\rho=575,4-0,701t^0$.

7. Таблица для насыщающих водяных паров по Цейнеру.

Абсолютн. да- влен. или упру- гость пара p .		Температура t въ градусахъ $^{\circ}C$.	Теплота для образова- нія 1 klг. пара въ ка- лоріяхъ ($\lambda=q+r+\text{ар.}$)				Величины.		Плот. $\gamma=1/v$ или въсь 1 куб. метра пара въ килограм.
Въ атмосферахъ.	Въ килограммахъ на квадрат. метрѣ.		Явная теплота q	Теплота испа- ренія $=r$		$u=v-w$.	$\frac{p}{u}$		
				Внутрен- няя скры- тая тепл. ρ	Теплота об- рашающая- ся въ работу Ару				
0,1	1033,4	46,21	46,282	538,848	35,464	14,5508	37,03	0,0687	
0,2	2066,8	60,45	60,589	527,534	36,764	7,5421	69,95	0,1324	
0,4	4133,6	76,25	76,499	515,086	38,171	3,9154	131,55	0,2553	
0,6	6200,4	86,32	86,662	507,121	39,045	2,6700	189,93	0,3744	
0,8	8267,2	93,88	94,304	501,141	39,688	2,0355	246,20	0,4910	
1,0	10334,0	100,00	100,500	496,300	40,200	1,6494	300,90	0,6059	
1,2	12400,8	105,17	105,740	492,210	40,626	1,3891	354,35	0,7194	
1,4	14467,2	109,68	110,316	488,643	40,993	1,2014	406,73	0,8317	
1,6	16534,4	113,69	114,389	485,471	41,315	1,0595	458,22	0,9430	
1,8	18601,2	117,30	118,059	482,616	41,602	0,9483	508,93	1,0534	
2,0	20668,0	120,60	121,417	480,005	41,861	0,8588	558,94	1,1631	
2,5	25835,0	127,80	128,753	474,310	42,416	0,6961	681,36	1,4345	
3,0	31002,0	133,91	134,989	469,477	42,876	0,5864	800,61	1,7024	
3,5	36169,0	139,24	140,438	465,261	43,269	0,5072	917,21	1,9676	
4,0	41336,0	144,00	145,310	461,496	43,614	0,4474	1031,6	2,2303	
4,5	46503,0	148,29	149,708	458,103	43,918	0,4004	1144,0	2,4911	
5,0	51670,0	152,22	153,741	454,994	44,192	0,3626	1254,7	2,7500	
5,5	56837,0	155,85	157,471	452,123	44,441	0,3315	1363,8	3,0073	
6,0	62001,0	159,22	160,938	449,457	44,667	0,3054	1471,5	3,2632	
6,5	67171,0	162,37	164,181	446,965	44,876	0,2833	1577,9	3,5178	
7,0	72338,0	165,34	167,243	444,616	45,070	0,2642	1683,0	3,7711	
7,5	77505,0	168,15	170,142	442,393	45,250	0,2475	1787,1	4,0234	
8,0	82672,0	170,81	172,888	440,289	45,420	0,2329	1890,1	4,2745	
8,5	87839,0	173,35	175,514	438,280	45,578	0,2200	1992,1	4,5248	
9,0	93006,0	175,77	178,017	436,366	45,727	0,2085	2093,3	4,7741	
10,0	10334,0	180,31	182,719	432,775	46,001	0,1887	2293,0	5,2704	
11,0	113674,0	184,50	187,065	429,460	46,247	0,1725	2489,5	5,7636	
12,0	124008,5	188,41	191,126	426,368	46,471	0,1589	2683,4	6,2543	
13,0	134342,0	192,08	194,944	423,465	46,676	0,1473	2874,5	6,7424	
14,0	144676,0	195,53	198,537	420,736	48,846	0,1373	3063,4	7,2283	

Примѣчаніе. Чтобы лучше показать пользу предлагаемой таблицы, рѣшимъ (по Цейнеру) вопросъ: по какому закону возрастаетъ въ паровомъ котлѣ упругость пара при продолжающемся нагреваніи его, если съ известнаго момента выходъ паровъ изъ котла вдругъ будетъ остановленъ и клапаны останутся закрытыми?

Пусть въ моментъ остановки вѣсь воды и пара въ котлѣ будетъ M килогр., въ числѣ которыхъ m килогр. пара; пусть температура будетъ t , а упругость p . Во-первыхъ изъ этого слѣдуетъ, что объемъ воды (удерживая прежнія обозначенія) будетъ $(M-m)w$; объемъ пара mw и за тѣмъ объемъ всей массы

$$V = (M-m)w + mw = Mw + m(v-w) = Mw + mv.$$

Пусть при продолжающемся нагреваніи котла черезъ τ минутъ количество пара возрастетъ до m_1 , температура до t_1 , а упругость до p_1 ; обозначимъ величину u , соответствующую температурѣ t_1 , черезъ u_1 ; тогда слѣдуетъ (такъ какъ не будетъ никакой перемѣны въ объемѣ)

$$V = Mw + m_1 u_1,$$

и чрезъ сравненіе двухъ послѣднихъ выраженій получимъ:

$$m_1 u_1 = mv.$$

Поэтому уже уравненію можно вычислить количество паровъ m_1 и для всякой другой температуры t_1 .

Кромѣ этого уравненія отсюда можно вывести еще и другое.

Количество теплоты, которое было въ водѣ при началѣ, выразится чрезъ $(M-m)q$, а находящееся въ парѣ mJ ; отсюда все количество теплоты во всей массѣ будетъ;

$$(M-m)q + mJ = Mq + m(J-q) = Mq + m\tau.$$

Напротивъ, для другой температуры t_1 все количество теплоты во всей массѣ воды и паровъ будетъ:

$$Mq_1 + m_1 p_1,$$

а отсюда количество теплоты Q , получаемое извнѣ для того, чтобы температура возвысилась отъ t до t_1 , будетъ:

$$Q = M(q_1 - q) + m_1 p_1 - m\tau.$$

Подставляя теперь вмѣсто q и q_1 , ихъ величины, обозначая среднюю удѣльную теплоту воды, а именно 1,0224 черезъ c и поставляя вмѣсто m_1 величину, которая получается изъ уравненія $m_1 u_1 = mv$, получимъ предъидущее уравненіе въ слѣдующемъ видѣ:

$$Q = Mc(t_1 - t) + mv \left(\frac{p_1}{u_1} - \frac{p}{u} \right).$$

Пусть, наконецъ, Q_0 будетъ количество теплоты, которое ежеминутно получается котломъ, тогда время τ (въ минутахъ), продолженіи котораго температура возрастетъ отъ t до t_1 , а упругость отъ p до p_1 , найдется изъ уравненія:

$$\tau = \frac{Q}{Q_0} = \frac{1}{Q_0} \left[Mc(t_1 - t) + mv \left(\frac{p_1}{u_1} - \frac{p}{u} \right) \right], \quad (I)$$

которымъ вопросъ и рѣшается окончательно.

Въ этомъ уравненіи въ примѣненіи его къ паровому котлу членъ $Mc(t_1 - t)$ значительно превосходитъ другой членъ, стоящій въ скобкахъ, потому что количество воды въ котлѣ по вѣсу несравненно болѣе, нежели количество паровъ. Отсюда прямо слѣдуетъ, что повышение температуры $t_1 - t$ почти пропорціонально времени t . И что отклоненіе отъ этого правила должно быть тѣмъ болѣе, чѣмъ менѣе воды по вѣсу остается въ котлѣ, въ сравненіи съ вѣсомъ пара.

Чтобы показать на численномъ примѣрѣ употребленіе вышеуказанныхъ формулъ, положимъ, что обыкновенный цилиндрическій паровой котелъ имѣетъ 18 квадратныхъ метровъ нагрѣвательной поверхности и внутренняя вмѣстимость его = 11 куб. метрамъ (такой котелъ соотвѣтствуетъ паровой машинѣ около 15 лошадиныхъ силъ). При нормальномъ нагрѣваніи и нормальномъ потребленіи паровъ, такой котелъ, если разсчитывать на каждый часъ и на каждый квад. метръ поверхности нагрѣванія по 25 килограммовъ пара, въ каждую минуту дать по 7,5 килогр. пара.

Пусть упругость паровъ, при нормальномъ ходѣ машины, будетъ 4 атмосферы, а слѣдовательно температура воды и пара будетъ 144,000 Ц.

Такъ-какъ въ котлѣ при обыкновенномъ ходѣ пары образуются при постоянномъ давленіи, то слѣдовало бы каждому килограмму питающей воды при 0° доставлять количество теплоты

$$\lambda = J + A p u = 607,06 + 43,49 = 650,55 \text{ ед. теплоты,}$$

а если питающая вода имѣла температуру 15°, то количество теплоты, доставляемое ей, будетъ

$$650,55 - 15 = 635,55 \text{ ед. теплоты.}$$

Отсюда слѣдуетъ, что если котелъ даетъ въ минуту 7,5 килограммовъ пара, то количество теплоты, получаемое имъ ежеминутно (которое мы означимъ черезъ Q_0) будетъ:

$$Q_0 = 7,5 \times 635,55 = 4766,62 \text{ ед. теплоты.}$$

Теперь вдругъ нужно прервать расходъ пара, а топка будетъ продолжаться по прежнему съ тѣмъ, чтобы котелъ получалъ ежеминутно количество теплоты Q_0 . Во сколько времени упругость пара дойдетъ отъ 4 до 8 атмосферъ, если въ моментъ остановки 0,6 объема котла занято водою и 0,4—паромъ, съ упругостію въ 4 атмосферы?

Такъ-какъ объемъ котла $V = 11$ куб. метрамъ, то вѣсъ воды найдется $= 0,6 \cdot 11 \cdot 1000 = 6600$ килограммовъ, а вѣсъ пара — такъ-какъ вѣсъ 2 куб. метра пара при 4-хъ атмосферахъ по таблицѣ $= 2,237$ килограммовъ, — будетъ

$$m = 0,4 \cdot 11 \cdot 2,237 = 9,84 \text{ килограмм.}$$

Слѣдовательно, общій вѣсъ пара и воды будетъ:

$$M = 6609,84 \text{ килограмм.}$$

По смыслу задачи, слѣдуетъ вставить въ формулу (I) соответствующія начальной упругости въ 4 атмосферы

$$t=144,00^0 \quad u=0,4461; \quad \frac{\rho}{u}=1034,63$$

и соответствующія 8-ми атмосферамъ

$$t_1=170,81; \quad \frac{\rho_1}{u_1}=1891,96.$$

Отсюда отдѣльные члены уравненія (13) будутъ:

$$Mc (t_1 - t) 181179,33,$$

$$mu \left(\frac{\rho_1}{u_1} - \frac{\rho}{u} \right) = 3763,3,$$

а отсюда, такъ-какъ $Q_0=4766,32$, получится время

$$\tau=38,80 \text{ минутъ.}$$

Отсюда, слѣдовательно, выходитъ, что время, по прошествіи котораго упругость пара при томъ же нагреваніи въ томъ же котлѣ возрастаетъ отъ 4 до 8 атмосферъ, будетъ 38,80 минутъ.

Пусть теперь на оборотъ—въ этомъ котлѣ при тѣхъ же условіяхъ въ моментъ остановки будетъ меньше воды и болѣе пара, и напр. воды будетъ не 0,6 всей вместимости котла, а 0,4,—случай, который съ вышеупомянутымъ котломъ едва ли можетъ быть; тогда тѣмъ же способомъ, какъ и выше, вычисляется вѣсъ пара $m=14,76$ килогр., а общій вѣсъ пара и воды—

$$M=4414,76 \text{ килогр.}$$

и время, по прошествіи котораго упругость отъ 4-хъ атмосферъ возрастетъ до 8-ми, будетъ

$$\tau=26,37 \text{ минутъ,}$$

откуда слѣдуетъ, что упругость достигнетъ до тѣхъ же предѣловъ въ этомъ случаѣ 12,23 минутами ранѣе. Отсюда понятно, какое важное значеніе имѣетъ содержащееся въ котлѣ количество воды.

Скорость, съ которою возрастаетъ упругость паровъ въ запертomъ котлѣ, очевидно, находится въ зависимости отъ количества находящейся въ немъ воды; чѣмъ меньше ея въ немъ находится, тѣмъ быстрѣе возрастаетъ давленіе и тѣмъ болѣе опасность взрыва. Изъ всего предъидущаго выходитъ еще и то, что упругость паровъ въ котлѣ при неправильномъ нагреваніи и при измѣняющемся отдѣленіи паровъ, подвергается тѣмъ меньшимъ колебаніямъ, чѣмъ болѣе воды находится въ котлѣ. Этимъ подтверждается уже давно сказанное К. Бервулли, т. е. что „вода пароваго котла есть настоящій регуляторъ давленія паровъ“.

Примѣръ 1. Въ паровомъ котлѣ, отчасти наполненномъ водою, заключается 2,5 куб. метр. пара при 3 атм. Если упругость пара возвысимъ до 5 атм., то сколько образуется новаго пара.

Вѣсъ 1 куб метра пара при 3 атмосф.	=1,7024 klg.
" 1 " " " " 5 "	=2,7500 "
Увеличеніе вѣса 1 куб. метра пара	=1,0476 "
" " 2,5 " " "	$2,5 \times 1,0476 = 2,6190$ "

Примръ 2. Сколько нужно пара при 1 атм., чтобъ 300 klg воды нагрѣть отъ 11° до 28°C , если паръ изъ котла идетъ прямо въ воду.

Предположимъ, что удѣльная теплота воды постоянно $=1$. Паръ превращается въ воду при 28° ; каждый происходящій отъ этого kg воды содержитъ 28 калорій. Но kg пара при 1 атмосферѣ содержитъ 637 калорій теплоты; слѣд. каждый klg пара при конденсаціи отдаетъ $637 - 28 = 609$ калорій теплоты. Но 300 kg воды для возвышенія температуры на 17° требуютъ теплоты $= 300 \times 17 = 5100$ калорій; слѣд. пара нужно $5100 : 609 = 8,38$ klg. Смѣсь будетъ состоять изъ $300 + 8,38 = 308,38$ kg воды при 28° .

Примръ 3. Паровой котель, содержавшій 2000 kg воды, лопнулъ при давленіи 6 атмосф. Сколько въ атмосферѣ внезапно образуется пара изъ этой воды?

Т. к. вода имѣла температуру почти 160° , то естественно, что парообразованіе будетъ продолжаться до тѣхъ поръ, пока вода не охладится до 100° , т. е. пока она не превратится въ кипятокъ при обыкновенномъ атмосферномъ давленіи. Явная теплота при 6 атмосферахъ $= 160,938$, а при 1 атмосферѣ $= 100,5$; разность $= 60,4$ калорій. Слѣдов. для образованія пара вода отдаетъ количество теплоты $= 60,4 + 2000$ калорій; но образующійся паръ имѣетъ упругость 1 атмосф., и потому требуетъ прибавку теплоты 536,5 калорій на 1 kg (теплота испаренія при 100° : $r = 496,3 + 40,2 = 536,5$). Количество образующагося пара будетъ $= 60,4 \times 2000 : 536,5 = 225,1$ kg. Этотъ паръ займетъ пространство $225,1 : 0,6059 = 371,3$ куб. метра. — Здѣсь лежитъ причина гибельности взрывовъ паровиковъ: убиваютъ людей не летящіе куски желѣза, но обвариваетъ кипяткомъ и мгновенно образующійся въ огромномъ количествѣ паръ.

8. *Теплота влажнаго пара.* Пусть q' явная теплота питающей воды, q явная теплота воды въ моментъ парообразованія, r скрытая теплота при парообразованіи и m вѣсъ чистаго сухаго пара, содержащагося въ 1 klg влажнаго пара, то при парообразованіи употребляется $q - q'$ и во время онаго mr калорій; слѣд. теплота влажнаго пара $= q - q' + mr$.

Примръ. Вода поступаетъ въ котель при 10° и обращается въ паръ съ 6 атм. давленія; но паръ содержитъ 30% воды. Слѣдов. $q = 160,938$; $q' = 10$; $m = 0,7$; $r = 449,457 + 44,667 = 494,124$; слѣд. теплота, которую принимаетъ 1 k. такого пара въ котлѣ, $= 160,938 - 10 + 0,7 \times 494,124 = 496,82$ калорій.

9. *Теплота перегрѣтаго пара.* По Реніо удѣльная теплота пара $= 0,4815$; по Гирну она м. б. принимаема $= 0,5$. Поэтому, если насыщающій паръ будетъ нагрѣтъ на t градусовъ, то онъ принимаетъ $0,5t$ калорій.

10. *Содержаніе воды во влажномъ парѣ.* Къ парѹ, выходящему изъ котла, всегда примѣшивается обыкновенная вода. Если проведемъ такой паръ въ холодную воду, такъ, чтобы онъ въ ней вполне конденсировался, то посредствомъ такого опыта можно опредѣлить содержаніе воды въ парѣ.

Пусть вѣсъ пара $= 1$ k.; пусть въ немъ содержится m kg. чистаго пара съ явною теплою q и теплою испаренія r , то этотъ паръ содержитъ $= q + mr$ калорій теплоты. Этотъ паръ конденсируется въ p килограммахъ воды, явная теплота которой пусть $= q'$; слѣдов. эта вода содержитъ pq' калорій теплоты. После конденсаціи получается $(1+p)$ kg воды; пусть ея явная теплота Q , то количество теплоты въ этой водѣ $= Q(1+p)$. Если во время процесса теплота не теряется, то

$$Q(1+p) = pq' + q + mr, \text{ откуда можно опредѣлить } m.$$

Примѣръ. Холодная вода имѣетъ 10^0 ; паръ $152,2^0$ и происходящая отъ смѣшенія вода 20^0 ; то $q' = 10$; $q = 153,74$; $r = 496,186$; $Q = 20$. Примемъ теперь вѣсъ холодной воды для 1 klg пара равнымъ 50 kg, то

$$20(50+1) = 50 \times 10 + 153,74 = 499,2 \text{ m; откуда } m = 0,734.$$

Поэтому 1 kg влажнаго пара, выходящаго изъ котла, содержитъ 0,734 kg пара и 0,266 kg воды.

11. *Количество пара на 1 klg горючаго матеріала.* Пусть H нагревательная сила и w полезное дѣйствіе топки, то wH калорій есть полезная теплота. Если q', q, m и r имѣютъ значеніе, какъ въ 8 пунктѣ, то 1 kg влажнаго пара требуетъ теплоты $= q - q' + mr$. Поэтому однимъ килограммомъ горючаго можно получить слѣдующій вѣсъ G влажнаго пара

$$G = \frac{wH}{q - q' + mr}$$

Количество пара будетъ велико, если нагревательная сила и полезное дѣйствіе велики, если вода входитъ въ котель съ высокою температурою, т. е. подогрѣтая и если паръ содержитъ много воды

Примѣръ. Нагрѣв. сила каменнаго угля $H = 7000$ калорій; полезное дѣйствіе топки $w = 0,7$; температура питающей воды $= 0^0$, слѣд. и $q' = 0$; вода испаряется при 6 атмосф. давленія, такъ что $q = 160,9$ калорій; далѣе паръ содержитъ 100% воды, слѣд. $m = 0,9$ k. Поэтому 1 k. этого каменнаго угля дастъ слѣдующее количество пара, такъ какъ $r = 494,1$:

$$G = (0,7 \times 7000) : (160,9 + 0,9 \times 494,1) = 8,09 \text{ k.}$$

12. *Расширеніе и сжатіе пара.* Если насыщающій паръ расширяется въ сосудѣ такъ, что сосудъ не принимаетъ и не отдаетъ теплоту, то паръ будетъ для расширенія заимствовать часть своей собственной теплоты и именно такую часть, которая при

расширение обращается въ работу. Эта въ работу превращающаяся теплота имѣетъ послѣдствіемъ то, что часть пара конденсируется. Если же чистый насыщающій паръ расширяется и никакой конденсаціи быть не должно, то къ нему должна быть подводима теплота извнѣ.

Если насыщающій паръ будетъ сжимаемъ опять при условіи, что заключающій его сосудъ не принимаетъ и не отдаетъ теплоту, то для сжиманія должна быть затрачена внѣшняя работа; эта работа превращается въ теплоту, которую паръ и принимаетъ. Вслѣдствіе этого принятія теплоты паръ перегрѣвается. Слѣд. теплота должна быть отнимаема отъ пара, если при сжатіи его должно избѣжать перегрѣванія.

IX. Сопротивленіе матеріаловъ.

1. Если твердое тѣло сдавливается или растягивается, то его частичныя силы оказываютъ сопротивленіе, такъ что сдавливающей или растягивающей силѣ соответствуетъ определенное укорачиваніе или удлинненіе; эти формоизмѣненія пропорціональны силамъ, но только до извѣстнаго предѣла, называемаго предѣломъ упругости *). Если же величина силы переходитъ за этотъ предѣлъ, тогда измѣненіе формы возрастаетъ быстрѣе, чѣмъ дѣйствующая сила и послѣ устраненія этой силы тѣло не принимаетъ прежній свой видъ, но въ немъ остается часть цѣлаго растяженія или сжатія. Съ дальнѣйшимъ возрастаніемъ силы происходитъ разрушеніе (разрывъ, раздавливаніе или изломъ) тѣла. Величина сопротивленія частицъ ихъ отдѣленію или, что все равно, величина дѣйствующей силы въ моментъ разрушенія, отнесена къ единицѣ площади поперечнаго сѣченія—называется *полнымъ или временнымъ сопротивленіемъ*, а также *коэффициентомъ крѣпости*. Напряженіе или давленіе на единицу площади сѣченія при предѣлѣ упругости, до котораго измѣненія вида (т. е. удлинненіе или укорачиваніе и пр.) тѣла можно принимать пропорціональнымъ величинѣ дѣйствующей силы, назыв. *предѣломъ упругости*.

2. Пусть P дѣйствующая сила или напряженіе на единицу площади поперечнаго сѣченія, l длина тѣла, $\frac{\lambda}{l} = \epsilon$ удлинненіе единицы длины тѣла до предѣла упругости, тогда $P = E \epsilon = E \frac{\lambda}{l}$, гдѣ E коэффициентъ, зависящій отъ свойствъ матеріала, характеризующій его упругость (его упругое сопротивленіе) и потому называющійся коэффициентомъ или модулемъ упругости. Если бы пруть, котораго сѣченіе $= 1$, могъ быть растянутъ или сжатъ на столько, чтобы λ сдѣлалось равнымъ первоначальной длинѣ l тѣла, тогда $P = E$. Слѣдовательно *коэффициентъ упругости* (гипотетическая величина) есть такая сила, при которой призматическое тѣло было-бы вытянуто или

*) Для желѣза удлинненія пропорціональны силамъ до 1500 kg. на кв. cent., для чугуна до 660 kg.; укорачиванія пропорціональны силамъ для желѣза до 1550 kg., для чугуна до 1400 kg.

сжато на всю его длину. Но также $E = \frac{P}{\epsilon}$ т. е. коэффициентъ упругости=отношенію напряженія P на единицу площади поперечнаго сѣченія бруска къ удлинению или сжатію ϵ единицы длины, вызываемому данною силою, когда предѣлъ упругости еще не достигнутъ и когда сила дѣйствуетъ по направленію продольной оси бруска.

Примѣръ 1. По Годкинсону сила въ 187 кило вытягиваетъ желѣзный прутъ метръ длиною и 1 кв. сантиметръ поперечнаго сѣченія на 0,082 милліметра. Какъ великъ коэффициентъ упругости для этого желѣза?

$$E = P \frac{l}{\lambda} = 187 \frac{1}{0,000082} = 2280478 \text{ килограммовъ.}$$

Таблица коэффициентовъ сопротивленія и упругости (въ килограммахъ на квадратный сантиметръ) по Унвайну.

Матеріалы.	Временное сопротивление			Предѣлъ упругости при			Коэффициентъ упругости.	
	разрыву <i>з.</i>	разд. робл. <i>р.</i>	срѣ. звѣчанію. <i>н.</i>	рас- тяги- ванію. <i>в.</i>	сжа- тію. <i>т.</i>	срѣ. звѣчанію. <i>н.</i>	при растягиваніи и сжатіи <i>Е.</i>	при срѣ. звѣчаніи <i>С.</i>
Чугунъ	2144	9139	—	—	—	—	1616900	—
Желѣзо полосовое .	1230	6678	2003	738	1476	555	1195100	442890
	759	3515	—	—	—	—	984200	—
Лист. } вдоль прок. желѣз. } попер. „ } диагонально.	4710	—	—	—	—	—	—	—
	4049	3515	3515	1687	1687	1406	2038700	738150
Сталь мягкая не цементная	2355	—	—	—	—	—	—	—
	3564	—	—	—	—	—	1757500	—
Сталь мягкая, цементная	3240	—	—	—	—	—	1898100	—
	3402	—	—	1406	1406	1054	1827800	667850
Сталь литая, не закаленная	7030	—	—	—	—	—	—	—
	5624	—	—	2460	—	1863	2109000	773300
Мѣдь красная	4218	—	—	—	—	—	—	—
	8436	—	—	4956	—	3726	2109000	773300
Латунь	10545	—	—	—	—	—	—	—
	8436	—	—	5624	—	4499	2109000	773300
Бронза	5905	—	—	—	—	—	—	—
	2320	4077	—	302	274	204	1054500	393680
Фосфорист. бронз .	1230	738	—	488	—	365	644651	241832
	3655	—	—	—	—	—	—	—
Свинецъ	2531	—	—	435	—	292	695970	260110
	1617	—	—	—	—	—	—	—
Литой цинкъ	4077	—	—	1385	—	1019	984200	369075
	133	513	—	105	—	—	50616	18981
Олово	527	—	—	225	—	—	—	—
	330	—	—	—	—	—	—	—
Дубъ	843	421	45	—	—	—	98420	6327
	1054	703	161	—	—	—	105450	5764
Кожа	295	—	—	—	—	—	1757	—

1 килогр. на кв. миллім.—100 килогр. на кв. сантим.—89,4 пуд. на кв. дюймъ.

Примѣръ 2. Если четыре желѣзные стержня гидравлическаго пресса имѣютъ длину по 175 сантиметр. и подвергаются растягиванію 1000 кило на 1 кв. сантим. какъ сильно вытягиваются эти стержни при этой растягивающей силѣ?

Коэффициентъ упругости на 1 кв. ст. поперечнаго сѣченія $E = 2000000$ кило. Следовательно удлинненіе $\lambda = \frac{P \cdot l}{E} = \frac{1000 \cdot 175}{2000000} = 0,0875$ ст.

3. Для практическаго употребленія различаютъ только 2 рода коэффициентовъ упругости, а именно коэффициентъ E прямой упругости, который для растяженія и сжатія принимается одинаковымъ, и коэффициентъ G поперечной упругости, который, какъ можно доказать теоретически и опытомъ, не болѣе половины E и не менѣе $\frac{1}{3} E^*)$.

Для стали и желѣза приблизительно $G = 0,4E$.

4. Классификація желѣза по обществу желѣзнодорожныхъ техниковъ въ Германіи. Пусть λ наименьшее сопротивленіе разрыву, ε относительное сжатіе поперечнаго сѣченія при разрывѣ.

A. Желѣзо полосовое или въ брускахъ.

I. Качества... .. $Z=3800$; $\varepsilon=40\%$

II. Качества... .. $Z=3500$; $\varepsilon=25$ "

B. Листовое желѣзо.

I. Качества: по направленію прокатки... .. $Z=3600$; $\varepsilon=25\%$

поперекъ къ направ. прок... .. $Z=3200$; $\varepsilon=15$ "

II. Качества: по направленію прокатки... .. $Z=3300$; $\varepsilon=15$ "

поперекъ прокатки... .. $Z=3000$; $\varepsilon=9$ "

C. Бессемеровская сталь, литая сталь, сталь Мартена.

I. Качества: твердая... .. $Z=6000$; $\varepsilon=25\%$

средняя... .. $Z=5500$; $\varepsilon=35$ "

мягкая... .. $Z=4500$; $\varepsilon=45$ "

II. Качества: болѣе твердый сортъ... .. $Z=5500$; $\varepsilon=20$ "

болѣе мягкій " $Z=4500$; $\varepsilon=30$ "

По Fehland'у среднее временное сопротивленіе желѣзныхъ листовъ средних размѣровъ и ихъ удлинненіе λ на рейнсковестфальскихъ заводахъ на квадрат. миллиметръ:

	λ	d
Лучшее листовое коксовое	34/32 кило	8/6 0 0
Мелкозернистое	36/31 " "	12/40 "
" древесноугольное	37/35 " "	15/12 "
" Low-Moog	38/38 " "	20/15 "

Верхнія числа относятся къ продольному (т. е. по направленію прокатки) направленію, нижнія къ поперечному. Большою частью гарантируютъ для λ на 1—2 кило менѣе, но въ видѣ исключенія доставляютъ листы съ $\varepsilon=40$ —45 килогр.

Сопротивленіе волнистаго желѣза съ завода Шулльцъ, Кнауфъ и Co въ Ессенѣ. ε —сжатіе, λ обозначаетъ въ мѣстахъ сварки.

Вдоль	λ .	d .	ε .	Поперекъ	λ .	d .	ε .
	36,95	22,5	34		34,6	15	33
S	31,37	8,6	36		33,89	12,75	21
S	31,4	11,0	39		35,57	17	33
	36,14	14,0			35,41	18	41
					36,11	11,5	31
					30,86	6,5	12

Крѣпость въ мѣстахъ сварки понижается почти до 85% крѣпости листа. Наибольшая разность въ толщинѣ листовъ 1,15 (0,2 до 1,15), среднее 0,7 миллиметр.

Въ краснокалинномъ жару листовое желѣзо очень быстро теряетъ въ крѣпости. Листъ съ $\varepsilon=32,1$ при 120°C , нагрѣтый до красна и медленно охлажденный водою, выдерживаетъ 32,2 килогр.; напротивъ того, нагрѣтый во время дѣйствія нагрузки: темнобурый 16,1; буроокрасный 14,6; вишневоокрасный 7,3 и Low-Moog 8,7 килогр.

* По Уинвайну $\frac{G}{E}$ отъ $\frac{3}{8}$ до $\frac{1}{5}$ для обыкн. строительныхъ матеріаловъ.

Среднія величины коэффициентов упругости и сопротивления по Нütte.

МАТЕРИАЛЪ.	Предѣлы упругос. Полное или временное сопротивление.					ПРИМѢЧАНІЯ.	
	коэф-циентъ упругос. E .	при растяж. l/r .	при сжатіи l/r .	при растяж. z .	при сжатіи z .	при сдвигѣ h .	при изломѣ h .
Полосовое желѣзо	2000000	1650	1650	3800	3000	2900	4800
Листовое желѣзо } вдоль прокат	2000000	1650	1650	3600	2900	2700	4600
Листовое желѣзо } поперекъ	2000000	1650	1650	3200	2600	2400	4200
Сталь твердая	2200000	4000	4000	7000	7000	5400	8500
" средняя	2200000	3400	3400	5500	6700	4600	7200
" мягкая.	2200000	2800	2800	4500	5500	3700	5900
Чугунъ.	1000000	600	1600	1300	7800	—	2900
Мѣдь ковкая	1160000	300	—	2300	5700	—	2400
Латунь	1000000	400	—	1250	9000	—	1450
Бронза.	690000	400	—	2300	—	—	—
Фосфористая бронза	990000	—	—	400	—	—	—
Цинкъ.	900000	—	—	200	—	—	—
Свинець	200000	90	—	110	—	—	—
Олово	420000	—	—	320	—	—	—
Сосна.	120000	270	120	750	380	50	560
Ель.	120000	270	120	800	400	50	600
Лиственница.	100000	270	120	700	350	50	530
Дубъ.	120000	270	120	1000	500	90	750
Букъ.	110000	270	120	950	480	70	720
Ольха	110000	270	120	900	450	—	680
Гранитъ, сіенитъ, діоритъ	120—500	—	—	30—60	800—1600	60—120	130—260
Известнякъ, мраморъ, доломитъ	170—560	—	—	24—40	600—1000	45—75	100—160
Песчаннѣе	45—370	—	—	8—30	200—800	15—60	30—130
Конгломератъ туфъ.	—	—	—	5—15	150—400	11—30	20—60
Кирпичъ.	—	—	—	5—7	120—200	9—15	20—30
Портл. цементъ, медден. тверд.	—	—	—	10	80—150	—	10—30
" скоро	—	—	—	13	50—90	—	—
Растворъ изъ портл. цемента.	—	—	—	9	100—300	26	—
Гидравлическая известь.	—	—	—	8	—	—	—
Простой известковый растворъ	750000	—	—	—	—	—	—
Другое стекло 3—5 мм. толщ.	800000	—	—	—	1700	—	375
Литое " 10—15 мм. "	—	—	—	—	—	—	240—200

Въ килограммахъ на квадрат. сантиметръ.

6. Всякое сооруженіе тогда только будетъ прочно, когда дѣйствующія на него силы вызываютъ въ немъ такія напряженія, которыя не превышаютъ для каждаго матеріала нѣкотораго предѣла, называемаго прочнымъ сопротивленіемъ; величина этой силы s , отнесенной къ единицѣ площади поперечнаго сѣченія,

называется коэффициентом прочнаго сопротивленія матеріала или также допускаемым напряженіемъ.

Таблица II. Допускаемое напряженіе матеріаловъ (s) по Унвайну.

	Прочное сопротивленіе.			Всѣхъ кубич. метра въ килограмм.
	Разрыву.	Раздробленію.	Срѣзыванію.	
Чугунъ.	253	731	190	7208
Полосовое желѣзо	731	731	548	7688
Листовое "	703	703	548	7800
Мягк. сталь, незакал.	1244	1244	914	7688
Литая сталь, "	3655	3655	2706	7945
Мѣдь	253	219	162	8810
Латунь	253	—	190	8298
Бронза	219	—	169	8746
Фосфористая бронза	694	—	519	—

NB. Для относительной крѣпости коэффициентъ для чугуна=500.

Эти числа представляютъ довольно хорошо практику, но не должно придавать имъ абсолютное значеніе; онѣ м. б. измѣняемы, сообразуясь съ качествомъ строительнаго матеріала: чѣмъ онъ лучше, однороднѣе, чѣмъ тщательнѣе онъ употребляется въ дѣло, чѣмъ вѣрнѣе опредѣлены дѣйствующія силы, тѣмъ большее м. б. допущено напряженіе матеріала. Но никогда нельзя подвергать сооруженіе усиліямъ, превышающимъ предѣлъ упругости.

По Heusinger von Waldegg'y:

а. Въ гражданскихъ постройкахъ, которыя подвергаются только незначительнымъ сотрясеніямъ и измѣненіямъ въ нагрузкѣ и въ которыхъ дѣйствующія силы могутъ быть опредѣлены весьма точно, также въ постройкахъ временныхъ, допускаемое напряженіе равно 0,7 предѣла упругости или, когда онъ неизвѣстенъ, $= \frac{1}{7}$ коэффициентъ крѣпости; слѣд.

растяженіе сжатіе сдвигъ

для желѣза 1000 1000 800
 „ чугуна 350 1000 290
 „ дерева 100 100 80 (по направленію волоконъ 10).

б. Въ обыкновенныхъ гражданскихъ сооруженіяхъ безъ большихъ сотрясеній: почти 0,6 предѣла упругости или, если онъ извѣстенъ почти $\frac{1}{9}$ крѣпости; слѣд.

	растяженіе	сжатіе	сдвигъ
для желѣза.	840	840	670
„ чугуна.	300	840	240
„ дерева.	84	84	67 (по направленію волоконъ 8)

с. Въ мостовыхъ сооруженіяхъ, въ гражданскихъ сооруженіяхъ, подвергающихся сильнымъ сотрясеніямъ (танцевальныя залы; пространства, гдѣ бросаютъ тяжелыя вещи), а также въ покоящихся машинныхъ частяхъ: почти 0,5 предѣла упругости или, когда онъ не извѣстенъ, почти $\frac{1}{10}$ коэфф. крѣпости; слѣд.

	растяженіе	сжатіе	сдвигъ
для желѣза	700	700	560
„ чугуна	250	700	560
„ дерева	70	70	56

Въ большихъ желѣзныхъ мостовыхъ балкахъ на 2 опорахъ можно для поясовъ, въ виду незначительнаго измѣненія напряженія, которому онѣ подвергаются, принимать большее допускаемое напряженіе для растягиванія и сжатія; для желѣзнодорожныхъ мостовъ шириною a метровъ принимаютъ почти $700 + 1,5a$ килогр.

д. Для двигающихся частей машинъ, подвергающихся лишь незначительнымъ ударамъ: около 0,4 предѣла упругости или, если онъ не извѣстенъ, около $\frac{1}{13}$ крѣпости; слѣдов.

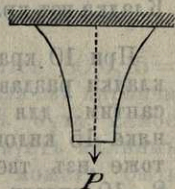
	растяженіе	сжатіе	сдвигъ
для желѣза	560	560	450
„ чугуна.	200	560	160

е. Въ частяхъ машинъ, подверженныхъ сильнымъ ударамъ, внезапнымъ измѣненіямъ скорости и напряженія берутъ $\frac{1}{2}$ до $\frac{1}{4}$ данныхъ въ d величинъ.

II. Сопротивленіе матеріаловъ разрыву и раздробленію.

1. Временное сопротивленіе z растяженію или разрыву называется также абсолютною крѣпостію; сопротивленіе p сжатію или раздробленію называется обратною крѣпостію. Сила для разрыва

призматическаго тѣла съ поперечнымъ сѣченіемъ q квадр. сантиметровъ $P=qz$, а для раздробленія $=q.p$. При предѣлѣ упругости тѣло выдерживаетъ напряженіе $=q.T_z$ или давленіе $q.T_p$. Если же сила P должна вызывать только напряженіе s klg на единицу площади поперечнаго сѣченія, то должно быть $P=q s$. При



Фиг. 23.

и-ой прочности $s=z \cdot \frac{1}{n}$ или $=p \cdot \frac{1}{n}$. Чтобы опредѣлить поперечное сѣченіе прута для данной силы P , нужно выбрать, при помощи предъидущихъ таблицъ, величину для прочнаго сопротивленія s соответственно матеріалу и роду дѣйствующей на прутъ силы. Это сѣченіе, нормальное къ направленію P , будетъ $q = \frac{P}{s}$. Длинные стержни при дѣйствіи продольнаго сжатія изгибаются и должны быть рассчитываемы по особымъ правиламъ.

2. Если нужно принять во вниманіе собственный вѣсъ тѣла G , то, прибавляя его къ силѣ P , имѣемъ $P+G=sq$ и тогда $q = \frac{P+G}{s}$. Въ этомъ можно придать тѣлу видъ фиг. 23 для растягиванія и фиг. 24 для сдавливанія: при чемъ въ точкѣ приложения силы $G=0$ и $q = \frac{P}{s}$, а на другомъ концѣ тѣла $q = \frac{G+P}{s}$; или же дѣлаютъ видъ тѣла уступами.



Фиг. 24.

Изъ опредѣленія коэф. упругости явствуетъ, что удлинненіе или сжатіе λ стержня правильной формы длиною L дается уравненіемъ $\lambda = \frac{P}{E} L$, которое вѣрно только до тѣхъ поръ, пока P не превосходитъ предѣлъ упругости.

3. Камни. Сопротивленіе камней вообще тѣмъ болѣе, чѣмъ сложеніе ихъ плотнѣе, мелкозернистѣе и однороднѣе. Временное сопротивленіе камней раздробленію или ихъ обратная крѣпость въ силосограммахъ на квадратный сантиметръ:

Базальтъ	1200	прочное сопротивленіе . .	120
Гранитъ и гнейсъ	600	” ”	60
Известнякъ	100—300—400	” ”	10—30—40
Мраморъ	200—800	” ”	20—80
Песчаникъ	150—200—600	” ”	15—20—90
Хорошій кирпичъ	100—140	” ”	10—14
Обыкновен. ”	40—60	” ”	4—6
Цементный растворъ . . .	150	” ”	15

Известковый раствор	40	прочное сопротивление	4
Бетонъ	50—70	”	”
Кладка изъ крас. кирп.	60—90	”	”

При 10 кратной надежности прочное сопротивление кирпично кладки раздавливанию нельзя считать болѣе 8 килогр. на квадратный сантиметр., для кладки бутовой 10 килогр., для кладки изъ желѣзняка 15 килогр., изъ песчаника средней твердости 20 килогр. тоже изъ твердаго 20, при цементѣ 18 килогр., при бетонѣ 8—10 килогр.

При хорошей работѣ и при употребленіи хорошаго гидравлическаго раствора, въ особенности раствора порландскаго цемента и вполне хорошаго, однообразнаго каменнаго матеріала можно эти числа увеличить вдвое.

4. *Сопротивленіе свай.* По Ронделю деревянныя сваи, забитыя въ грунтъ достаточно сильно, отсюда окруженныя землею и связанныя ростверкомъ, могутъ быть нагружаемы 30 до 35 килограммъ на 1 квадрат. сантиметръ.

Примѣръ 1. Желѣзный прутъ однообразнаго поперечнаго сѣченія подвѣшенъ вертикально. При какой длинѣ онъ разорвется отъ собственнаго его вѣса?

Поперечное сѣченіе прута примемъ = 1 □ сантиметр.
Вѣсъ этого прута на 1 метръ длины = 0,78 килограммъ
Вѣсъ прута длиною x метровъ, при которой прутъ
долженъ разорваться . . . = $0,78x$ килограммъ

Коеффициентъ сопротивленія разрыву для желѣза примемъ = 3900 килограммъ. Вѣсъ $0,78x$ долженъ быть равенъ этому коэффициенту. Слѣдовательно

$$\text{искомая длина } x = 3900 : 0,78 = 5000 \text{ метровъ.}$$

Примѣръ 2. Какой толщины должны быть 4 круглые стержни гидравлическаго пресса, который долженъ производить давленіе 200000 килограммъ.

Для 4-хъ кратной надежности введемъ въ вычисленіе давленіе = 800000 klg и коеффициентъ для желѣза примемъ 3600 klg, 4 стержня вмѣстѣ должны имѣть сѣченіе $800000 : 3600 = 222$ □ сантиметра, а каждый изъ нихъ $55\frac{1}{2}$ □ сантиметр. или приблизительно $d = 8,4$ сантиметр. = 3,36 д. толщины. Если бы была принята шестикратная надежность, то сѣченіе каждаго стержня было бы $1\frac{1}{2}$ раза больше, слѣдов. 83,2 □ сантиметра.

Примѣръ 3. Какой высоты можетъ достигнуть стѣна изъ кирпича, если она должна раздавиться отъ собственнаго вѣса. Стѣна достаточно толста, такъ что она не изгибается, но разрушается вслѣдствіе раздробленія ея нижнихъ слоевъ.

Крѣпость кирпича на 1 □ сантиметръ примемъ. . . 50 килогр.
и удѣльный вѣсъ матеріала. 1,5 "
Слѣд. вѣсъ призм. столба въ 1 □ сантиметръ попе-
речн сѣчен. и въ 1 метръ высоту $0,01 \times 10 \times 1,5 = . . . 0,15$ "

Высота стѣны, при которой нижніе слои раздавятся $50:0,15 = 333$ метра. Крѣпость стѣны изъ тесаныхъ камней или изъ кирпича слѣдуетъ принимать самое большее $\frac{1}{10}$, стѣны изъ бута самое большее $\frac{1}{20}$ того сопротивленія, которое соотвѣтствуетъ камнямъ стѣны. Слѣд. по этому правилу кирпичная стѣна можетъ быть только 33,3 метра высотой, даже въ томъ случаѣ, если она не должна поддерживать никакой иной грузъ, кромѣ ея собственнаго вѣса.

Примѣръ 4. Каменный мостовой устой имѣетъ 8 м. ширины; 2,6 м. толщины и 7 м. высоты. Онъ долженъ стоять на роствергѣ, положенномъ на сваяхъ въ 25 сантим. діаметромъ. Сколько нужно вбить свай?

Объемъ устоя $8 \times 2,6 \times 7 = 145,6$ куб. метр.
Удѣльный вѣсъ каменной массы примемъ. $= 2,6$
Слѣдов. вѣсъ 1 кубического метра . . . $2,6 \times 1000 = 2600$ килограм.
Вѣсъ всего устоя $145,6 \times 2600 = 378560$ "
Поперечное сѣченіе свай $= 490$ □ сантимет.
Грузъ на одну сваю $30 \times 490 = 14700$ килограм.
Искомое число свай $378560:14700 = 25$ "

5. Діаметръ d валика длиною l , который подвергается давленію G , направленному нормально къ его оси, по Винклеру

$$d = \frac{0,0256 G^2}{l^2 p^3}, \text{ для чугуна или желѣза}$$

$$d = \frac{0,014625 G^2}{l^2 p^3} \text{ для стали}$$

гдѣ p допускаемое сопротивленіе раздробленію.

6. *Сопротивленіе проволокъ разрыву* Опытъ Кармарша дали: если проволоки разной толщины нагружать до разрыва, то нагрузки, производящія разрывъ, относятся не просто какъ квадраты діаметровъ, но опредѣляются по формулѣ $P = \alpha d + \beta d^2$, гдѣ α и β постоянные коэффициенты.

	Неотосже- ная.		Отос- женная.			Неотос- женная.		Отос- женная.	
	α	β	α	ρ		α	ρ	α	β
Стальн. провол .	21	50	3	45	Мѣдная. . .	7,5	27,5	0	18,5
Лучшая желѣзная	12,5	50	3	26	Платиновая .	9,5	17,5	7,5	14,5
Обыкн. желѣзная	18	36	5	22,5	Цинковая. .	1,75	10	—	—
Атунная пров .	8	43	5,5	22,5	Свинцовая. .	0	1,75	—	—

7. Толщина стѣнокъ цилиндрическихъ и шарообразныхъ сосудовъ.

а. Трубы съ внутреннимъ давленіемъ.

а) Трубы съ тонкими стѣнками и съ низкимъ или среднимъ внутреннимъ давленіемъ. 1. Если d внутренний діаметръ въ сантим., δ толщина стѣнокъ въ сантим., p внутреннее давленіе въ килогр.* на квадрат. сантиметръ (не выше 10 атмосферъ), s допускаемое напряженіе матеріала стѣнокъ въ кг на кв. цент., то $2s\delta l = d^2 p$ или $2\delta s = d p$ т. е. длина не имѣетъ вліянія на крѣпость. Уравненіе это предполагаетъ, что матеріалъ во всѣхъ цилиндрическихъ слояхъ стѣнки напряженъ равномерно, т. е. что толщина δ стѣнокъ мала въ сравненіи съ d . Для тонкой сферы и для поперечнаго разрыва трубы имѣемъ $\pi d \delta s = \frac{\pi d^2 p}{4}$; $\delta s = \frac{p d}{4}$. Слѣдов.

1) для тонкой сферы напряженіе матеріала стѣнокъ въ 2 раза меньше напряженія, которое испытываетъ тонкій цилиндръ того же діаметра и той же толщины, подвергнутый тому же внутреннему давленію, 2) въ цилиндрѣ величина продольнаго напряженія составляетъ лишь половину напряженія въ направленіи окружности. Поэтому во всѣхъ случаяхъ достаточно вычислять толщину стѣнокъ изъ $\delta = \frac{d p}{2 s}$.

Примръ 1. Какую нужно дать толщину стѣнкамъ чугунаго водопровода въ 30 ст. внутреннего діаметра, который долженъ выдерживать давленіе 10 атмосферъ при 5 кратной прочности.

Давл. 10 атмосферъ на 1 кв. сант. площади. . . . $p = 10,33$ килогр.
Сопротив. чугуна на 1 " " " примемъ 1100 "
Слѣдов. коэфф. s при 5 кратн. прочности. $1100 : 5 = 229$ "

Подставляя эти величины въ формулу, получимъ:

$$\delta = \frac{30 \times 10,33}{2 \times 229} = 0,703 \text{ сантиметра.}$$

Примръ 2. Шарообразный мѣдный сосудъ имѣетъ 40 сант. внутренний діаметръ и выдерживаетъ наибольшее давленіе 30 атм. Найти толщину стѣнокъ, если матеріалъ долженъ имѣть 4 кратную прочность.

Давленіе одной атмосферы на 1 квадрат. сант. $= 1,033$ килогр., а 30 атт. $= 30,99$ kg.

Сопротивленіе мѣди на 1 кв. сант. $= 2400$ килогр., а при 4-кратной прочности $6 = 600$ kg.

Подставляемъ эти величины въ формулу

$$\delta = \frac{d p}{4 s} = \frac{30,99 \times 40}{4.600} = 0,5 \text{ сантим.}$$

*) Здѣсь p обозначаетъ разность давленій внутр. и наружнаго или давленіе по манометру.

2. Въ практическомъ употребленіи формула $\delta = \frac{dp}{2s}$ получаетъ по-

стоянную прибавочную величину c , такъ что $\delta \text{ cent} = \frac{dp}{2s} + c$, гдѣ $c=0,3$ ст. для желѣзныхъ листовъ; $c=0,6$ до 1 сант. для чугуна, $c=0,4$ для мѣди и латуни, $c=0,2$ для свинца и $c=0,5$ для цинка. Такъ какъ давленіе атмосферы на квадр. сант. 1,033 кил., то можно довольно точно считать p также выраженнымъ въ атмосферахъ, и $\delta \text{ мм.} = \frac{dp}{200} + c$. Для газо- и водопроводныхъ трубъ принимаютъ p не выше 10 атм., а допускаемое напряженіе $S=0,5$ до 0,6, при благопріятныхъ условіяхъ и весьма хорошемъ приготовленіи до 0,7 предѣла упругости.

β. Трубы съ высокимъ внутреннимъ давленіемъ, съ толстыми стѣнками. 1. Если толщина стѣнокъ по отношенію къ внутреннему діаметру велика, то предыдущая формула уже не вѣрна, ибо внутренніе слои будутъ напряжены болѣе наружныхъ; допуская, что напряженіе матеріала въ цилиндрическихъ слояхъ стѣнки идетъ, уменьшаясь изнутри кнаружи, то

$$\begin{array}{cc} \text{по Ламѣ} & \text{по Бриксу} \\ \delta = \frac{d}{2} \left(\sqrt{\frac{s+p}{s-p}} - 1 \right) & \delta = \frac{d}{2} \left(2,71828 \frac{p}{s} - 1 \right) + c \end{array}$$

а если $\frac{p}{s}$ есть малая простая дробь, то приблизительно

$$\delta = \frac{d}{2} \frac{p}{s} \left[1 + \frac{1}{2} \frac{p}{s} + \frac{1}{6} \left(\frac{p}{s} \right)^2 \right] + c,$$

гдѣ c берется по даннымъ въ α2

2. По формулѣ Винклера

$$\delta = \frac{d}{2} \left(\sqrt{\frac{ms+(m-1)p}{ms-(m+1)p}} - 1 \right)$$

гдѣ $p < \frac{m}{m+1} s$. Величина s принимается въ зависимости отъ свойства матеріала и отъ степени надежности m : обыкновенно $m=3$ до 4.

Если $\frac{p}{s}$ не велико то приблизительно $\delta = \frac{dp}{2s} \left(1 + \frac{3p}{4s} \right)$.

Примѣръ. Гидравлическій прессъ для маслoбойнаго производства съ 4 трапецевидными прессовыми ящиками длиною 0,75 м. и шириною 25 и 18 ст. долженъ давать наибольшее давленіе $p=150$ kg на кв. ст. площади колобовъ (жмыхъ). Наибольшее давленіе воды въ цилиндрѣ $=300$ атм. Напряженіе въ стѣнкахъ примемъ $s=600$ kg на кв. ст.

Поверхность жмыха (колоба) = $\frac{25+18}{2} \times 75 = 1612,5$ кв. ст. Наибольшее давление на всю поверхность жмыха $P = 150 \times 1612,5 = 241800$ kg. Такъ какъ наибольшее удѣльное давление воды въ цилиндръ $p_s = 1,033 \times 300 = 310$ kg на кв. ст., то діаметръ прессового поршня D , если пренебрежемъ треніе, опредѣлится изъ уравненія

$$P = \frac{\pi D^2}{4} p_s \text{ или } D = \sqrt{\frac{4P}{\pi p_s}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 241800}{3,14 \cdot 310}} = 32 \text{ ст.}$$

Чтобъ было достаточно зазора между стѣнками цилиндра и поршнемъ прессы, то сдѣлаемъ внутренней діаметръ цилиндра $D_1 = 35$ ст. Толщина стѣнокъ цилиндра по формулѣ Ляме

$$\delta = \frac{D_1}{2} \left\{ \sqrt{\frac{s+p}{s-p}} - 1 \right\} = \frac{35}{2} \left\{ \sqrt{\frac{600+310}{600-310}} - 1 \right\} =$$

$$17,5 (1,76 - 1) = 17,5 \times 0,76 = 13 \text{ ст.}$$

а при $s = 500$ kg получимъ

$$\delta = 17,5 \text{ ст. или } 7''.$$

По формулѣ Винклера при $m = 4$ и $s = 600$ ($s > p$ ($m + 1$) : m)

$$\delta = \frac{d}{2} \left(\sqrt{\frac{ms + (m-1)p}{ms - (m+1)p}} - 1 \right) = \frac{35}{2} \left(\sqrt{\frac{2400 + 930}{2200 - 1550}} - 1 \right) = \frac{35}{2} (2 - 1) = 17,5 \text{ ст.}$$

γ. Если плоскія стѣнки соединяются одна съ другою распорными винтами (какъ это бываетъ въ локомотивахъ и локомобильныхъ котлахъ), расположенными на разстояніи a (въ ст.) между собою, то толщина стѣнокъ принимается для желѣзныхъ листовъ $\delta = 0,0387a\sqrt{n} + 0,26$ ст. и въ 1,25 раза болѣе, если стѣнки мѣдныя. Толщина мѣдныхъ винтовъ $\delta = 0,069a\sqrt{n} + 0,3$ ст. Толщина стѣнки въ которой укрѣпляются трубки = 1,4δ, если она желѣзная и 1,875δ если она мѣдная.

Данныя по Унвайну смотри часть 2-я стр. 13.

б. Трубы съ наружнымъ давленіемъ

α. Опыты Ферберна показали, что величина разрушающаго давленія обратно пропорціональна длинѣ и діаметру трубы и прямо пропорціональна почти квадрату толщины; если l длина трубы между укрѣпленными концами, d діаметръ въ mm , t толщина въ mm и p равномерное внѣшнее давленіе на квадрат. миллиметръ. Сплющиваніе трубы произойдетъ, когда

$$p = 6799 \frac{t^2}{ld}.$$

Уравнение это можно решить только при помощи логарифмовъ и въ этой формѣ оно будетъ

$$\log p = \log 6799 + 2,19 \log t - \log (ld).$$

Слѣдующая формула даетъ приблизительно величину давленія p въ klg на кв. mm или n въ атм. (т. е. klg на кв. ст.) для раздавливанія желѣзной пламенной трубы, которой длина l , діаметръ d и толщина δ всё выражены въ одной и той же единицѣ мѣры:

$$0,01n = p = 6800 \frac{\delta^2}{ld}.$$

Отсюда находится толщина стѣнокъ, если δ , l , d выражены въ mm и s есть коэффициентъ прочности

$$\delta = 0,0121 \sqrt{spld} = 0,00121 \sqrt{snld}.$$

Если труба усилена чрезъ приклепываніе тавроваго или углового желѣза въ равныхъ разстояніяхъ по наружной поверхности, то ея сопротивленіе соответствуетъ длинѣ отъ одного кольца до другаго; это разстояніе между кольцами и надобно принимать для l .

При 5-кратной прочности $\delta = 0,0027 \sqrt{nld}$ въ mm .

Примѣръ. Опредѣлить толщину желѣзной дымогарной трубы для корнваллійскаго котла, если $d = 800 \text{ mm}$ и $n = 5$ атмосферъ. Труба имѣетъ длину 5 метровъ. При 5-кратной прочности ($s = 5$)

$$\delta = 0,0027 \sqrt{nld} = 0,0027 \sqrt{5 \cdot 5000 \cdot 900} = \text{почти } 12 \text{ mm}.$$

β . Толщина стѣнокъ трубы, которая должна сопротивляться наружному давленію n атмосферъ (сверхъ внутренняго), опредѣляется вообще по

$$\delta = d \sqrt[3]{\frac{0,768n}{E} + c}, \text{ ст.}$$

Отсюда для трубъ желѣзныхъ $\delta = 0,00766d \sqrt[3]{n + c_1}$

” ” ” чугуновыхъ $\delta = 0,00871d \sqrt[3]{n + c_1}$

” ” ” мѣдныхъ $\delta = 0,00888d \sqrt[3]{n + c_1}$

” ” ” латунныхъ $\delta = 0,01057d \sqrt[3]{n + c_1}$

гдѣ d внутренній діаметръ въ ст., E коэфф. упругости, c_1 постоянное число, которое вообще менѣе постояннаго c для трубъ съ внутр. давленіемъ: $c_1 = 0,5$ с.

Вернеръ рекомендуетъ для желѣзныхъ листовъ брать толщину по формулѣ $\delta = 0,234d \sqrt[3]{n + 1}, 3 \text{ mm}$.

7. По Грасгофу при большомъ давленіи, если не должно быть сплющиванія

$$\delta = \frac{d}{2} \left[-1 + \sqrt{\frac{1}{1 - 2\frac{p}{s}}} \right], \text{ гдѣ } \frac{p}{s} \text{ должно быть } < \frac{1}{2}.$$

с. Для толщины стѣнокъ шарообразныхъ сосудовъ

служить формула (для всѣхъ величинъ p): $\delta = 0,25 \frac{pd}{s} + c.$

По Винклеру для внутренняго давленія p сверхъ наружнаго:

$$\delta = 0,25 \left[-1 + \sqrt{\frac{ms - (m-2)p}{ms - (m+1)p}} \right]$$

всегда должно быть $p < \frac{m}{m+1} s$ ($m=4$). При маломъ $p:s$ приблизительно

$$\delta = \left(\frac{1}{6} \text{ до } \frac{1}{8} \right) \frac{p}{s} \left(1 + \frac{p}{k} \right) d.$$

Для наружнаго давленія p сверхъ внутренняго

$$\delta = \frac{1}{2} d \left[-1 + \sqrt{\frac{2m}{2m - 3(m-1)\frac{p}{s}}} \right]$$

если $p:s$ мало, то приблизительно:

$$\delta = d \frac{m-1}{4m} \frac{p}{s} \left(1 + \frac{m-1}{m} \frac{p}{s} \right).$$

Примѣчаніе. Таблицы для опредѣленія толщины стѣнокъ и діаметра паровыхъ трубъ, котловъ и цилиндровъ находятся въ главѣ о паровыхъ котлахъ, часть 3-я.

III. Обратная крѣпость при неравномѣрномъ распредѣленіи нагрузки.

Во всѣхъ предъидущихъ случаяхъ сжатія предполагалось равномѣрное распредѣленіе груза; при неравномѣрномъ распредѣленіи его въ поперечномъ сѣченіи сопротивленіе подиоръ уменьшается въ столько разъ, во сколько среднее напряженіе менѣе наибольшаго; чтобы найти это отношеніе, допускаютъ съ достаточною для практическихъ цѣлей точностію, что распредѣленіе нагрузки есть равномѣрно переменное и тогда находимъ слѣдующее правило для столбовъ круглаго или правильнаго многоугольнаго сѣченія:

Обозначимъ x_0 наибольшее разстояніе центра давленія отъ центра фигуры въ произвольномъ поперечномъ сѣченіи или другими словами наибольшее разстояніе направленія давленія отъ оси столба; x_1 разстояніе точки наибольшаго напряженія отъ оси столба въ томъ же направленіи, въ которомъ направленіе давленія удалено отъ оси; и Θ такъ называемый моментъ инерціи поперечнаго сѣченія столба, тогда раздробляющая нагрузка:

$$P = \frac{pF}{1 + \frac{x_0 x_1 F}{\Theta}}$$

„Нейтральная ось“ есть діаметръ, къ которому разстояніе x_0 перпендикулярно. Величина $\frac{x_1 F}{\Theta}$ входящая въ формулу:

Видъ поперечнаго сѣченія $\frac{x_1 F}{\Theta}$

- | | |
|--|---|
| 1. Прямоугольникъ hb ; нейтральная ось b | } $\frac{6}{h}$ |
| 2. Квадратъ h^2 | |
| 3. Эллипсъ; нейтральная ось b , другая ось h | } $\frac{8}{h}$ |
| 4. Кругъ, діаметръ h | |
| 5. Полный прямоугольникъ; внѣшніе размѣры h, b ; внутренніе h', b' ; нейтральная ось b | } $\frac{6h(hb - h'b')}{h^3b - b'h'^3}$ |
| 6. Полный квадратъ $h^2 - h'^2$ | |
| 7. Круговое кольцо, внѣшній діам. h , внутр. h' | $\frac{8h}{h^2 + h'^2}$ |

При каменныхъ кладкахъ необходимо разстояніе центра давленія отъ оси столба выбирать такъ, чтобъ ни въ какомъ мѣстѣ поперечнаго сѣченія не проявлялось растягивающее усиліе. Это условіе будетъ выполнено, если наименьшее давленіе будетъ положительное или=нулю, а наибольшее напряженіе превышаетъ среднее не больше, чѣмъ въ 2 раза, такъ что $P \leq p \frac{F}{2}$ и слѣдоват. должно быть

$$x_0 \leq \frac{\Theta}{x_1 F}; \dots$$

это есть обратная величина отъ тѣхъ, примѣры которыхъ даетъ приведенная сейчасъ таблица. Для прямоугольника: $x_0 \leq \frac{h}{6}$; слѣдов. если будетъ $x < \frac{h}{6}$ или сила P дѣйствуетъ внѣ средней трети, тогда явится растягивающее усиліе.

Примѣръ находится въ главѣ о паровыхъ котлахъ.

IV. Обратная крѣпость при сгибаніи.

Формулы $P = s \cdot q = \frac{n}{n} \cdot q$ для обр. кр. можно употреблять только въ тѣхъ случаяхъ, когда стержни или столбы, по длинѣ которыхъ дѣйствуетъ давленіе P , не настолько длинны по отношенію къ ихъ діаметру, чтобъ онѣ могли сломаться вслѣдствіе боковаго изгиба. Такіе случаи суть: каменные столбы обыкновенныхъ размѣровъ; колонны, стержни и подпорки изъ чугуна, коихъ длина не болѣе 5 діаметровъ, или изъ желѣза коихъ длина не болѣе 10 діаметровъ, или изъ сухаго дерева, коихъ длина не болѣе 20 діам.

Поэтому при сооруженіи колоннъ, подпорокъ и устоевъ значительной высоты необходимо руководствоваться другими данными; при извѣстной нагрузкѣ онѣ получаютъ боковой изгибъ и ломаются также, какъ балка при поперечной нагрузкѣ, — слѣд. мы имѣемъ уже здѣсь сложное обратное сопротивленіе, такъ какъ усиленіе въ разрушаемомъ сѣченіи происходитъ разомъ отъ продольнаго давленія и отъ искривленія бруса. Были произведены многочисленные опыты для отысканія законовъ этого рода раздробленія. Наиболѣе вѣрныя и удобныя выраженія были предложены Гордономъ и Ранкиномъ. Эти правила имѣютъ цѣлю опредѣлить предѣльное сопротивленіе стержней и, примѣняя ихъ, необходимо раздѣлить вычисленное сопротивленіе на произвольный коэффициентъ прочности. Но такъ какъ стержни, подвергающіяся сжатію, никогда не нагружаютъ выше предѣла упругости, то мы приведемъ и теоретическія формулы (Эйлера) которыя проще, обнимаютъ всѣ случаи и предполагаютъ, что упругость стержня не нарушена.

а. Формулы Гордона и Ранкина. Если l длина стержня, h наименьшій поперечный размѣръ сѣченія, F площадь поперечнаго сѣченія, f , a , b численные опытною опредѣляемые постоянные коэффициенты, P предѣльная раздробляющая сила и r_0 наименьшій радіусъ инерціи *), то имѣемъ

$$\frac{P}{F} = \frac{f}{1+a} \frac{l^2}{h^2} \quad \text{и} \quad \frac{P}{F} = \frac{f}{1+b} \frac{l^2}{r_0^2}$$

I. Въ первой формулѣ для подпорокъ, прочно укрѣпленныхъ обоими концами, или снабженныхъ широкими плоскими концевыми поверхностями, надо брать для f и a

*) Радіусъ инерціи есть разстояніе отъ оси вращенія, на которомъ нужно сосредоточить всю массу тѣла въ одной точкѣ, чтобъ получить тотъ же моментъ инерціи, какой имѣетъ данное тѣло.

	f въ килогр. на кв. сантим.	α
Желѣзо (прямоугольныя подпоры)	2530	$\frac{1}{3000}$
Чугунъ (полыя цилиндрич. колонны)	5520	$\frac{1}{800}$
Дерево (прямоугольные столбы)	500	$\frac{1}{250}$
Камень и кирпич (прямоугольные столбы).	Смотри таблицу	$\frac{1}{600}$

Если же оба конца округлены или снабжены шарнирами, то въ знаменателѣ вмѣсто α надо ставить 4α ; для столбовъ, на одномъ концѣ укрѣпленныхъ, а на другомъ съ шарниромъ, 2α вмѣсто α . При употребленіи этой формулы отношеніе $\frac{l}{h}$ задается впередъ съ такой степенью приближенія, чтобы можно было начать вычисленія. Какую бы форму не имѣло поперечное сѣченіе, всегда h есть тотъ размѣръ въ направленіи котораго брусъ можетъ скорѣе всего согнуться.

Если направленіе давленія не совпадаетъ съ осью столба, то формула въ этомъ видѣ уже не годится; а нужно въ знаменателѣ прибавить величину $\frac{xh}{2r_0^2}$, гдѣ x наибольшее уклоненіе, а r_0 наименьшій радіусъ инерціи поперечнаго сѣченія столба.—Вотъ нѣсколько значеній этой величины:

сплошной прямоугольникъ	$\frac{x}{h}$
” цилиндръ	$\frac{x}{h}$
тонкостѣнный полый цилиндръ	$\frac{x}{h}$

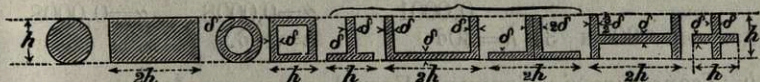
II. Для желѣзныхъ стоекъ сложнаго поперечнаго сѣченія предпочитается вторая формула и нужно подставлять $f=2530$ килогр. на квадратъ сантим.; далѣе для b

α . если оба конца столба прочно закрѣплены	$= \frac{1}{36000}$
β . ” ” ” ” округлены	$= \frac{1}{9000}$
γ . ” одинъ конецъ закрѣпленъ, другой округленъ	$= \frac{1}{18000}$

Для стоекъ съ утолщеніемъ на срединѣ вводить діаметръ на концахъ.

Таблица коэффициентов n .

Фиг. 27. Фиг. 28. Фиг. 29. Фиг. 30. Фиг. 31. Фиг. 32. Фиг. 33.



$\frac{l}{h}$	Ж е л ѣ з о.						Чугунъ (и дерево въ 1 и 2).					
	Фигуры						Фигуры					
	27	28	29	30	31	32	27	28	29	30	31	33
5	1,04	1,03	1,02	1,02	1,06	1,05	1,32	1,24	1,19	1,15	1,24	1,44
10	1,16	1,12	1,09	1,06	1,25	1,18	2,28	1,95	1,78	1,58	1,95	2,77
12	1,23	1,17	1,12	1,09	1,36	1,26	2,84	2,38	2,12	1,84	2,37	3,55
14	1,31	1,24	1,17	1,13	1,49	1,36	3,51	2,88	2,53	2,15	2,86	4,48
16	1,41	1,31	1,22	1,16	1,65	1,46	4,28	3,46	2,99	2,50	3,43	5,54
18	1,52	1,39	1,28	1,21	1,82	1,59	5,15	4,11	3,53	2,90	4,07	6,75
20	1,64	1,48	1,34	1,26	2,01	1,73	6,12	4,84	4,12	3,34	4,79	8,10
22	1,77	1,58	1,41	1,31	2,22	1,89	7,19	5,65	4,78	3,83	5,59	9,59
24	1,92	1,69	1,49	1,37	2,46	2,06	8,34	6,53	5,49	4,37	6,43	11,2
26	2,08	1,81	1,58	1,43	2,71	2,24	9,65	7,49	6,27	4,96	7,41	13,0
28	2,25	1,94	1,67	1,50	2,98	2,43	11,0	8,52	7,12	5,59	8,44	14,9
30	2,44	2,08	1,77	1,58	3,28	2,65	12,5	9,64	8,02	6,26	9,54	17,0
32	2,64	2,23	1,88	1,66	3,59	2,88	14,1	10,8	9,00	7,00	10,7	19,2
34	2,85	2,39	1,99	1,74	3,92	3,12	15,8	12,1	10,0	7,77	12,0	21,5
36	3,07	2,56	2,11	1,83	4,28	3,38	17,6	13,4	11,1	8,58	13,3	24,0
38	3,31	2,73	2,23	1,93	4,65	3,65	19,5	14,9	12,3	9,45	14,7	26,6
40	3,56	2,92	2,37	2,03	5,05	3,93	21,5	15,4	13,5	10,4	16,2	29,4
42	3,82	3,12	2,51	2,13	5,46	4,24	23,6	17,9	14,8	11,3	17,7	32,3
44	4,10	3,32	2,65	2,24	5,90	4,55	25,8	19,6	16,1	12,3	19,4	35,4
46	4,38	3,53	2,81	2,36	6,35	4,88	28,1	21,3	17,5	13,4	21,1	38,6
48	4,69	3,76	2,97	2,48	6,83	5,23	30,5	23,1	19,0	14,5	22,9	41,9
50	5,00	4,00	3,14	2,60	7,32	5,59	33,0	25,0	20,5	15,6	24,7	45,4
55	5,84	4,63	3,59	2,94	8,65	6,55	39,7	30,0	24,6	18,7	29,7	54,7
60	6,76	5,32	4,08	3,31	10,1	7,70	47,1	35,6	29,1	22,1	35,2	64,9
65	7,76	6,07	4,61	3,71	11,7	8,75	55,1	41,6	34,0	25,7	41,1	76,0
70	8,84	6,88	5,19	4,14	13,4	9,99	60,4	48,0	29,3	29,7	47,5	88,0
75	10,0	7,75	5,81	4,61	15,2	11,3	73,0	55,0	44,6	33,9	54,4	101
80	11,2	8,68	6,47	5,10	17,2	12,7	82,9	62,4	50,9	38,5	61,7	115
90	14,0	10,7	7,93	6,19	21,5	15,8	105	78,8	64,2	48,4	77,9	145
100	17,0	13,0	9,55	7,41	26,3	19,3	129	97,0	79,0	59,5	95,9	178

При составленіи таблицы въ основаніе принято:

	для желѣза:	чугуна:	дерева:
	$\alpha=0,0001$	$\alpha=0,0008$	$\alpha=0,0008$
и для фиг. 30 и 31	$h=30\delta$	$h=10\delta$	

b. Теоретическія формулы. Если L высота стойки или подпоры, t моментъ инерціи относительно наименьшаго размѣра h ея поперечнаго сѣченія, E коэффициентъ упругости: то раздробляющій грузъ $P = \frac{mEt}{L^2}$.

1) Когда нижній конецъ стойки укрѣпленъ, верхній свободенъ, и отклоняется въ сторону (давленіе не вертикально), $m = \frac{\pi^2}{4}$;

2) оба конца срѣзаны перпендикулярно къ длинѣ и оба свободны, но не могутъ уклоняться въ сторону (давленіе всегда вертикально), $m = \pi^2$; 3) нижній конецъ укрѣпленъ, верхній свободенъ, но не можетъ уклоняться въ сторону, $m = 2\pi^2$ и въ четвертомъ случаѣ, если оба конца укрѣплены; изгибъ и опасное сѣченіе на среднѣй $m = 4\pi^2$. Слѣдов. теоретически крѣпость для этихъ четырехъ случаевъ относится какъ 1:4:8:16. Допускаемое напряженіе $P_1 = n_1 P$, гдѣ n_1 принимаютъ для желѣза $\frac{1}{3}$ до $\frac{1}{6}$, для чугуна $\frac{1}{6}$ — $\frac{1}{8}$ и для дерева $\frac{1}{10}$ и имѣемъ тогда, напр. для полой чугунной стойки въ первомъ случаѣ

$$P_1 = \frac{\pi^2}{4} \frac{900000}{8} \frac{\pi}{64} \frac{(D^4 - d^4)}{L^2} \text{ или кругло } 13600 \frac{D^4 - d^4}{L^2}$$

Для упрощенія расчета толщины стѣнки e такой стойки при данномъ P_1 дѣлають $L = nD$ и $d = xD$; тогда

$$x^4 = 1 - \frac{n^2 P_1}{13600 D^2}, \quad d = xD \text{ и } e = 0,5D(1-x).$$

Для втораго случая (который встрѣчается болѣею частію) будетъ

$$x^4 = 1 - \frac{n^2 P_1}{54400 D^2}.$$

Когда x^4 вычислено, то x получается изъ слѣдующей таблицы:

При $x^4=0,24$	0,27	0,30	0,33	0,37	0,41	0,475	0,525
$x = 0,7$	0,72	0,74	0,76	0,78	0,80	0,83	0,85

Для сплошной желѣзной круглой стойки $P_1 = 40000 \frac{D^4}{L^2}$ и для квадратной деревянной толщиною a . . . $P_1 = 2000 \frac{a^4}{L^2}$, оба для

случая L ; для остальных въ 4, 8 и 16 разъ болѣе. Для прямо-
угольнаго поперечнаго сѣченія $t = \frac{bh^3}{12}$, здѣсь h меньшій, b боль-
шій размѣръ сѣченія; тоже самое нужно наблюдать при двутавро-
выхъ сѣченіяхъ. Въ послѣднихъ можно для упрощенія расчета не
обращать вниманіе на среднюю стѣнку и $t = \frac{HB^3 - hb^3}{12} =$

$\frac{B^3}{12} (H^3 - h^3)$; H и B обыкновенно задаются и тогда вычисляется
толщина поясовъ B изъ $\frac{1}{2} (H - h)$. Въ этомъ случаѣ при верти-

кальномъ давленіи толщина поясовъ $r = \frac{1}{2} (H - h) = \frac{P_1 L^2}{185000 B^3}$
для чугуна (случай 2). При L метр. высоты стойки толщина b
не менѣе $4 + 4L$ миллиметровъ

Величина $E = 2000000$ для желѣза, $E = 900000$ для чугуна и
 $E = 130000$ килогр. на кв. сант. для дерева.

Стойку нужно рассчитывать на отламываніе, если
при $\square$ и $\square$ при кругл. поперечн. сѣченіи
для дерева $L = \text{или} > \frac{7h}{6h}$
" чугуна $\frac{6h}{12h}$
" желѣза $\frac{4h}{10h}$

и именно въ первомъ изъ вышеуказанныхъ 4 случаевъ нагрузки и
укрѣпленія, въ то время какъ во второмъ случаѣ L можно сдѣ-
лать въ два раза, въ третьемъ почти въ 2,8 раза и въ четвертомъ
въ 4 раза болѣе.

Примѣръ 1. Цилиндрическая желѣзная стойка въ 5 м. высоту
должна поддерживать грузъ 8590 килограм. Какую толщину дол-
женъ онъ имѣть при 4-кратной надежности?

По вышеприведенной формулѣ для $d = 0$ и $E = \frac{1}{4} \cdot 2000000$
 $D^4 = \frac{64 P L^2}{E \cdot \pi^3} = \frac{64 \times 8590 \times 500^2}{500000 \cdot 314^3} = 8870$; $d^2 = \sqrt{8870} = 04,2$; $d =$
9,7 ст.

Примѣръ 2. Кранъ на козлахъ для 200 центнеровъ 10000 kg.:
длина балки 6,6 м.; высота 5,2 м. Стойки крана нужно сдѣлать
изъ двутавроваго прокатнаго желѣза. Каждый
козелъ состоитъ изъ 2 стоекъ. Дѣйствующая
въ стойкѣ сила $P_0 = P : \cos \alpha$, гдѣ $\sin \alpha$ при-
мемъ $= 5,7 : 52,4 = 0,108$ и $\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} =$
0,994. Полную длину горизонтъ балки примемъ
690 ст.; каретка стоитъ на 100 ст. отъ конца;
тогда $P_1 \times 690 = Q \times 590$. Собственный вѣсъ ка-
ретки $= 800$ kg., слѣд. $Q = 10800$ kg и $P_1 =$
 $590 \cdot 10800 : 690 = 9234$ kg. Если Q_1 вѣсъ самой
балки, то полное давленіе на каждый козелъ
 $P = P_1 + 0,5 Q = 9234 + 1000 = 10234$; примемъ
 $P = 10600$ и тогда $P_0 = P : 2 \cos \alpha = 10600 : 2 \times 0,994 = 5332$ kg.



Фиг. 34.

Каждую стойку можно рассматривать как свободную въ обоихъ концахъ полосу. Пусть B ломающая нагрузка, то при 6 кратной надежности $P_0 = B : 6$; $B = 6P_0 = 31992 \text{ кг}$. Но $B = \pi^2 EJ : l^2$; если $E = 2000000$, $l = 524 \text{ ст.}$, то $J = \frac{B l^2}{\pi^2 E} = \frac{31992 \times 524^2}{3,14^2 \times 2000000} = 445,4$.

Примемъ профиль, выдѣлываемый заводомъ Burbach; фиг. 13 даетъ его размѣры, по нимъ

$$J = 1/12 [14^3 \times 1,475 \times 2 + 1,03 \times 22,05] = 676,4.$$

Эта величина болѣе первой, а потому избранный профиль гарантируетъ стойкѣ достаточную прочность.

5. *Полыя цилиндрическія колонны.* Крѣпость (поддерживающая сила) полыхъ колоннъ съ равномерною толщиною стѣнокъ получимъ, если вычислимъ крѣпость для сплошнаго поперечнаго сѣченія, потомъ для сѣченія полости и послѣднюю вычтемъ изъ первой. Полыя колонны имѣютъ большую крѣпость, чѣмъ сплошныя равнаго вѣса. Годжинсонъ нашелъ, что чугунныя колонны, которыя въ срединѣ въ 1,5 до 2 разъ толще, чѣмъ на концахъ при равномъ вѣсѣ и равной длинѣ съ цилиндрическими колоннами выдерживаютъ на $1/8$ болѣе, чѣмъ эти послѣднія и что полыя цилиндрическія колонны при равныхъ прочихъ условіяхъ выдерживаютъ всегда болѣе, чѣмъ колонны равнаго вѣса съ многоугольнымъ или звѣздообразнымъ поперечнымъ сѣченіемъ.

Чѣмъ полыя колонны длиннѣе, тѣмъ труднѣе дать имъ при отливкѣ повсюду одинаковую толщину въ стѣнкахъ. Вслѣдствіе этой трудности, даже независимо отъ условій крѣпости, не должно уменьшать толщину стѣнокъ далѣе слѣдующихъ предѣловъ:

Высота колонны	2 до 3	3 до 4	4 до 6	6 до 8 метр.
Наименьшая толщина	1,2	1,5	2,0	2,5 сант.

4. Сопротивленіе срѣзыванію или сдвигу.

Сопротивленіе сдвигу или срѣзыванію принимаютъ въ $3/4$ до $4/5$ абсолютной крѣпости: $s_2 = 3/4 s$ до $4/5 s$, равно $s_2 = 3/4 s$ до $4/5 s$, гдѣ s допускаемая нагрузка при растяженіи на квадрат. сантиметръ. Далѣе $P_2 = q s_2$.

Въ гражданск. сооружен. для жел.	$s_2 = 600 - 650 \text{ кг}$, чуг.	230 - 250 кг
„ сооруж. съ сотрясен. „ „	500 - 550 „ „	200 „
„ мостахъ „ „	400 - 450 „ „	150 „

на квадрат. сантиметръ.

Сопротивл. пробиванію дыръ въ лист. жел.	4300 кг на □ ст. разр.
„ рѣзанію желѣза	3300 „ „ „

Примѣръ. Полосу A шириною 10 сантим. и толщиною 1,6 ст. нужно укрѣпить помощію двухъ заклепокъ къ поясу B . Какой толщины нужно взять заклепки, если сопротивленіе ихъ срѣзыванію равно сопротивленію разрыву полосы A .

При этомъ предположеніи сѣченіе 2 заклепокъ д. б. равно сѣченію полосы, измѣренному безъ заклепочныхъ дыръ. Мы рѣшаемъ задачу пробою. Пусть:

Диаметръ заклепки = 2,5 ст.
 Сѣченіе обоихъ заклепокъ = 9,81 кв.ст.
 Ширина полосы безъ дыръ . 10—5 = 5 ст.
 Слѣдов. сѣченіе полосы . . 5×1,6 = 8 кв. ст.

Такъ какъ сѣченіе заклепокъ оказывается нѣсколько больше сѣченія полосы (противъ дыръ), то діаметръ заклепокъ былъ принятъ нѣсколько великъ. Онъ долженъ быть 2,3 ст.

5. Относительная крѣпость (сопротивленіе изгибу).

Нейтральная ось поперечнаго сѣченія или профиля проходитъ чрезъ его центръ тяжести и раздѣляетъ профиль такъ, что всѣ его частички, лежащія съ одной ея стороны подвержены дѣйствію растягивающихъ силъ, а съ другой стороны дѣйствію силъ сжимающихъ.

Если $f, f_1, f_2 \dots$ частички площади растягиваемаго сѣченія, $a, a_1, a_2 \dots$ ихъ разстоянія отъ нейтральной оси; F, F_1, F_2 частички площади сжимаемаго сѣченія, $A, A_1, A_2 \dots$ ихъ разстоянія, то моментъ инерціи всего поперечнаго сѣченія

$$t = (fa^2 + f_1a_1^2 + f_2a_2^2 + \dots) + (FA^2 + F_1A_1^2 + F_2A_2^2 + \dots) = t_1 + t_2$$

Далѣе, если e_1 разстояніе наиболѣе напряженныхъ частицъ площади для растягиванія, e_2 для сжатія, то модуль поперечнаго сѣченія.

$$w = \frac{t}{e_1} \text{ относительно } s = \frac{z}{n} \text{ или } = \frac{t}{e_2} \text{ для } s = \frac{p}{n}$$

и моментъ сопротивленія подъ натяженіемъ $s = sw$.

Для симметрическаго поперечнаго сѣченія $t_1 = t_2 = \frac{1}{2}t$ и $e_1 = e_2 = e$ слѣдов. для такового сѣченія $w = \frac{t}{e}$.

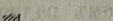
Наиболѣе благоприятное для распредѣленія матеріала положеніе нейтральной оси для профиля дается изъ

$$\frac{T_z}{T_p} = \frac{e_1}{e_2}$$

т. е. напряженія сильнѣе всего вытягиваемыхъ и сжимаемыхъ волоконъ достигаютъ предѣла упругости одновременно.

Для желѣза $T_z = T_p$; изъ этого слѣдуетъ, что балку изъ этого матеріала можно дѣлать симметрическою и слѣдов., располагать нейтральную ось въ срединѣ.

Если на балку дѣйствуетъ сила P и вызываетъ напряжение s , то



для случая

фиг. 35 . . . $Pl = sw$

фиг. 36 . . . $Pl = sw$

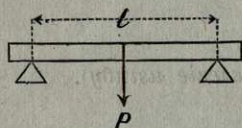
фиг. 37 . . . $\frac{Pc \cdot c_1}{l} = sw$

и если P распределѣна равномерно

$Pl = 2sw$

$Pl = 8sw$

фиг. 38 . . . $P \left(\frac{c \cdot c_1}{l} - \frac{e}{8} \right) = sw$, если P распределѣна равномерно на длинѣ e .

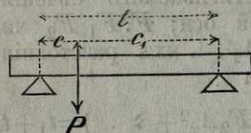


Фиг. 36.

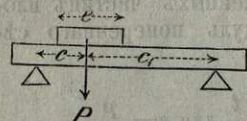
мѣрно распределеннаго груза

$$Pl = 12sw \text{ или } 12 p w. \text{ (Фиг. 39).}$$

Для случая фиг. 40 имѣемъ $Pm = sw$.



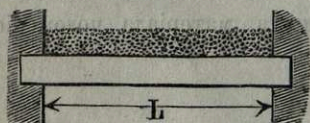
Фиг. 37.



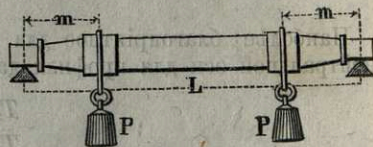
Фиг. 38.

Балка фиг. 36 если она обоими концами заделана въ стѣны, ломается прежде всего въ мѣстахъ опоры при нагрузкѣ.

$$P + \frac{2}{3}g = \frac{8sw}{l} \text{ или } \frac{8pw}{l}$$



Фиг. 39.



Фиг. 40.

Въ симметрическихъ профиляхъ должно вводить въ вычисленіе всегда наименьшую изъ величинъ s и p или можно брать для
 дуба = 750 килогр. желѣза = 3500 килогр. (отъ 2800 до 4000 kg .)
 сосны = 550 " чугуна = 2400 " (1900—2900)

и для прочнаго сопротивленія принимать

при спокойномъ давленіи

при сотрясеніяхъ

для дерева . . . $\frac{1}{10}$

. $\frac{1}{20}$

„ желѣза . . . $\frac{1}{3}$

. $\frac{1}{7}$

„ чугуна . . . $\frac{1}{6}$

. $\frac{1}{12} - \frac{1}{20}$

„ камня . . . $\frac{1}{10} - \frac{1}{20}$

. до $\frac{1}{30}$

Всѣ мѣры нужно выражать въ сантиметрахъ. Если же желаютъ принимать миллиметры, слѣд. относить w къ мм., то понятно нужно всѣ коэффициенты крѣпости и упругости уменьшить въ 100 разъ.

При дѣйствіи собственнаго вѣса или равномерной нагрузки g прогибъ балки получается для случая

фиг. 35 на концѣ $f = \frac{1}{8} \frac{gl^3}{tE}$; фиг. 36 въ срединѣ $f = \frac{5}{384} \frac{gl^3}{tE}$

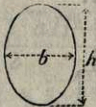
и для случая фиг. 39, когда балка обоими концами задѣлана въ стѣну $f = \frac{1}{384} \frac{gl^3}{tE}$.

Если же балки сверхъ того поддерживаютъ вѣсъ P , то для

фиг. 35: $f = \frac{1}{3} \left(\frac{P + \frac{3}{8}g}{t \cdot E} \right) l^3$; фиг. 36: $f = \frac{1}{48} \left(\frac{P + \frac{5}{8}g}{t \cdot E} \right) l^3$ и

при задѣлкѣ ея концовъ $f = \frac{1}{192} \left(\frac{P + \frac{1}{2}g}{t \cdot E} \right) l^3$.

Слѣдующія таблицы содержатъ величины w и t для различныхъ поперечныхъ сѣченій.

Фиг. 41.	Фиг. 42.	Фиг. 43.	Фиг. 44.
			
$e_1 = e_2 = \frac{1}{2}h$	$e_1 = e_2 = \frac{1}{2}d$	$e_1 = e_2 = \frac{1}{2}h$	$e_1 = e_2 = \frac{1}{2}D$
$t = \frac{1}{12}bh^3$	$\frac{1}{64}\pi d^4$	$\frac{1}{64}\pi b h^3$	$\frac{1}{64}\pi(D^4 - d^4)$
$w = \frac{bh^2}{6}$	$\frac{\pi}{32} d^3$	$\frac{\pi}{32} b h^2$	$\frac{\pi}{32} \left(\frac{D^4 - d^4}{D} \right)$

Фиг. 45.

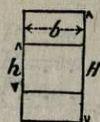


$$e_1 = e_2 = 1/2 H$$

$$t = 1/64 \pi (BH^3 - bh^3)$$

$$w = \frac{\pi}{32} \left(\frac{BH^3 - bh^3}{H} \right)$$

Фиг. 46.

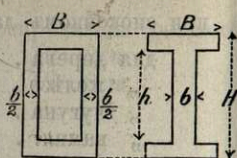


$$e_1 = e_2 = 1/2 H$$

$$1/12 b (H^3 - h^3)$$

$$\frac{b(H^3 - h^3)}{6H}$$

Фиг. 47 и 48.

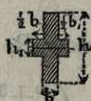


$$e_1 = e_2 = 1/2 H$$

$$1/12 [bh^3 + B(H^3 - h^3)]$$

$$\frac{bh^3 + B(H^3 - h^3)}{6H}$$

Фиг. 49.



$$e_1 = e_2 = 1/2 h$$

$$t = \frac{bh^3 + b_1 h_1^3}{12}$$

$$w = \frac{bh^3 + b_1 h_1^3}{6h}$$

Фиг. 50.

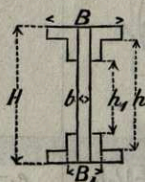


$$e_1 = e_2 = 1/2 h$$

$$\frac{0,589d^4 + b(h^3 - d^3) + b^3(h - d)}{12}$$

$$\frac{0,589d^4 + b(h^3 - d^3) + b^3(h - d)}{6h}$$

Фиг. 51.

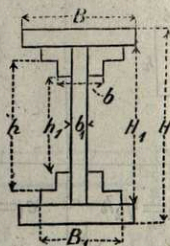


$$e_1 = e_2 = 1/2 H$$

$$t = 1/12 [BH^3 - (B - B_1)h^3 - (B_1 - b)h_1^3]$$

$$w = \frac{2t}{H}$$

Фиг. 52.



$$e_1 = e_2 = 1/2 H$$

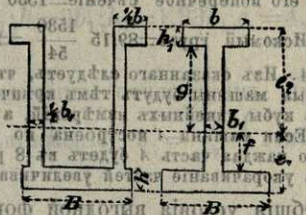
$$t = 1/12 [BH^3 - (B - B_1)H^3 - (B_1 - b)h^3 - (b - b_1)h_1^3]$$

$$\frac{2t}{H}$$

Фиг. 53.



Фиг. 54 и 55.



$$e_1 = \frac{1}{2} \frac{Bh + bH_1(H+h)}{BH - (B-b)H_1}$$

e_1 и e_2 находятся изъ опыта.

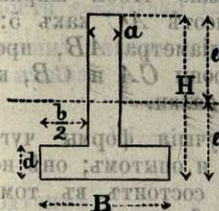
$$t = \frac{1}{3} [B(e_1^3 - f^3) + b(f^3 + e_2^3)]$$

$$\frac{1}{3} [B(e_1^3 - f^3) + b_1(f^3 + g^3) + b(e_2^3 - g^3)]$$

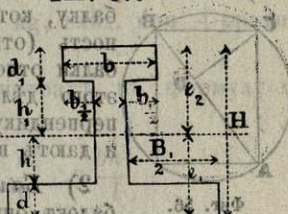
$$sw = \left(\frac{z}{n}\right) \frac{t}{e_1} \text{ или } \left(\frac{p}{n}\right) \frac{t}{e_2}$$

$$\left(\frac{z}{n}\right) \frac{t}{e_1} \text{ или } \left(\frac{p}{n}\right) \frac{t}{e_2}$$

Фиг. 56.



Фиг. 57.



$$e_1 = \frac{1}{2} \frac{aH^2 + bd^2}{bd + aH}$$

$$e_1 = \frac{1}{2} \frac{aH^2 + B_1d^2 + b_1d_1(2H - d_1)}{aH + B_1d + b_1d_1}$$

$$t = \frac{1}{3} \{Be_1^3 - bh^3 + ae_2^3\}$$

$$t = \frac{1}{3} \{Be_1^3 - B_1h^3 + be_2^3 - b_1h_1^3\}$$

Если I есть моментъ инерціи поперечнаго сѣченія относительно оси, которая проходитъ черезъ центръ тяжести, удалена на величину x , то при величинѣ площади поперечнаго сѣченія F , $I = Fx^2$.

- Изъ предыдущихъ формулъ выводятся следующие результаты:
1. Если призматическій брусъ перевернуть съ широкой грани на узкую, то его прочность измѣнится въ отношеніи ширины къ высотѣ.
 2. Сопротивленіе полныхъ круглыхъ или эллиптическихъ балокъ, толщина стѣнокъ коимъ незначительна, относится какъ поперечныя сѣченія, умноженныя на высоты сѣченій.

Слѣд. если круглая желѣзная труба при одинаковой толщинѣ стѣнокъ имѣетъ вдвое большій діаметръ, чѣмъ другая, то площадь сѣченія ея вдвое, а прочность четверо болѣе второй.

3. Сопротивленія балокъ подобныхъ формъ относятся какъ квадраты ихъ линейныхъ размѣровъ, слѣдов. также какъ ихъ площади поперечныхъ сѣченій.

Примѣръ. Модель трубы Конвейскаго моста, испытанная Ферберномъ и Стефенсомъ, имѣла въ поперечномъ сѣченіи 54 кв. д. англ. и выдержала грузъ 89,15 тоннъ, на срединѣ длины. Сколько можетъ выдержать настоящій Конвейскій мостъ если его поперечное сѣченіе=1530''² англ.?

$$\text{Искомый грузъ} = 89,15 \frac{1530}{54} = 2526 \text{ тоннъ.}$$

4. Изъ сказаннаго слѣдуетъ, что подобныя и изъ одинаковаго матеріала сдѣланныя машины будутъ тѣмъ крѣпче, чѣмъ онѣ меньше; ибо вѣса частей относятся какъ кубы линейныхъ измѣреній, а сопротивленія изгибу какъ ихъ квадраты.

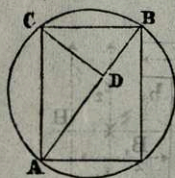
Если машина А построена по масштабу въ 2 раза меньшему, чѣмъ машина В, то каждая часть А будетъ въ 8 разъ легче, но слабѣе только въ 4 раза, такъ какъ укорачиваніе частей увеличиваетъ относительную крѣпость.

Общія условія выгодной формы сѣченій слѣдующія:

1) Матеріаль долженъ быть распределенъ по возможности дальше отъ нейтральной оси; 2) матеріаль, представляющій одинаковое сопротивленіе растяженію и сжатію, долженъ быть распределенъ равномерно по обѣ стороны нейтральной оси; 3) если сопротивленіе раздавливанію болѣе, нежели разрыву, то нужно увеличить соотвѣтственнымъ образомъ поперечное сѣченіе на растягиваемой сторонѣ.

Частныя правила относительно выгоднѣйшихъ формъ сѣченій:

1) *Балки деревянные.* Чтобы изъ круглаго бревна приготовить балку, которая имѣла бы возможно большую крѣпость (относительную), нужно чтобы ширина ВС балки относилась къ ея высотѣ АС какъ 5:7. Для этого дѣлаютъ BD=1/3 діаметра АВ, проводятъ перпендикуляръ CD и стороны СА и СВ, которыя и даютъ высоту и ширину балки.



Фиг. 56.

2) *Балки чугунныя.* Лучшія формы чугунныхъ балокъ опредѣлены теоріей и опытомъ; онѣ не вполне согласны въ частностяхъ, но общее состоитъ въ томъ, что растягиваемый поясъ получаетъ въ 4 до 6 разъ большее поперечное сѣченіе, чѣмъ поясъ сжимаемый. Нейтральная ось дѣлитъ всю высоту на двѣ части, которыя относятся какъ 1:2 (или какъ 3:5). Черезъ это наружныя волокна на сжимаемой сторонѣ укорачиваются вдвое сильнѣе, чѣмъ волокна на растягиваемой сторонѣ удлиняются, какъ это и должно быть если обратить вниманіе на предѣлы упругости для сжатія и растягиванія. И такъ:

Для поперечнаго сѣченія равной статической крѣпости должны дѣлать для чугунныхъ балокъ $e_1 = 1/2 e_2$ до $e_1 = 3/5 e_2$; но еслигибающая сила дѣйствуетъ попеременно и въ обратномъ направленіи, то поперечное сѣченіе нужно дѣлать, какъ и при желѣзѣ, симметрическое и $e_1 = e_2$.

При нагрузкѣ или изгибѣ по одному направленію чугунныя балки для наивыгоднѣйшихъ поперечныхъ сѣченій должны имѣть по Reuleaux слѣдующія отношенія размѣровъ:

Въ фиг. 53 стр. 141 $B = 8b; h = b; e_1 = 4b; e_2 = 8b$. Модуль поперечнаго сѣченія $w = \frac{e_2}{t}$; $t = 278b^4$; площадь $F = 19b^2$. Для той же фигуры $B = 5,8b; h = 1,5b; e_1 = 4b; e_2 = 8b; t = 269b^4; F = 19,2b^2$.

Въ фиг. 54 стр. 141 $B=6b_1; h=1\frac{1}{6}b_1; h_1=0,5b_1; \frac{1}{2}b=b_1; e_1=2,5b_1; e_2=5b_1; t=80b_1^4; F=13,3b_1^2$.

Въ фиг. 55 стр. 141 $B=12b_1; b=5b_1; h=2b_1; h_1=1,33b_1; e_1=4,5b_1; e_2=9b_1; t=922b_1^4; F=40,8b_1^2$.

При расчетъ этихъ балокъ по даннымъ отношеніямъ нужно всегда вводить, какъ допускаемое напряженіе, $s = \frac{p}{n}$ (вслѣдствіе $w = \frac{t}{e_2}$).

Вообще для чугунныхъ балокъ толщины стѣнокъ b и b_1 должны быть принимаемы при L метрахъ длины балокъ не меньше, чѣмъ $4+4L$ въ мм.

По Guittier наименьшая допускаемая толщина

2	2,5	3	3,5	ст.
при	длині	балки		4
				5
				6
				8 мет.

Примѣръ 1. Какую силу можетъ вынести, при 4-кратной надежности, еловая балка, одинъ конецъ которой укрѣпленъ, а на другомъ должна дѣйствовать сила, если $l=6m$, $b=30$ ст. и $h=32$ ст.

Примемъ коэффициентъ излома $z=500$ kg, слѣд. при 4-кратной прочности $s=$ только 125 kg.

Вставимъ данныя измѣренія въ сантиметрахъ въ формулу момента изгиба

$$Pl=sw = \frac{s}{6} bh \text{ или } P = \frac{s}{6} \times \frac{bh^2}{l}$$

то получимъ

$$P = \frac{125}{6} \times \frac{30 \times 32 \times 32}{600} = 1067 \text{ килограм.}$$

Если-бы балка на обоихъ концахъ была подперта, то она могла-бы поддерживать въ срединѣ, также при 4-кратной надежности, въ 4 раза болѣе или 4268 килогр.

Если требуется принять во вниманіе еще вѣсъ балки, то нужно половину его вычесть изъ найденной величины P (можно назвать P несущая способность).

Удѣльный вѣсъ балки	=0,55
Вѣсъ балки	$0,3 \times 0,32 \times 6 \times 550 = 316$ kg.
Несущая способн. балки на свободн. концѣ	$1067 - \frac{1}{2} \times 316 = 909$ kg.
„ „ „ на срединѣ	$4268 - \frac{1}{2} \times 316 = 4110$ „

Примѣръ 2. Какую тяжесть можетъ безъ опасности поддерживать круглый чугунный валъ длиною 285 ст. и діаметромъ 20 ст., если грузъ дѣйствуетъ на срединѣ длины вала?

Не принимая во вниманіе вѣсъ вала $P=4 \frac{sw}{1} = \frac{4\pi}{32} \frac{sd^3}{l}$

При 5-кратной надежности $s=500$ kg и слѣдовательно

$$P=4 \frac{3,14 \times 500}{32} \times \frac{20 \times 20 \times 20}{285} = 5509 \text{ килограммовъ.}$$

Вѣсъ вала $0,0314 \times 2,85 \times 7200 = 644$ kg; слѣдов. крѣпость его $5509 - \frac{644}{2} = 5187$ kg.

Примръ 3. Какой толщины долженъ быть квадр. желѣзный брусъ, подпертый въ двухъ концахъ и на каждомъ концѣ въ разстояніи 80 ст. отъ каждой изъ точекъ опоры нагруженный вѣсомъ 1800 kg? Имѣемъ

$$Pm=sw=s \frac{bh^2}{6} = s \frac{h^3}{6}; h^3 = \frac{6Pm}{s}$$

Примемъ при 4-кратной надежности $s=800$ kg; тогда $h^3 = \frac{6 \times 1800 \times 80}{800}$ слѣдов. сторона квадрата $h = \sqrt[3]{1080} = 10,3$ ст.

Если нужно взять во вниманіе и вѣсъ бруса, то задають длину его и вычисляютъ вѣсъ; половину его прибавляютъ къ силѣ P и вновь опредѣляютъ h .

Примръ 4. На сколько понизится конецъ дубоваго бруса, шириною 20 ст. и высотой 30 ст. и длиною 3 метра, одинъ конецъ коего укрѣпленъ а на другой дѣйствуетъ сила 2400 килограммъ?

а. Прогибъ отъ дѣйствія груза 2400 kg. Имѣемъ

$$P=2400 \text{ kg.}, E=120000 \text{ kg.}, L=300 \text{ ст.}$$

$$\text{Пониженіе } f=4 \times \frac{2400}{120000} \times \frac{300^3}{20 \times 30^3} = 4 \text{ ст.}$$

б. Прогибъ отъ собственнаго вѣса.

$$\text{Вѣсъ} = 3 \times 0,2 \times 0,3 \times 900 = 1620 \text{ килогр.}$$

$$\text{Прогибъ } f = \frac{3}{8} \times 4 \times \frac{1620}{120000} \times \frac{300^3}{20 \times 30^3} = 1,01 \text{ ст.}$$

с. Полный прогибъ балки $= 4 + 1,01 = 5,01$ ст.

Примръ 5. Катающійся кранъ для мастерскихъ. Подъемная сила крана $= 300$ центнеровъ; пролетъ (отъ середины до середины рельсовъ) $= 10,5$ м.

1. *Расчет балки.* Къ наибольшей нагрузкѣ балки 300 центи.=15000 *kg.* прибавляется еще вѣсъ ворота 100 цент.=5000 *kg.*; полная нагрузка $Q=20000$ килогр.

Для прямоугольнаго поперечнаго сѣченія при допускаемомъ напряженіи желѣза $s=60$ *к.* на кв. ст. имѣемъ:

$$\frac{Ql}{4} = \frac{1}{6} b h^2 s \text{ или } \frac{1}{6} b h = \frac{20000 \times 10,5}{4,600} = 8750; b h^2 = 52500.$$

Примемъ $l=15=1050:15=70$ ст.; слѣд. $b=52500:4900=10,6$ ст. Употребимъ двѣ балки, толщина каждой 5,3 ст. Высота h на срединѣ къ обоимъ концамъ уменьшается до 0,7; такъ что высота на концахъ $h_1=50$ ст.

Для превращенія прямоугольной формы сѣченія въ двутавровую служитъ слѣдующая приблизительная формула: фиг. 55 вложенная балка.

$$\frac{B}{b} = \frac{1}{1-\alpha}, \text{ при чемъ}$$

$$\alpha = \left(1 - \frac{\beta}{B}\right) \left(1 - \frac{2\gamma}{H}\right)^3$$

Примемъ $\beta=0,06$ и $2\gamma:H=0,03$; тогда
 $\alpha=(1-0,06)(1-0,06)^3=0,78.$

Слѣдов. $\frac{B}{b} = \frac{1}{1-\alpha} = \frac{1}{1-0,78} = 4,5$; $B=4,5 \cdot 5,3=23,8=24$ ст.; $\beta=0,06 \times 24=1,4$ ст.; $\gamma=0,03H=0,03 \times 70=2,1$ ст.

При употребленіи 4 желѣзныхъ угольниковъ средней толщины 1,4 ст., за исключеніемъ 4 сѣченій заклепокъ, все-таки останется еще очень значительное усиленіе поясовъ; такъ что можно принять толщину листового желѣза въ 1,4 ст. во всѣхъ частяхъ. Пусть ширина углового желѣза $\beta=8,7$ ст.; діаметръ заклепокъ 2,3 ст.; разстояніе между ними 9 ст. Для испытанія этого приблизительнаго опредѣленія поперечнаго сѣченія имѣемъ:

$$F = \frac{1}{12} (70^3 \times 24 - 67,2^3 \times 5,2 - 64,4 \times 14,6 - 49,8^3 \times 2,8);$$

$$M = W s = \frac{l}{e} \times s = \frac{l}{35} s; \quad n = P \frac{l}{4} + Q \frac{l}{8}.$$

Здѣсь $F=15000+5000=20000$ *kg.* Собственный вѣсъ балки $Q=5000$ кило; $l=1050$ сантим.
 $s = \frac{35M}{l}$ и $M = (20000 \times 262,5 + 5000 \times 131) : 2 = 2952500$

$$s = \frac{12 \times 35 \times 2952500}{70^3 \times 24 - 67,2^3 \times 5,2 - 64,4^3 \times 14,6 - 49,8^3 \times 2,8 - 4,6(70^3 - 64,4^3)} = 600,$$

сѣченіе заклѣпки

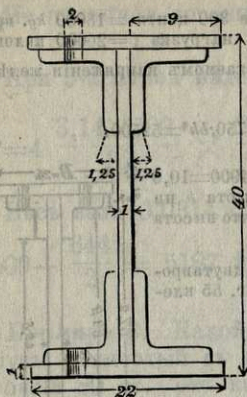
Чтобы еще болѣе увеличить надежность, примемъ $h=80$ ст. (вмѣсто 70), а на концахъ $0,7 \times 80=56$ ст.



Фиг. 58.

Если бы нужно было перейти отъ балки прямоугольнаго сѣченія въ двутавровую прокатной, то принимаютъ $\beta=0,05 B$ и $\gamma=0,02 H$, такъ что $\alpha=(1-0,05)(1-0,04)=0,84$; $1-\alpha=0,16$ и $B=6,25 b$. При $H=50$ ст. и $l=4$ ст., имѣли бы $B=25$ ст. $\beta=0,05 \times 25=1,25$ ст., $\gamma=0,02 H=1$ ст. (фиг. 58).

При опредѣленіи размѣровъ балки можно идти другимъ обратнымъ путемъ, именно задаются размѣрами сѣченія и по уравненію $M=Ws$ вычисляютъ величину s ; если она значительно уклоняется отъ 550, то принимаютъ размѣры сѣченія иначе, опять вычисляютъ s и повторяютъ это до тѣхъ поръ, пока коэффициентъ крѣпости не будетъ приблизительно равенъ названной величинѣ. Для прокатныхъ балокъ уже существуютъ таблицы, по которымъ моментъ инерціи I и величина w берутся прямо; тогда предварительно задаются величиною s и опредѣляютъ w , по которой и выбираютъ сѣченіе балки.



Фиг. 58.

1. *Примѣръ.* Пусть $P=10800$; $Q=2000$; $l=686$ ст. то $M=P \frac{l}{4} + Q \frac{l}{8} = 2023700$ сгибающий моментъ для обѣихъ балокъ катающагося крана; для одной $= 1020000$ *kgcm*. Задаемся сѣченіемъ клепанной балки по фиг. 58 *bis.*, тогда по стр. 140 фиг. 52 имѣемъ $l = \frac{1}{12} (40^3 \cdot 22 - 38^3 \cdot 3 - 35,5^3 \cdot 15,5 - 20 \cdot 2,5 - (40^3 - 35,5^3)^4) = 452877$; $w = \frac{2 \cdot 12 \cdot 2020000}{452887} = 540$ *kg*. Слѣд. размѣры приняты достаточные.

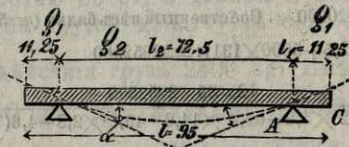
Примѣръ 6. Чугунный балансиръ, подвѣшенный срединю къ литейному крану, поддерживаетъ наибольшій грузъ (котелъ съ чугуномъ, опока съ землею или грузъ на опоки) $P=2000$ *килогр.* Разстояніе крайней точки подвѣса груза отъ точки подвѣса балансира $l=1$ метр. (вся длина балансира, зависящая отъ длины поднимаемой вещи, будетъ 2 метра). По Ледебуръ, если b ширина и h высота прямоугольнаго сѣченія балансира, то для опаснаго сѣченія

$$bh^3 = \frac{PL}{1,6}; h = \sqrt[3]{\frac{PL}{1,6b}}; l=1 \text{ м. и } b=3 \text{ сантим.}$$

(b берется отъ 2,5 до 5 сантим. смотря по длинѣ и по грузу). Тогда

$$bh^3 = \frac{2000 \cdot 1}{1,6} = 1250 \text{ и } h = \sqrt[3]{\frac{1250}{3}} = 20,5 \text{ сантиметр.}$$

Но такъ какъ балансиръ ослабляется именно въ опасномъ сѣченіи отверстіемъ для подвѣснаго бугеля, то рекомендуется усиливать его, придавая ему большую высоту или дѣлая валикъ около отверстія. Если балансиръ отливается въ сыромъ пескѣ, то нужно его размѣры увеличить на 10%. Шины, на коихъ виситъ балансиръ, должны имѣть 5 до 6 кв. сантим. сѣченія на 1000 *килогр.* груза; подвѣсное кольцо около 1 кв. сантим. сѣченія на 1000 *кило* въ каждомъ колѣнѣ. Слѣд. при грузѣ въ 2000 *кило* шинъ имѣлъ бы сѣченіе 12 кв. сантим. и діаметръ 4 сантим. Круглое желѣзо для подвѣснаго кольца имѣло бы 1,6 сантим. въ діаметрѣ



Фиг. 59.

Примѣръ 7. Продолженіе примѣра о винтовомъ прессѣ. (См. треніе). Столъ преса. Разсматриваемъ столъ какъ равномерно нагруженную, подпертую въ 2 точкахъ, балку; тогда $Q_1=68400 \cdot 11,25:95=8100$ *kg*. и $Q_2=68400 \cdot 72,5:95=52200$ *kg*. Сгибающій моментъ въ C отъ выдающейся части AC есть $M_1=0,5 Q_1 l_1=0,5 \cdot 8100 \cdot 11,25=45563$ *kgcm*.; моментъ въ C_1 отъ Q_2 будетъ $M_2=-Q_2 l_2:12 + 2JE\alpha: l_2 = -315375 + 2JE\alpha: l_2$. Равновѣсіе требуетъ, чтобы $-M_1=M_2$; откуда слѣдуетъ $2JE\alpha: l_2=269812$. Опасное сѣченіе въ срединѣ и для него моментъ $M_{\max}=Q_1 l:24 + 2JE\alpha: l_2=157688 + 269812=427500$ *kgcm*. Взявъ въ основаніе сѣченіе фиг. 60 или 61 и по стр. 141 получимъ $e = \frac{1}{2} \times \frac{18,30^2 + 42,6^2}{18,30 + 42,6} = 11,2$ ст.; слѣдов. $e_1=18,8$; $f=5,2$.

Моментъ инерціи относительно оси, проходящей чрезъ центръ тяжести

$$J = \frac{1}{3} [60.11.2^3 + 18.18.8^3 - 42.5.2^3] = 65998.$$

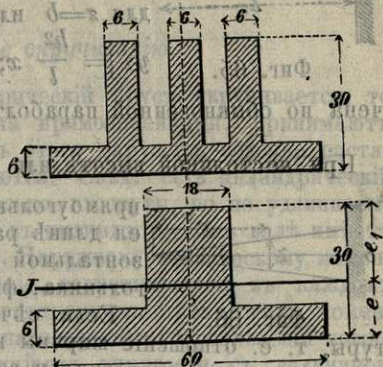
Моментъ сопротивленія для вытягиваемыхъ волоконъ $W = J \cdot e_1 = 65998:18.8 = 3510$. Слѣдоват. допускаемое напряженіе на разрывъ $k = M:W = 427500:3510 = 121$ kg на кв. ст. Такъ какъ все вычисленіе лишь приблизительное, то можно удержать этотъ малый коэффициентъ сопротивленія.

Верхъ прессы состоитъ изъ 2 досокъ, при коихъ только верхняя работает во время прессованія. Мы можемъ ее разсматривать какъ балку, свободно лежащую концами на опорахъ и нагруженную въ 2 точкахъ (фиг. 62). Сгибающій моментъ $M_{\max} = P_1 \cdot 31.75 = 3420.31.75 = 1085850$ klgcm. Принимая во вниманіе сѣченіе фиг. 63 или 64 имѣемъ

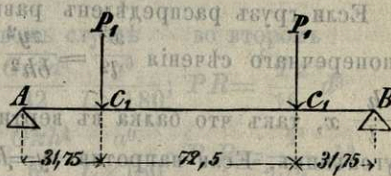
$$e = \frac{1}{2} \cdot \frac{25.30^2 + 43.5 \cdot 5^2}{25.30 + 43.5 \cdot 5} = 12.18$$

ст. и $e_1 = 17.82$; $f = 8.18$.

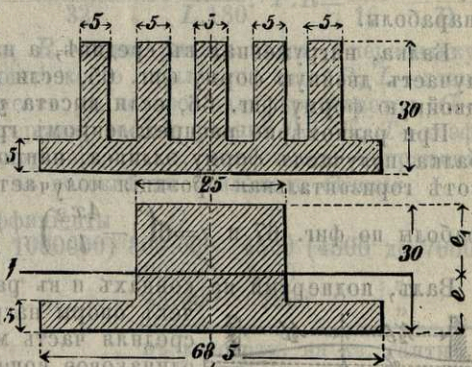
Моментъ инерціи относительно оси, проходящей чрезъ центръ тяжести $J = 0.33(68.5.12.18^3 + 25.17.82^3 - 43.5.7.18^3) = 83374$. Моментъ сопротивленія вытягиваемыхъ волоконъ $W = J:e_1 = 83374:17.82 = 4678.6$. Допускаемое напряженіе $k = M:w = 1085850:4678.6 = 232$ kg на кв. ст. Слѣд. избранное сѣченіе доставляетъ достаточную прочность.



Фиг. 60—61.



Фиг. 62.

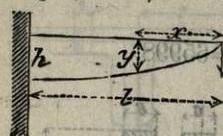


Фиг. 63—64.

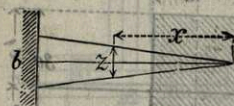
Условія для поперечныхъ сѣченій равной статической крѣпости. Такъ какъ изломъ цилиндрической или призматической балки происходитъ въ мѣстѣ укрѣпленія, то въ балкѣ, которая должна имѣть одинаковую крѣпость (противъ сгибанія) во всѣхъ поперечныхъ сѣченіяхъ, эти сѣченія должны уменьшаться съ приближеніемъ къ точкѣ подвѣса груза.

Если l длина балки, b ширина, h высота въ мѣстѣ укрѣпленія

и y высота, z ширина балки на разстояніи x отъ точки приложенія груза; тогда для дѣйствующаго на концѣ груза и прямоугольнаго сѣченія $\frac{x}{l} = \frac{zy^2}{bh^2}$ и для $z=b$ или при постоянной ширинѣ балки $y^2 = \frac{b}{l} x$; слѣдов. балка должна быть очерчена по обыкновенной параболѣ, фиг. 65.



При постоянной высотѣ или $y=h$ будетъ $z = \frac{b}{l} x$, т. е. если



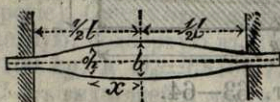
прямоугольное сѣченіе балки имѣть по всей ея длинѣ равную высоту, то балка въ горизонтальной прозекціи получаетъ форму треугольника, фиг. 66. Если сѣченія балки будутъ подобныя фигуры, т. е. отношеніе ширины къ высотѣ во всѣхъ пунктахъ одно и тоже, то горизонтальная и вертикальная прозекціи д. б. кубическія параболы.

Если грузъ распределенъ равномерно, то для прямоугольнаго поперечнаго сѣченія $\frac{x^2}{l^2} = \frac{zy^2}{bh^2}$ и при постоянной ширинѣ $y = \frac{h}{l} x$, такъ что балка въ вертикальной прозекціи образуетъ треугольникъ. Если напротивъ $y=h$ или высота постоянна, то $z = \frac{b}{l^2} x^2$ и горизонтальная прозекція получаетъ форму обыкновенной параболы.

Балка, нагруженная въ срединѣ, а на концахъ подпертая, получаетъ двойную форму фиг. 65, если ширина $z=b$ постоянна и двойную форму фиг. 66, если высота $y=h$ остается постоянною.

При равномерно распределенномъ грузѣ и постоянной ширинѣ балка получаетъ форму эллипса; напротивъ, при постоянной высотѣ горизонтальная прозекція получаетъ форму обыкновенной параболы по фиг. 67 и $z = b \left(1 - \frac{4x^2}{l^2}\right)$.

Валь, подпертый на концахъ и въ равномъ разстояніи отъ точекъ опоры нагруженъ равными вѣсами, то средняя часть между ними получитъ всюду одинаковое поперечное сѣченіе; напротивъ части крайнія отъ грузовъ къ точкамъ опоры могутъ быть утоняемы по предыдущему способу, т. е. по кубической параболѣ.



Эти формы суть чисто математическія; въ практикѣ ихъ замѣняютъ приблизительными формами. Для балки, укрѣпленной однимъ концомъ и нагруженной на другомъ, съ прямоугольнымъ сѣченіемъ $=bh$, при постоянной b берутъ для h въ точкѣ приложенія

груза $h_1 = \frac{1}{2}h$. Если уменьшить ширину до $\frac{2}{3}b$, то будетъ $h_1 = \frac{2}{3}h$ и для балки съ круглымъ сѣченіемъ діаметръ на концѣ $= \frac{2}{3}$ діаметра въ мѣстѣ укрѣпленія. При равномерно распределенной нагрузкѣ $h_1 = \frac{h}{3}$ и $b_1 = \frac{1}{3}b$.

f. Сопротивленіе скручиванію.

Если призматическій или цилиндрический брусъ скручивается, то продольныя волокна, бывшія сначала прямолинейными, принимаютъ винтообразно изогнутую форму; отъ этого наружныя волокна растягиваются, а внутреннія укорачиваются. Слѣд. есть цилиндрический слой, въ которомъ эти волокна только изогнуты, но не удлиннены, ни сжаты. Этотъ нейтральный слой въ цилиндрическомъ валѣ имѣетъ радіусъ равный 0,707 радіуса вала. Наружному статическому моменту $P.R$, производящему скручиваніе, сопротивляется въ каждомъ поперечномъ сѣченіи бруса сумма внутреннихъ статическихъ моментовъ. При опредѣленіи этого послѣдняго момента сопротивленія можно вводить въ вычисленіе или коэффициентъ упругости съ величиною угла скручиванія, или же только напряженіе матеріала не обращая вниманіе на уголъ крученія.

въ первомъ случаѣ во второмъ

Для круглаго вала . . $P.R = \frac{G\pi^2 d^4}{32} \frac{a^9}{L \times 180}$; $P.R = \frac{T\pi}{16} d^3$

„ квадратнаго . . . $P.R = \frac{G\pi h^4}{6} \frac{a^9}{L \times 180}$; $P.R = \frac{T}{3\sqrt{2}} h^3$

„ полаго вала $P.R = \frac{G\pi (D^4 - d^4)}{32} \frac{a^9}{L \cdot 180}$; $P.R = \frac{T\pi}{16} \frac{D^4 - d^4}{D}$

гдѣ P закручивающая сила, R —длина рычага въ ст., перпендикулярно къ длинѣ вала, на концѣ коего приложена сила P ; L —длина вала въ ст., a —число градусовъ, на которое валъ скручивается, G —коэффициентъ крученія матеріала, вообще равный 0,4 E ; T —коэффициентъ крѣпости при крученіи, т. е. наибольшее напряженіе срѣзыванія, развивающееся въ волокнѣ на 1 площади сѣченія.

По Редтенбахеру коэффициенты	G	T
Для желѣза . . (600000 до 1000000)	800.000	4500 (4500 до 7000)
„ чугуна	400.000	3000
„ дуба	48.000	280

въ килограм. на кв. сантим.

Уголъ крученія прямо пропорціоналенъ длинѣ вала и обратно пропорціоналенъ четвертой степени діаметра.

Примѣръ 1. На сколько градусовъ скручивается круглый желѣзный валъ въ 10 ст. діаметромъ и 5 м. длиною, если онъ передаетъ силу 1200 kg ; дѣйствующую на окружности зубчатаго колеса радіусомъ 70 ст.? По первой формулѣ:

$$a^9 = \frac{32.180 P.R.L}{\pi^2 G d^4} = \frac{5760.1200.70.500}{3.14.3.14.800000.10000} = 3,06^9.$$

т. е. конец вала скручивается на $3,06^\circ$, прежде чѣмъ другой начинается вращаться.

Примѣръ 2. Какъ велико напряженіе этого вала на его поверхности?

Здѣсь спрашивается о величинѣ T . Она дается формулою второю:

$$T = \frac{16PR}{\pi d^3} = \frac{16 \cdot 1200 \cdot 70}{3,14 \cdot 1000} = 428 \text{ килогр.}$$

т. е. напряженіе матеріала на поверхности вала, будетъ 428 килогр. на 1 кв. сантим.; обыкновенно допускають напряженіе для желѣза 210 кило, для чугуна 90 кило на квадрат. сантиметръ.

Длинные валы малаго діаметра скручиваются очень сильно. Если сопротивленіе, проявляющееся въ нѣкоторомъ удаленіи отъ дѣйствующей силы, будетъ отчасти или вполнѣ уничтожено, то винтовая линія быстро превращается въ прямыя линіи, что причиняетъ внезапныя измѣненія въ скорости вала, колесъ и ремней и чрезъ это портится фабрикатъ, напр. при пряденіи и ткачествѣ. Въ такихъ случаяхъ уголъ крученія не долженъ превосходить извѣстную границу; обыкновенно при расчетѣ по углу крученія слѣдуетъ принимать его не болѣе $\frac{10}{4}$ на метръ длины.

Примѣръ. Желѣзный валъ съ наибольшимъ напряженіемъ 400 кило при углу крученія 10° на длину 1500 ст.. долженъ имѣть діаметръ

$$d = \frac{286 \cdot 400 \cdot 1500}{20000 \cdot 000 \cdot 10} = 8,6 \text{ ст.}$$

Эта формула $d = 286 \frac{T}{E} \cdot \frac{L}{a}$ получается чрезъ соединен. двухъ указанныхъ выше, исключая $P \cdot R$.

6. Сложное сопротивленіе.

Если призматическое тѣло подвергается сгибанію и скручиванію, то если M_c — сгибающій и $M_{кр}$ — скручивающій моментъ (PR), то идеальный сгибающій моментъ

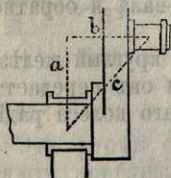
$$M_i = \frac{3}{8} M_{сгиб} + \frac{5}{8} \sqrt{M_{сгиб}^2 + M_{кр}^2}$$

Или приблизительно, если $M_{сгиб} > M_{кр}$

$$M_i = 0,975 M_{сгиб} + 0,25 M_{кр}$$

а если $M_{сгиб} < M_{кр}$, то

$$M_i = 0,525 M_{сгиб} + 0,6 M_{кр}$$



Фиг. 68.

Подставимъ: $M_{\text{сгиб}} = Pb$, $M_{\text{кр}} = Po$ и $c = \sqrt{a^2 + b^2}$, то

$$M = P \frac{3b + 5c}{8}$$

7. Сопротивленіе плоскихъ (листообразныхъ) тѣлъ.

Если r радіусъ подпертаго на всей окружности круглаго листа, толщ. его въ мм., p дѣйствующее на листъ давл. на един. площ. (килогр. на $\square$ мм), s допускаемое напряжение матеріала, E коэффициентъ упругости, h наибольшій прогибъ, то по Грасгофу:

Фиг. 69.

Фиг. 70.

1. Если листъ лежитъ свободно (ф. 70)

$$\frac{\delta}{r} = \sqrt{\frac{p}{s}}; \quad \frac{h}{\delta} = \frac{5}{6} \frac{pr^4}{E\delta^4}$$

2. Если листъ укрѣпленъ краями (фиг. 69)

$$\frac{\delta}{r} = \sqrt{\frac{2}{3} \cdot \frac{p}{s}}; \quad \frac{h}{\delta} = \frac{1}{6} \frac{pr^4}{E\delta^4}$$

Динамическая крѣпость матеріаловъ.

Динамическою крѣпостію называется сопротивленіе, представляемое матеріаломъ дѣйствию механической работы силы или живой силѣ массы (въ видѣ толчковъ, ударовъ, сотрясеній и пр.). Тростительные матеріалы сопротивляются въ этомъ случаѣ совершенно иначе, чѣмъ при обыкновенной нагрузкѣ; ихъ сопротивленіе, какъ показали опыты, зависитъ тогда преимущественно отъ бѣема, а не отъ формы поперечнаго сѣченія. Такимъ образомъ русокъ въ 1 дюймъ шириною и 3 дюйма высотой, положенный лашмя на 2 точкахъ опоры, оказываетъ при обыкновенной нагрузкѣ въ 3 раза меньше сопротивленія излому, чѣмъ на ребро; ежду тѣмъ какъ въ обоихъ случаяхъ онъ сломается отъ одного того же груза, брошеннаго съ известной высоты. Точно также если къ концамъ двухъ шнурковъ совершенно одинаковой толщины ривязать двѣ гири и бросить ихъ съ опредѣленной высоты, то епремѣнно разорвется сперва тотъ шнурокъ, который былъ кооче. Двѣ цѣпи, сходныя во всѣхъ отношеніяхъ, имѣютъ одинаовую статическую крѣпость; если одна изъ нихъ втрое длиннѣе ругой, то при быстромъ порывѣ, при паденіи напр. прикрѣпленаго къ нимъ груза длинная цѣпь можетъ выдержать втрое большую живую силу, потому что объемъ ея втрое больше. Если вѣнья одной цѣпи имѣютъ вдвое меньшую площадь разрѣза, но а то цѣпь вдвое длиннѣе другой, то обѣ цѣпи выдержать одина-

ковую живую силу, потому что объемы ихъ равны. Если цѣпные и въ особенности проволочные мосты достаточно прочны въ статическомъ отношеніи, то въ динамическомъ онѣ рѣдко имѣютъ достаточную прочность; потому что именно тѣ части, которые подвержены дѣйствию живой силы, цѣпи и канаты, имѣютъ малый объемъ. Если напр. войска проходятъ по такому мосту, то онѣ получаютъ качательное движеніе, которое можетъ настолько усилиться, что живая сила, соответствующая этимъ качаніямъ, будетъ въ состояніи разорвать цѣпь или канатъ.

а. Растяженіе и сжатіе.

Пусть V объемъ стержня въ куб. сантим., l длина его въ ст.; Ω поперечное сѣченіе въ кв. ст.; E коэф. упругости матеріала, изъ котораго сдѣланъ стержень; λ линейное удлинненіе или укорачиваніе стержня въ ст.; z напряженіе въ килогр. на 1 кв. ст., которое является во всемъ стержнѣ, когда онъ вытянутъ на λ ; W динамическая крѣпость въ килограммсантиметрахъ, соответствующая этому удлинненію; когда стержень вытягивается отъ l до $l + \lambda$, то z измѣняется отъ 0 до z пропорціонально удлинненію, среднее напряженіе $= \frac{z}{2}$, слѣд. работа для растяженія $= \frac{1}{2} z \Omega \lambda$

$$\text{но } \frac{\lambda}{l} = \frac{z}{E}, \text{ то } W = \frac{\Omega E \lambda^2}{2 l} \text{ или } W = \frac{1}{2} \frac{z^2}{E} V.$$

Если въ послѣднее изъ этихъ выраженій вмѣсто z подставимъ коэффициентъ абсолютной крѣпости матеріала, изъ коего сдѣланъ стержень, то получимъ работу, которая необходима для разрыва стержня. Динамическая крѣпость пропорціональна 1) объему стержня 2) квадрату абсолютнаго сопротивленія и 3) обратно пропорціональна коэффициенту упругости. Эта же формула при измѣняется при сжатіи.

Примѣръ. По опытамъ Годжескинсона желѣзная полоса въ 1 кв. сантим. сѣченія и длиною 1 м. растянулась на 0,000665 м. при силѣ 1312 килогр. Работа, употребленная для этого растягиванія была

$$W = \frac{1}{2} \times 0,000665 \times 1312 = 0,436 \text{ килогр.-метр.}$$

или по

$$W = \frac{1}{2} \frac{\lambda^2}{l} E \Omega = \frac{1}{2} \frac{0,000665^2}{1} \cdot 2000000 \cdot 1 = 0,665^2 = 0,436 \text{ килограмм.}$$

б. Сгибаніе.

Если K наибольшее напряженіе въ килогр. на 1 кв. ст., являющаеся

ющеся въ изогнутой полосѣ; е разстояніе наиболѣе вытянутыхъ волоконъ отъ нейтральнаго слоя, то

$$W = \frac{1}{6} \times \frac{K^2}{E} \times \frac{El}{e}$$

для того случая, когда полоса однимъ концомъ укрѣплена, а на другомъ свободномъ концѣ дѣйствуетъ сгибающая сила; а также, если полоса лежитъ на 2 опорахъ, а сгибающая сила дѣйствуетъ на срединѣ

Для простыхъ поперечныхъ сѣченій $\frac{El}{e}$ пропорціонально объему полосы и:

а. для полосы прямоугольнаго сѣченія $W = \frac{1}{18} \frac{K^2}{E} V$

б. для массивной цилиндрической $W = \frac{1}{24} \frac{K^2}{E} V$

с. для эллиптической $W = \frac{1}{24} \frac{K^2}{E} V$

е. Скручиваніе брусевъ

Если V объемъ квадратнаго или круглаго бруса, G коэф. упругости для крученія того матеріала, изъ котораго брусъ сдѣланъ; T наибольшее напряженіе въ килограмм. на 1 квадр. сантиметр., являющееся на поверхности бруса вслѣдствіе крученія и W динамическое сопротивленіе въ килограммсантим. при напряженіи T , то:

а. для цилиндрическихъ брусевъ $W = \frac{1}{4} \frac{T^2}{G} V$

б. для квадратныхъ $W = \frac{1}{6} \frac{T^2}{G} V$

Величины $\frac{K^2}{E}$ или $\frac{T^2}{G}$, характеризующія динамическое сопротивленіе матеріаловъ называются коэффиціентомъ динамическаго сопротивленія.

Примѣчаніе. Изъ всѣхъ предыдущихъ формулъ видно, что динамическая крѣпость или сопротивленіе матеріаловъ дѣйствию живыхъ силъ при всѣхъ простыхъ формахъ тѣлъ пропорціонально объему и слѣдов. зависитъ только отъ него, а не отъ отдѣльных размѣровъ. Поэтому два стержня, состоящіе изъ одного и того же матеріала и имѣющіе равные объемы будутъ имѣть при равныхъ поперечныхъ сѣченіяхъ одинаковую динамическую крѣпость, хотя бы отдѣльные ихъ размѣры и не были одинаковыми. При этомъ предполагается, что стержень имѣетъ одинаковое на всей длинѣ поперечное сѣченіе (при вытягиваніи же должно происходить уменьшеніе сѣченія, которымъ можно пренебрегать лишь тогда,

если удлинение очень мало) и что изменение формы тѣла до самаго момента разрыва остается пропорциональнымъ силѣ (что вѣрно лишь до предѣла упругости) и что живая сила, дѣйствующая на тѣло какъ ударъ не сосредоточивается въ одномъ мѣстѣ, но усиливаетъ распространяться по всему тѣлу, какъ еслибѣ дѣйствіе было постепенное и медленное.

Построение частей машинъ. Общія правила. Условія, коимъ должна удовлетворять каждая часть машины, дабы она могла выполнять ея назначеніе, суть слѣдующія:

1. *Достаточная крѣпость.* Не достаточно, если часть машина не ломается; но она не должна изменять свою основную форму отъ дѣйствующихъ на нее силъ, ибо только при этомъ условіи можно осуществить заданную геометрическую связь всѣхъ частей.

2. *Незначительное изнашивание.*

3. *Малое сопротивленіе отъ тренія.*

4. *Малый расходъ матеріала при достаточной крѣпости.*

5. *Легкое исполненіе.*

6. *Легкая установка,* необходимо избѣгать всего, что могло бы затруднить установку машины.

7. *Небольшое число моделей;* надо стараться такъ располагать конструкцію, чтобы можно было воспользоваться уже имѣющимися моделями.

Опредѣленіе размѣровъ. По Родтенбахеру: Формы и размѣры частей можно опредѣлять либо на глазъ по вдохновенію, либо чрезъ вычисленіе или наконецъ чрезъ то и другое вмѣстѣ.

Первый способъ основанъ на усвоеніи формъ, величинъ и пропорцій; чувство красоты формъ и величинъ развивается чрезъ многократное упражненіе, наблюденіе и опытъ; это требуетъ многихъ годовъ.

Второй способъ опредѣленія формъ и размѣровъ самъ по себѣ также не приводитъ и никогда не можетъ привести къ цѣли, потому что есть тысячи вещей, которыя или совсѣмъ нельзя рассчитать или же возможно лишь при затратѣ времени и знаній, неимѣющей разумнаго соотношенія съ цѣлю.

Третій способъ, соединяющій вычисленіе съ вдохновеніемъ, ведетъ къ цѣли проще, скорѣе и вѣрнѣе; вычисляется то, что существенно важно и что можно опредѣлить легко и вѣрно; соображаются съ опытомъ и руководствуются чувствомъ. Общее правило: „размѣры и формы всѣхъ частей машины должны находиться въ правильныхъ отношеніяхъ съ другими отношеніяхъ“. Отсюда способъ относительныхъ размѣровъ, по которому проектированіе ведется такъ: Сначала опредѣляются одинъ или нѣсколько главныхъ размѣровъ чрезъ вычисленіе или на основаніи опыта или просто выбираются по вдохновенію; остальные размѣры по отношенію къ главнымъ. По относительнымъ числамъ можно строить не только части машинъ, но и полныя машины;

Формы. Нужно различать статическія условія отъ динамическихъ. По статическимъ законамъ для абсолютной крѣпости форма сѣченія тѣла, а также его длина, совершенно безразличны; для сопротивленія сгибанію и крученію выгодны такія формы, въ коихъ большая часть матеріала удалена отъ центра тяжести, какъ это замѣчается въ формахъ ребристыхъ и полыхъ. По динамическимъ законамъ сопротивленіе пропорціонально объему тѣла; а потому выгодны формы массивныя.

Изготовленіе чертежей, необходимыхъ для построенія машины. Черченіе есть для механика средство выразить свои мысли и представленія ясно, отчетливо и наглядно. Если все хорошо продумано и существенные размѣры опредѣлены (вычисленіемъ или изъ опыта), то проектъ машины вычерчивается скоро и тогда можно цѣлое и всѣ частности подвергнуть строгой критикѣ.

Но чертежи крайне важны и для исполненія потому что каждую часть можно дѣлать независимо отъ всѣхъ другихъ, чрезъ что является возможность раздѣлить всю работу на большое число рабочихъ и такъ организовать все выполненіе, чтобъ всѣ работы исполнялись въ свое время, при наименьшемъ расходѣ времени и матеріаловъ. Кромѣ того чертежи полезны для составленія смѣтъ.

При исполненіи необходимы троякаго рода чертежи, а именно: 1) проектъ, чертежи общаго расположенія; 2) сборочные или монтажные чертежи; 3) детальныя рисунки, рабочіе чертежи. Совершенно необходимо начинать съ общаго и постепенно переходить къ частностямъ, потому что построеніе деталей только тогда возможно, если цѣлое въ существенномъ расположено. Поэтому нужно начинать съ общаго расположенія и потомъ переходить къ конструкціи деталей.

Чертежи общаго расположенія исполняются въ маломъ масштабѣ, Они представляютъ 1) фабричныя строенія и всѣ прочія помѣщенія, принадлежащія къ цѣлому. 2) всѣ машины, которые должны находиться въ фабрикѣ; каждая изъ нихъ на ея надлежащемъ мѣстѣ и въ совершенно простыхъ характеризующихъ ея основную форму контурахъ; полезно также показать при каждой машинѣ валъ и шкивы, чрезъ которые сообщается движеніе машинѣ, и число ихъ оборотовъ въ 1 минуту. 3) Приводы во всякомъ случаѣ только простыми, но довольно явственно проведенными линіями. Валы показываются прямыми линіями; колеса чрезъ ихъ основную форму, шесты маленькими четырехъугольниками, мѣста для подшипниковъ двумя маленькими штрихами. Чтобы чертежъ привода выступалъ явственно, полезно вычертить его темно-синюю краскою. 4) Фундаменты, на коихъ должны стоять машины и приводы. 5) Аппараты для отопленія, освѣщенія и для другихъ цѣлей; все къ этимъ аппаратамъ относящееся полезно начертить особою краскою. Среднія линіи и главные размѣры красною краскою [карминомъ]. Разрѣзы покрываются красками, обозначающими матеріалъ. Для цѣлесообразнаго размѣщенія машинъ и аппаратовъ надо принять во вниманіе многое. Прежде всего всѣ машины д. б. поставлены въ такомъ порядкѣ, чтобъ веденіе всего процесса было

соединено съ наименьшею перевозкою матеріала. Далѣе нужно стремиться, чтобъ веденіе отдѣльныхъ процессовъ не могло имѣть вреднаго вліянія или помѣхи для прочихъ; машины, причиняющія сырость, влажность и пыль, нужно отдѣлить отъ другихъ, могущихъ работать чисто и сухо, т. е. ставить ихъ въ отдѣльныхъ помѣщеніяхъ.

Приводы д. б. возможно просты и удобны; тяжелыя машины, требующія много силы, нужно ставить въ нижнихъ этажахъ и вблизи движущихъ машинъ; легкія напротивъ въ верхнихъ этажахъ. Нужно избирать скорости приводовъ такъ, чтобъ для движенія рабочихъ машинъ требовалось какъ можно меньшее число передачъ. Для фабрикъ требующихъ много рабочихъ, желательно, чтобъ установъ машинъ не затруднялъ надзоръ и уходъ за ними. Наконецъ нужно обращать вниманіе на все, что благопріятствуетъ безопасности отъ пожара и чистотѣ, а также безопасности рабочихъ отъ увѣцій при работѣ.

Чертежъ общаго расположенія остается всегда въ рукахъ строителя, пока исполняются всѣ составныя части цѣлаго и тогда передаются монтеру, т. е. рабочему, которому поручается установка и сборка машины.

Что касается чертежей сборочныхъ, то для ихъ исполненія вычисленіе и расположеніе доставляетъ всѣ данныя. Если изображаемый предметъ не слишкомъ великъ, то удобно исполнить его на бумагѣ въ уменьшенныхъ размѣрахъ, но на большой черной доскѣ мѣломъ въ натуральную величину и отсюда сдѣлать копію на бумагѣ.

Наконецъ, что касается рабочихъ чертежей, по которымъ отдѣльныя части исполняются въ мастерскихъ, то полезно вычерчивать ихъ мѣломъ въ натуральную величину на черной доскѣ и тогда переносить въ натур. величинѣ на бумагу или на доску.

Таблицы упругости водяных паров при температурах от

—2° до +30° C. (по Бунзену)

Град. C.	Упругость въ мм. ртутнаго столба.	Град. C.	Упругость въ мм. ртутнаго столба.	Град. C.	Упругость въ мм. ртутнаго столба.	Град. C.	Упругость въ мм. ртутнаго столба.
2,0	3,955	10,2	7,095	14,2	12,064	+22,2	19,994
-1,8	4,016	6,4	7,193	14,4	12,220	22,4	20,143
-1,6	4,078	6,6	7,292	14,6	12,378	22,6	20,289
-1,4	4,140	6,8	7,392	14,8	12,538	22,8	20,439
-1,2	4,203					23,0	20,588
-1,0	4,267					23,2	21,044
-0,8	4,331	7,4	7,493	15,4	13,029	23,4	21,190
-0,6	4,397	7,6	7,594	15,6	13,187		21,335
0	4,460	8,2	8,126	16,2	13,710	24,2	22,453

ДОПОЛНЕНИЯ.

Физическія и химическія таблицы.

- Таблица упругости водяныхъ паровъ по Бунзену.
- „ насыщающихъ водян. паровъ по Флигнеру.
- „ для перевода давленій по Бунзену.
- „ уд. вѣсъ сахарныхъ растворовъ по Баллингу.
- „ для сравненія градусовъ ареометра Боме съ градусами сахарометра по Баллингу.
- Таблица для перевода поляризационныхъ градусовъ на проценты сахара.
- Таблица для перевода уд. в. спирта на объемные проценты по Траллесу.
- Таблица абсолютной нагревательной способности.

*а. Таблица упругости водяного пара при температурахъ отъ
— 2° до +30°С. (по Вуизену).*

Град. С.	Упругость въ мм ртутнаго столба.	Град. С.	Упругость въ мм ртутнаго столба.	Град. С.	Упругость въ мм ртутнаго столба.	Град. С.	Упругость въ мм ртутнаго столба.
- 2,0	3,955	+ 6,2	7,095	+ 14,2	12,064	+ 22,2	19,901
- 1,8	4,016	6,4	7,193	14,4	12,220	22,4	20,143
- 1,6	4,078	6,6	7,292	14,6	12,378	22,6	20,389
- 1,4	4,140	6,8	7,392	14,8	12,538	22,8	20,639
- 1,2	4,203	7,0	7,492	15,0	12,699	23,0	20,888
- 1,0	4,267	7,2	7,595	15,2	12,864	23,2	21,144
- 0,8	4,331	7,4	7,699	15,4	13,029	23,4	21,400
- 0,6	4,397	7,6	7,840	15,6	13,197	23,6	21,659
- 0,4	4,463	7,8	7,910	15,8	13,336	23,8	21,921
- 0,2	4,531	8,0	8,017	16,0	13,536	24,0	22,184
0	4,600	8,2	8,126	16,2	13,710	24,2	22,453
+ 0,2	4,667	8,4	8,236	16,4	13,885	24,4	22,723
0,4	4,733	8,6	8,347	16,6	14,062	24,6	22,996
0,6	4,801	8,8	8,461	16,8	14,241	24,8	23,273
0,8	4,871	9,0	8,574	17,0	14,421	25,0	23,550
1,0	4,940	9,2	8,690	17,2	14,605	25,2	23,834
1,2	5,011	9,4	8,807	17,4	14,790	25,4	24,119
1,4	5,082	9,6	8,925	17,6	14,977	25,6	24,406
1,6	5,155	9,8	9,045	17,8	15,167	25,8	24,697
1,8	5,228	10,0	9,165	18,0	15,357	26,0	24,988
2,0	5,302	10,2	9,288	18,2	15,552	26,2	25,288
2,2	5,378	10,4	9,412	18,4	15,747	26,4	25,588
2,4	5,454	10,6	9,537	18,6	15,945	26,6	25,891
2,6	5,530	10,8	9,665	18,8	16,145	26,8	26,198
2,8	5,608	11,0	9,792	19,0	16,346	27,0	26,505
3,0	5,687	11,2	9,923	19,2	16,552	27,2	26,820
3,2	5,767	11,4	10,054	19,4	16,758	27,4	27,136
3,4	5,848	11,6	10,187	19,6	16,967	27,6	27,455
3,6	5,930	11,8	10,322	19,8	17,179	27,8	27,778
3,8	6,014	12,0	10,457	20,0	17,391	28,0	28,101
4,0	6,097	12,2	10,596	20,2	17,608	28,2	28,433
4,2	6,083	12,4	10,734	20,4	17,826	28,4	28,765
4,4	6,270	12,6	10,875	20,6	18,047	28,6	29,101
4,6	6,357	12,8	11,019	20,8	18,271	28,8	29,441
4,8	6,445	13,0	11,162	21,0	18,495	29,0	29,782
5,0	6,534	13,2	11,309	21,2	18,724	29,2	30,131
5,2	6,625	13,4	11,456	21,4	18,954	29,4	30,479
5,4	6,717	13,6	11,605	21,6	19,187	29,6	30,833
5,6	6,810	13,8	11,757	21,8	19,423	29,8	31,190
5,8	6,904	14,0	11,908	22,0	19,659	30,0	31,548
6,0	6,998						

b. Таблица насыщающих водяных паров по Флинеру *).

Упругость въ атм. по 1 kg на кв. ст.	тм ртут- наго столба.	Температура въ град. С.	Явная теп- лота въ ка- лорияхъ.	Внутр. тепл. испарения въ калорияхъ.	Выбшняя теп. испарения въ калорияхъ	Разн. уд. объем. пара и воды на кил. въ куб. м.	Велчина.	Вѣсъ куб. м. пара въ кил.
p	p_1	t	q	ρ	A_{pi}	$u=v-w$	$\frac{\rho}{u}$	$\gamma = \frac{1}{v}$
0,10	73,6	45,58	45,649	539,634	35,119	15,0309	35,90	0,0665
0,20	147,1	59,76	59,890	528,347	36,488	7,8084	67,66	0,1281
0,30	220,7	68,74	68,934	521,175	37,357	5,3296	97,79	0,1876
0,40	294,2	75,47	75,710	515,808	37,999	4,0659	126,86	0,2459
0,50	367,8	80,90	81,489	511,476	38,509	3,2964	155,17	0,3033
0,60	441,3	85,48	85,818	507,826	38,929	2,7769	182,88	0,3600
0,70	514,9	89,47	89,844	504,659	39,285	2,4020	210,09	0,4161
0,80	588,4	93,00	93,427	501,847	39,592	2,1182	236,93	0,4719
0,90	662,0	96,19	96,639	499,337	39,861	1,8956	263,41	0,5273
1,00	735,5	99,09	99,576	497,048	40,098	1,7162	289,62	0,5823
1,10	809,1	101,76	102,281	494,899	40,356	1,5702	315,18	0,6365
1,20	882,6	104,24	104,792	492,934	40,566	1,4469	340,69	0,6907
1,30	956,2	106,55	107,138	491,098	40,761	1,3420	365,95	0,7446
1,40	1029,7	108,72	109,339	489,378	40,942	1,2517	390,98	0,7983
1,50	1103,3	110,76	111,416	487,756	41,111	1,1730	415,80	0,8518
1,60	1176,8	112,70	113,382	486,221	41,270	1,1040	440,43	0,9050
1,70	1250,4	114,54	115,252	484,762	41,420	1,0428	464,86	0,9580
1,80	1323,9	116,29	117,032	483,375	41,561	0,9882	489,12	1,0109
1,90	1397,5	117,97	118,837	481,955	41,688	0,9391	513,23	1,0637
2,00	1471,0	119,57	120,369	480,776	41,824	0,8950	537,16	1,1161
2,10	1544,6	121,11	121,935	479,557	41,946	0,8549	560,95	1,1684
2,20	1618,1	122,59	123,443	478,385	42,062	0,8183	584,61	1,2206
2,30	1691,7	124,02	124,897	477,254	42,174	0,7848	608,12	1,2726
2,40	1765,2	125,39	126,301	476,163	42,281	0,7540	631,51	1,3245
2,50	1838,8	126,73	127,658	475,109	42,384	0,7256	654,76	1,3763
2,60	1912,3	128,02	128,972	474,090	42,483	0,6993	677,90	1,4280
2,70	1985,9	129,26	130,246	473,101	42,579	0,6750	700,94	1,4793
2,80	2059,4	130,48	131,483	472,141	42,671	0,6523	723,86	1,5307
2,90	2133,1	131,65	132,684	471,210	42,760	0,6311	746,68	1,5820

Столбцы u , $\frac{\rho}{u}$ и были вычислены, взявъ механической эквив. (ваніе 436).

Упругость въ		Температура въ град. С.	Явная тем- пература въ ка- лоріяхъ.	Внутр. темп. испаренія въ калоріяхъ.	Внѣшняя темп. испаренія въ калоріяхъ.	Разн. уд. объем. пара и воды на кил. въ куб. м.	Величина.	Вѣсъ куб. м. пара въ кил.
атм. по 1 kg на кв. ст.	мм ртут- наго столба.							
p	p_1	t	q	ρ	A_{pu}	$u=v-w$	$\frac{\rho}{u}$	$\gamma = \frac{1}{v}$
3,00	2206,5	132,80	133,853	470,304	42,846	0,6113	769,40	1,6332
3,10	2280,1	133,91	134,992	469,422	42,929	0,5927	792,00	1,6843
3,20	2353,6	135,00	136,102	468,563	43,010	0,5753	814,53	1,7352
3,30	2427,2	136,06	137,183	467,726	43,038	0,5588	836,96	1,7864
3,40	2500,7	137,09	138,239	466,908	43,165	0,5434	859,30	1,8369
3,50	2574,3	138,10	139,271	466,111	43,238	0,5287	881,53	1,8879
3,60	2647,8	139,08	140,279	465,331	43,311	0,5149	903,70	1,9384
3,70	2721,4	140,05	141,265	464,569	43,381	0,5018	925,79	1,9889
3,80	2794,9	140,99	142,230	463,824	43,449	0,4894	947,79	2,0392
3,90	2868,5	121,92	143,175	463,093	43,516	0,4776	969,72	2,0894
4,00	2942,0	142,82	144,102	462,377	43,581	0,4663	991,55	2,1400
4,10	3015,6	143,71	145,010	461,677	43,644	0,4556	1013,3	2,1901
4,20	3089,1	144,58	145,901	460,989	43,706	0,4454	1035,0	2,2401
4,30	3162,7	145,43	146,775	460,315	43,766	0,4356	1056,7	2,2904
4,40	3236,2	146,27	147,633	459,653	43,825	0,4263	1078,2	2,3403
4,50	3309,8	147,09	148,475	459,004	43,883	0,4174	1099,8	2,3901
4,60	3383,3	147,90	149,303	458,365	43,940	0,4088	1121,2	2,4402
4,70	3456,9	148,69	150,117	457,738	43,995	0,4006	1142,6	2,4900
4,80	3530,4	149,47	150,918	457,121	44,049	0,3928	1163,9	2,5394
4,90	3604,0	150,24	151,705	456,514	44,103	0,3852	1185,0	2,5893
5,00	3677,6	150,99	152,480	455,917	44,155	0,3780	1206,2	2,6412
5,10	3751,1	151,73	153,242	455,331	44,206	0,3710	1227,3	2,6882
5,20	3824,7	152,47	153,993	454,753	44,256	0,3643	1248,4	2,7375
5,30	3898,2	153,19	154,733	454,183	44,305	0,3578	1269,4	2,7871
5,40	3971,8	153,90	155,462	453,623	44,353	0,3515	1290,4	2,8369
5,50	4045,3	154,59	156,180	453,071	44,400	0,3455	1311,3	2,8860
5,60	4118,9	155,28	156,888	452,526	44,447	0,3397	1332,1	2,9351
5,70	4192,4	155,96	157,586	451,989	44,493	0,3341	1352,9	2,9842
5,80	4266,0	156,63	158,274	451,460	44,538	0,3287	1373,6	3,0331
5,90	4339,5	157,29	158,954	450,938	44,582	0,3234	1394,4	3,0826

лентъ $\frac{1}{A} = 428 \text{ kgmet}$ (тогда какъ въ оригиналѣ принять въ осно-

Упругость въ		Температура въ град. С.	Явная теп- лота въ ка- лоріяхъ.	Внутр. тепл. испаренія въ калоріяхъ.	Вѣшняя теп. испаренія въ калоріяхъ.	Разн. уд. объем. пара и воды на кил. въ куб. м.	Величина.	Вѣсъ куб. м. пара въ кил.
атм. по 1 kg на кв. ст.	мм ртут- наго столба.							
p	p_1	t	q	ρ	A_{pu}	$u=v-w$	$\frac{\rho}{u}$	$\gamma = \frac{1}{v}$
6,00	4413,1	157,94	159,625	450,423	44,625	0,3183	1415,0	3,1319
6,10	4486,6	156,59	160,287	449,914	44,668	0,3134	1435,5	3,1807
6,20	4560,2	159,22	160,940	449,413	44,710	0,3086	1456,1	3,2300
6,30	4633,7	159,85	161,585	448,918	44,751	0,3040	1476,6	3,2787
6,40	4707,3	160,47	162,222	448,428	44,792	0,2995	1497,1	3,3273
6,50	4780,8	161,08	162,852	447,945	44,832	0,2952	1517,4	3,3761
6,60	4854,4	161,68	163,474	447,468	44,871	0,2910	1537,8	3,4247
6,70	4927,9	162,28	164,088	446,997	44,910	0,2869	1558,1	3,4734
6,80	5001,5	162,87	164,696	446,530	44,949	0,2829	1578,4	3,5224
6,90	5075,0	163,45	165,296	446,070	44,987	0,2790	1598,5	3,5714
7,00	5148,6	164,03	165,890	445,615	45,024	0,2753	1618,7	3,6193
7,25	5332,4	165,44	167,347	444,498	45,115	0,2663	1668,9	3,7411
7,50	5516,3	166,82	168,764	443,413	45,202	0,2580	1718,9	3,8610
7,75	5700,2	168,15	170,146	442,354	45,287	0,2501	1768,6	3,9825
8,00	5884,1	169,46	171,493	441,323	45,369	0,2427	1818,3	4,1034
8,25	6068,0	170,73	172,808	440,316	45,449	0,2358	1867,5	4,2230
8,50	6251,8	171,98	174,093	439,334	45,526	0,2292	1916,6	4,3440
8,75	6435,7	173,19	175,349	438,373	45,601	0,2231	1965,4	4,4623
9,00	6619,6	174,38	176,578	437,434	45,674	0,2172	2013,9	4,5830
9,25	6803,5	175,54	177,780	436,515	45,745	0,2117	2062,3	4,7015
9,50	6987,4	176,68	178,958	435,616	45,813	0,2064	2110,5	4,8216
9,75	7171,2	177,79	180,111	434,735	45,881	0,2014	2158,5	4,9407
10,00	7355,1	178,89	181,243	433,871	45,946	0,1966	2206,4	5,0607
10,25	7539,0	179,96	182,353	433,024	46,010	0,1921	2254,6	5,1787
10,50	7722,9	181,01	183,442	432,193	46,072	0,1878	2301,3	5,2966
10,75	7906,7	182,04	184,513	431,376	46,133	0,1837	2348,6	5,4142
11,00	8090,6	183,05	185,563	430,576	46,192	0,1797	2395,7	5,5340
11,25	8274,5	184,05	186,597	429,788	46,250	0,1760	2442,6	5,6497
11,50	8458,4	185,03	187,612	429,015	46,306	0,1723	2489,4	5,7703
11,75	8642,2	185,99	188,611	428,255	46,361	0,1689	2535,9	5,8858
12,00	8826,1	186,94	189,594	427,506	46,415	0,1655	2582,4	6,0060
12,25	9010,0	187,87	190,561	426,770	46,468	0,1624	2628,6	6,1200
12,50	9193,9	188,78	191,513	426,046	46,520	0,1593	2674,8	6,2383
12,75	9377,8	189,68	192,452	425,331	46,571	0,1563	2720,6	6,3573
13,00	9561,6	190,57	193,376	424,629	46,620	0,1535	2766,5	6,4725
13,50	9929,4	192,31	195,184	423,254	46,717	0,1481	2857,6	6,7069
14,00	10297,1	194,00	196,944	421,916	46,810	0,1431	2948,3	6,9396
14,50	10664,9	195,64	198,656	420,615	46,900	0,1384	3038,5	7,1736
15,00	11032,7	197,24	200,324	419,349	46,986	0,1341	3128,0	7,4019

с. Та

Давл.
воде
m

Т. Та

Вѣсовые
проценты

с. Таблица для перевода давленія водяного столба на давленіе столба ртути (по Бунзену).

Давленіе воды въ мм.	Давленіе ртути въ мм.	Давленіе воды въ мм.	Давленіе ртути въ мм.	Давленіе воды въ мм.	Давленіе ртути въ мм.
1	0,07	25	1,84	85	6,27
2	0,15	30	2,21	90	6,64
3	0,22	35	2,58	100	7,38
4	0,30	40	2,95	200	14,76
5	0,37	45	3,32	300	22,14
6	0,44	50	3,69	400	29,52
7	0,52	55	4,06	500	36,90
8	0,59	60	4,43	600	44,28
9	0,66	65	4,80	700	51,66
10	0,74	70	5,17	800	59,04
15	1,12	75	5,54	900	66,42
20	1,48	80	5,90	1000	73,80

г. Таблица удѣльнаго вѣса сахарныхъ растворовъ при различномъ содержаніи (по Баллину).

Вѣсовые проценты сахара.	Удѣльный вѣсъ при 17,5° С.	Вѣсовые проценты сахара.	Удѣльный вѣсъ при 17,5° С.	Вѣсовые проценты сахара.	Удѣльный вѣсъ при 17,5° С.	Вѣсовые проценты сахара.	Удѣльный вѣсъ при 17,5° С.
1	1,0040	20	1,0832	39	1,1743	58	1,2783
2	1,0080	21	1,0877	40	1,1794	59	1,2841
3	1,0120	22	1,0922	41	1,1846	60	1,2900
4	1,0160	23	1,0967	42	1,1898	61	1,2959
5	1,0200	24	1,1013	43	1,1951	62	1,3019
6	1,0240	25	1,1059	44	1,2004	63	1,3079
7	1,0281	26	1,1106	45	1,2057	64	1,3139
8	1,0322	27	1,1153	46	1,2111	65	1,3199
9	1,0363	28	1,1200	47	1,2163	66	1,3260
10	1,0404	29	1,1247	48	1,2219	68	1,3321
11	1,0446	30	1,1295	49	1,2274	68	1,3383
12	1,0488	31	1,1343	50	1,2329	69	1,3445
13	1,0530	32	1,1391	51	1,2385	70	1,3507
14	1,0572	33	1,1440	52	1,2441	71	1,3570
15	1,0614	34	1,1490	53	1,2497	72	1,3633
16	1,0657	35	1,1540	54	1,2553	73	1,3696
17	1,0700	36	1,1590	55	1,2610	74	1,3760
18	1,0744	37	1,1641	56	1,2667	75	1,3824
19	1,0788	38	1,1692	57	1,2725		

е. Таблица для сравненія градусовъ ареометра Бо́ме для свекло-
вическаго сока съ соответствующими градусами сахарометра *
Градусы по

Бо́ме.	Сахаро- метру.	Бо́ме.	Сахаро- метру.	Бо́ме.	Сахаро- метру.	Бо́ме.	Сахаро- метру.
0,1	1,17	4,1	6,27	8,1	14,56	12,1	21,89
2	0,34	2	7,45	2	14,74	2	22,07
3	0,51	3	7,63	3	14,92	3	22,25
4	0,68	4	7,81	4	15,11	4	22,44
5	0,86	5	7,99	5	15,29	5	22,62
6	1,03	6	8,17	6	15,47	6	22,80
7	1,20	7	8,35	7	15,65	7	23,00
8	1,37	8	8,53	8	15,83	8	23,17
9	1,54	9	8,71	9	16,02	9	23,35
1,0	1,72	5,0	8,90	9,0	16,20	1,30	23,54
1	1,89	1	9,08	1	16,38	1	23,72
2	2,07	2	9,26	2	16,56	2	23,90
3	2,25	3	9,44	3	16,75	3	24,08
4	2,43	4	9,62	4	16,93	4	24,26
5	2,61	5	9,80	5	17,12	5	24,44
6	2,78	6	9,98	6	17,30	6	24,62
7	2,90	7	10,16	7	17,48	7	24,80
8	3,14	8	10,34	8	17,66	8	24,98
9	3,32	9	10,52	9	17,85	9	25,16
2,0	3,50	6,0	10,71	10,0	18,04	14,0	25,34
1	3,68	1	10,89	1	18,22	1	25,53
2	3,86	2	11,07	2	18,40	2	25,72
3	4,04	3	11,25	3	18,59	3	25,91
4	4,22	4	11,43	4	18,77	4	26,10
5	4,40	5	11,61	5	18,96	5	26,19
6	4,58	6	11,79	6	19,14	6	26,48
7	4,76	7	11,97	7	19,32	7	26,67
8	4,94	8	12,15	8	19,51	8	26,86
9	5,12	9	12,33	9	19,69	9	27,05
3,0	5,30	7,0	12,52	11,0	19,88	15,0	27,25
1	5,47	1	12,70	1	20,06	1	27,43
2	5,65	2	12,89	2	20,24	2	27,61
3	5,83	3	13,08	3	20,42	3	27,79
4	6,01	4	13,27	4	20,61	4	27,97
5	6,19	5	13,46	5	20,79	5	28,15
6	6,37	6	13,64	6	20,97	6	28,33
7	6,55	7	13,83	7	21,16	7	28,51
8	6,73	8	14,02	8	21,34	8	28,69
9	6,91	9	14,21	9	21,52	9	28,87
4,0	7,09	8,0	14,38	12,0	21,71	16,0	29,06

*) По Баллину.

Таблица для перевода поляризационных градусов жидких сахарных растворов (свекловичный сок и пр.) по Солеймо на проценты сахара.

α. Безъ свинцов. уксуса.						β. съ свинцов. уксусомъ.					
Гр.	Проц.	Гр.	Проц.	Гр.	Проц.	Гр.	Проц.	Гр.	Проц.	Гр.	Проц.
1	0,26	36	9,05	71	17,27	1	0,29	36	9,92	71	18,87
2	0,52	37	9,29	72	17,49	2	0,57	37	10,19	72	19,12
3	0,78	38	9,54	73	17,72	3	0,86	38	10,45	73	19,36
4	1,04	39	9,78	74	17,95	4	1,14	39	10,71	74	19,61
5	1,30	40	10,02	75	18,17	5	1,42	40	10,98	75	19,85
6	1,55	41	10,26	76	18,40	6	1,71	41	11,24	76	20,10
7	1,81	42	10,50	77	18,62	7	1,99	42	11,50	77	20,34
8	2,07	43	10,74	78	18,85	8	2,27	43	11,76	78	20,58
9	2,32	44	10,98	79	19,07	9	2,55	44	12,03	79	20,83
10	2,58	45	11,22	80	19,29	10	2,83	45	12,29	80	21,07
11	2,83	46	11,46	81	19,52	11	3,11	46	12,55	81	21,31
12	3,09	47	11,69	82	19,74	12	3,39	47	12,80	82	21,55
13	3,34	48	11,93	83	19,96	13	3,67	48	13,06	83	21,79
14	3,60	49	12,17	84	20,18	14	3,95	49	13,32	84	22,03
15	3,85	50	12,40	85	20,41	15	4,23	50	13,58	85	22,27
16	4,10	51	12,64	86	20,63	16	4,51	51	13,84	86	22,51
17	4,35	52	12,88	87	20,85	17	4,78	52	14,09	87	22,75
18	4,61	53	13,11	88	21,07	18	5,06	53	14,35	88	22,99
19	4,86	54	13,35	89	21,29	19	5,33	54	14,60	89	23,23
20	5,11	55	13,58	90	21,51	20	5,61	55	14,86	90	23,46
21	5,36	56	13,81	91	21,73	21	5,88	56	15,11	92	23,70
22	5,61	57	14,05	92	21,95	22	6,15	57	15,37	92	23,94
23	5,86	58	14,28	93	22,16	24	6,43	58	15,62	93	24,17
24	6,11	59	14,51	94	22,38	24	6,70	59	15,87	94	24,41
25	6,35	60	14,74	95	22,60	25	6,97	60	16,13	95	24,64
26	6,60	61	14,98	96	22,82	26	7,24	61	16,38	96	24,88
27	6,85	62	15,21	97	23,03	37	7,51	62	16,63	97	25,11
28	7,09	63	15,44	98	23,25	28	7,78	63	16,88	98	25,35
29	7,34	64	15,67	99	23,46	29	8,05	64	17,13	99	25,58
30	7,59	65	15,90	100	23,68	30	8,32	65	17,38	100	25,81
31	7,83	66	16,13			31	8,59	66	17,63		
32	8,08	67	16,36			32	8,86	67	17,88		
33	8,32	68	16,58			33	9,12	68	18,13		
34	8,57	69	16,81			34	9,39	69	18,38		
35	8,81	70	17,04			35	9,66	70	18,63		

г. Таблица для перевода удельнаго веса виннаго спирта на объемные проценты по Траллесу (15,56° C=12,44° R).

Прод. по объему.	Удельный вѣсъ.	Прод. по объему.	Удельный вѣсъ.	Прод. по объему.	Удельный вѣсъ.	Прод. по объему.	Удельный вѣсъ.	Прод. по объему.	Удельный вѣсъ.
0	0,9991	21	0,9741	41	0,9494	61	0,9104	81	0,8602
1	9976	22	9731	42	9478	62	9082	82	8575
2	9961	23	9720	43	9461	63	9059	83	8547
3	9947	24	9710	44	9444	64	9036	84	8518
4	9933	25	9700	45	9427	65	9013	85	8488
5	9919	26	9689	46	9409	66	8989	86	8458
6	9906	27	9679	47	9391	67	8965	87	8428
7	9893	28	9668	48	9373	68	8941	88	8397
8	9881	29	9657	49	9354	69	8917	89	8365
9	9869	30	9646	50	9335	70	8892	90	8332
10	9857	31	9634	51	9315	71	8867	91	8299
11	9845	32	9622	52	9295	72	8842	92	8265
12	9834	33	9609	53	9275	73	8817	93	8230
13	9823	34	9596	54	9254	74	8791	94	8194
14	9812	35	9583	55	9234	75	8765	95	8157
15	9802	36	9570	56	9213	76	8739	96	8118
16	9791	37	9556	57	9192	77	8712	97	8077
17	9781	38	9541	58	9170	78	8685	98	8034
18	9771	39	9526	59	9148	79	8658	99	7988
19	9761	40	9510	60	9126	80	8631	100	7939

h. Таблица абсолютной калъ. способности.

Одинъ килогр. сгорѣшаго тѣла составляетъ при полномъ сгораніи въ кислородѣ:

Сгорѣвшее тѣло.	Единица теплоты.	Сгорѣвшее тѣло.	Единица теплоты.	Сгорѣвшее тѣло.	Единица теплоты.
Эфиръ . . .	9028	Дер., вполне сухое.	3600	Сало. . .	8370
Алкооль . . .	7184	Древесный спиртъ .	5307	Терпент . . .	10852
Сюрьма. . .	961	Мѣдь	683	Воскъ . . .	9000
Дер. масло .	11200	Сѣрнист. водородъ.	2741	Цинкъ . . .	1301
Свинець . .	266	„ углеродъ.	3400		

Х. Части машинъ.

І. Укрѣпленіе частей машинъ.

А. Блей (по Карпашу).

Часть вторая

Х. ЧАСТИ МАШИНЪ.

Стран.

I. Укрѣпленіе частей машинъ	1— 24
II. Шины, оси и валы	24— 47
III. Подшипники	47— 57
IV. Колеса	57—104
V. Механизмъ кривошипа	104—122
VI. Эксцентрикъ	122—124
II. Канаты, цѣпи и крюки	124—135
III. Трубы	135—139
IX. Краны, клапаны и вентили	140—145
X. Сальники	146—147
XI. Поршни	148—151
II. Регулирующія части машинъ	152—167

МОСКВА.

Типографія Лисснеръ и Романъ. Арбатъ, д. Каринскаго.

1884.

Х. Части машинъ.

І. Укрѣпленіе частей машинъ.

А. Клей (по Кармаршу).

1. *Столярный клей.* Абсолютная крѣпость соединенія на хорошемъ столярномъ клѣ въ kg. на кв. см.

Склеены.	Красный букъ.	Бѣлый букъ.	Дубъ.	Сосна.	Акація.
Торць къ торцу.	1,50	1,01	1,22	1,05	1,00
По направле- нію волоконъ.	0,77	0,79	0,54	0,24	1,63

Для опредѣленія сопротивленія, которое могутъ съ надежностію оказывать склеенныя поверхности, нужно вводить въ расчетъ $\frac{1}{6}$ до $\frac{1}{10}$ вышеуказанныхъ величинъ.

2. *Клей, не теряющій своей связывающей силы въ водѣ.* Кипятятъ 3 частей столярнаго клея съ 30 ч. воды до густаго клея, потомъ прибавляютъ 4,5 ч. льняной олифы и кипятятъ все еще 2 или 3 минуты при безпрестанномъ помѣшиваніи.

В. Замазки (по Кармаршу).

1. *Водонепроницаемая замазка для чугунныхъ трубъ и т. д.* Мелкая сухая смѣсь изъ равныхъ вѣсовыхъ чч. обожженной извести, римскаго цемента, гончарной глины и суглинка мѣсится съ $\frac{1}{6}$ отъ общаго ихъ вѣса льнянаго масла. Большая прибавка цемента увеличиваетъ добротность замазки.

2. *Замазка, сопротивляющаяся дѣйствию влажности и теплоты, но не прямому дѣйствию огня;* для газопроводныхъ и паровыхъ трубъ и т. п. Растираютъ мелко 2 ч. сурика, 5 ч. свинцовыхъ бѣлилъ, 4 ч. сухой трубочной глины, тѣсно смѣшиваютъ и приготавливаютъ густую массу на льняной олифѣ.

3. *Чугунная замазка для водяныхъ и паровыхъ трубъ, паровыхъ котловъ и пр.* изъ 2 ч. нашатыря, 35 ч. чугунныхъ стружекъ и 1 ч. сѣры, приготавливаютъ густое тѣсто на водѣ, которое и заколачиваютъ въ раструбы или пазы помощію конопатника и молотка.

Или же 2 ч. нашатыря и 1 ч. сѣрнаго цвѣта прибавляютъ къ 60 частямъ мелкихъ чугунныхъ стружекъ; смачиваютъ водою, къ которой прибавлена $\frac{1}{6}$ уксуса или немного сѣрной кислоты. Другая

замазка получится, если 100 ч. не ржавыхъ желѣзныхъ опилокъ или мелко истолченныхъ чугунныхъ стружекъ (отъ самоточекъ и сверлилокъ) тщательно смѣшаемъ съ 1 ч. нашатыря въ порошокъ и смочимъ уриною. Въ этомъ состояніи масса законопачивается въ швы. Эта замазка употребляется какъ въ огнѣ, такъ и въ свободномъ воздухѣ.

4. *Замазка печная для задылки швовъ желѣзныхъ печей.* Мелко отсыянная древесная зола смѣшивается съ мелкоистолченной и отсыянной глиной и небольшимъ количествомъ соли; для употребленія все разводится такимъ количествомъ воды, что получается хорошо красящее тѣсто.

5. *Желѣзная замазка, сопротивляющаяся дѣйствию камильнаго жара,* содержитъ 4 ч. желѣзныхъ опилокъ, 2 ч. глины, 1 ч. толченныхъ черепковъ отъ плавленныхъ тиглей или 1 ч. шамотной массы; всѣ части имѣютъ крупность зеренъ рапса и превращаются въ тѣсто на насыщенномъ растворѣ поваренной соли.

6. *Замазка для укрѣпленій металла къ дереву или къ стеклу* содержитъ 4 ч. черной смолы и 1 ч. воска, которые расплавляются, смѣшиваются съ 1 ч. тонкаго кирпичнаго порошка или мѣла и намазываются на предварительно нагрѣтые скрѣпляемые предметы.

С. Паяніе и свариваніе.

1. *Мягкій припой* есть или чистое олово или сплавъ изъ олова и свинца или сплавъ изъ олова, свинца и висмута. Т. н. легкоплавкій припой состоитъ изъ 17 ч. олова и 10 ч. свинца; онъ плавится при 170° С. тогда какъ чистое олово при 230.

2. *Твердый припой* даетъ болѣе прочное соединеніе, чѣмъ мягкій, и потому употребляется преимущественно для паянія мѣди, латуни, желѣза, стали и т. д. между собою. Обыкновенно онъ состоитъ изъ латуни (см. слѣд. таб.).

Чтобы горячій металлъ не окислялся во время паянія, его предохраняютъ отъ соприкосновенія съ воздухомъ, при мягкихъ припояхъ помощью гарпіуса (Colophonium), нашатыря, масла, а при твердыхъ помощью буры, стекляннаго порошка и пр.

Таблица состава нѣкоторыхъ твердыхъ (крѣпкихъ) припоевъ.

Припой для:	Олово.	Цинкъ.	Мѣдь.	Латунь.	Особыя свойства.
	—	1	—	7	очень трудноплавкій.
	—	1	—	3—4	трудноплавкій.
	—	1	—	2—2,5	годный для работъ изъ латуни.
Латунь...	1	4	—	12	} полубѣлый.
Сталь....	1	10	—	22	
Желѣзо и	4	1	—	20	} бѣлый.
Мѣдь....	2	1	—	11	
	1	—	—	4	
	10	—	6	4	

Какъ припой для желѣза, берутъ мѣдь; для желѣза съ мѣдью латунь; для мѣди: 1 ч. свинца, 1 ч. мѣди.

3. Свариваніе желѣза и превращеніе въ сталь происходитъ въ бѣлокалильномъ жарѣ или около 90° Веджвудова пирометра.

Д. Заклепки.

Служать для соединенія металлическихъ листовъ. Приготавливаются изъ мягкаго (мелкозернистаго) желѣза или изъ мягкой стали.

1. *Форма заклепокъ.* Фиг. 1 большею частью для прочнаго заклепочнаго шва; профиль головки составленъ изъ 3 дугъ круга. Фиг. 2 — заклепка съ полусфер. головкой въ видѣ жирной капли для плотнаго и прочнаго шва (для паровыхъ котловъ); профиль головки состоитъ изъ одной дуги круга. Фиг. 3 — форма головки, получаемая при клепаніи отъ руки, ручнымъ молоткомъ безъ употребленія обжимки. Фиг. 4 — утопленная головка. L = длина заклепки, необходимая для образованія второй головки при клепкѣ.

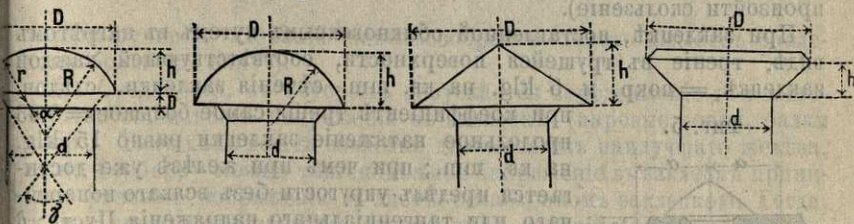
2. *Размѣры заклепокъ.*

Фиг. 1.

Фиг. 2.

Фиг. 3.

Фиг. 4.



$h = 0,5 d$	$h = 0,5 d$ до	$h = \frac{2}{3} d$ до	$h = \frac{1}{3} d$ до
$D = 1,5 d$	$0,6 d$	$0,8 d$	$0,4 d$
$R = d$	$D = 1,7 d$	$D = 2 d$	$D = 1,7 d$ до $2 d$
$r = 0,5 d$	$R = d$	$\angle z = 33^{\circ}$	$\angle z = 33^{\circ}$
$n = \frac{1}{8} d$	$n = \frac{1}{8} d$	$L = 1,8 d$	$L = 0,7 d$
$L = 1,2 d$	$L = 1,25 d$		
$\angle \gamma = 75^{\circ}$			
$\angle \alpha = 60^{\circ}$			

Диаметръ головки, образующейся при клепаніи, можно принимать вообще $= 2 d$, а ея высоту $= 0,8 d$.

Заклепка въ видѣ двойнаго усѣченнаго конуса можетъ быть изготовлена весьма просто безъ употребленія специальныхъ машинъ. По опытамъ Райхе (Reiche) при продавливаніи листовъ дыры для заклепокъ только тогда получаются вполне гладкія, если діаметръ матрицы — нѣсколько болѣе діаметра бородка, именно для желѣзныхъ листовъ эта разница должна составлять около $0,25d$. При этомъ отверстіе получается коническое и діаметръ его со стороны матрицы на $0,25d$ болѣе діаметра со стороны бородка. Далѣе дѣлается не нужнымъ раззенковываніе дыръ, если листы накладываются одинъ на другой такъ, что узкія мѣста дыръ совпадаютъ.

3. Диаметр заклепки не меньше $1\frac{1}{2} \delta$; онъ измѣняется въ практикѣ отъ $d = \frac{3}{4} \delta + 0,95$ см. до $d = \frac{7}{8} \delta + 0,95$ см. По Унвайну.

при $\delta = 0,63 \quad 0,79 \quad 0,95 \quad 2,09 \quad 1,27 \quad 1,42 \quad 1,58 \quad 1,90 \quad 2,20$
 $d = 1,52 \quad 1,70 \quad 1,85 \quad 2,00 \quad 2,16 \quad 2,28 \quad 2,41 \quad 2,64 \quad 2,84$

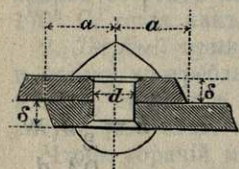
Если склепываются нѣсколько листовъ, тогда $d = \frac{T}{8} + 1,58$, гдѣ T общая толщина всѣхъ листовъ. Рѣдко употребляются заклепки толще 28 мм. ($1\frac{1}{8}$ англ. дюйм.).

Сопротивленіе заклепочныхъ швовъ. Заклепочныя соединенія могутъ подвергаться силамъ, дѣйствующимъ по различнымъ направленіямъ или только по одному направленію. Т. к. нельзя принять, что отверстіе будетъ вполне заполнено заклепкою (зазоръ обыкновенно не болѣе 5%), то различаютъ:

I. Соединенія, въ которыхъ не должно быть ни малѣйшаго передвиженія (напр. балансиры, тяги и пр.); которые слѣд. дѣйствуютъ только посредствомъ тренія между трущимися поверхностями, вызываемаго продольнымъ напряженіемъ заклепокъ. (Подъ трущимися поверхностями понимаются тѣ поверхности, въ которыхъ можетъ произойти скольженіе).

При заклепкѣ, поставленной обыкновеннымъ путемъ въ нагрѣтомъ видѣ, треніе въ трущейся поверхности, соответствующей каждой заклепкѣ, = покр. м. 5 klg. на кв. мм. сѣченія заклепки, слѣдов.

Фиг. 5.



при коэффициентѣ тренія самое большое = 0,33 продольное натяженіе заклепки равно 15 klg. на кв. мм.; при чемъ при желѣзѣ уже достигается предѣлъ упругости безъ всякаго поперечнаго или тангенціальнаго напряженія. Пусть: δ толщина листа, d диаметр заклепки, e разстояніе между двумя сосѣдними заклепками одного ряда, m число трущихся поверхностей для одной за-

клепки, n число заклепокъ въ швѣ, a ширина закраины листа, измѣренная отъ центра ближайшей къ краю заклепки, b разстояніе между двумя рядами заклепокъ; $\varphi = (e-d):e$ есть отношеніе крѣпости заклепочнаго шва къ крѣпости цѣльнаго листа.

Если скольженіе должно произойти въ одно время съ достиженіемъ предѣла упругости въ листѣ, то должно быть:

$$\frac{e}{\delta} = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{mn}{2,8} \left(\frac{d}{\delta} \right)^2 + \frac{d}{\delta} \quad \text{и} \quad \varphi = \frac{1}{1 + \frac{\pi}{4} \cdot \frac{2,8}{mn} \cdot \frac{\delta}{d}}$$

При одностороннемъ или склепываніи въ напускъ (фиг. 5), опытъ

Фиг. 6. показалъ что, какъ и при двухстороннемъ или цѣдномъ склепываніи (фиг. 6), скольженіе происходитъ между двумя трущимися поверхностями (головкою заклепки и листомъ); при длинныхъ заклепкахъ однако слѣдуетъ принять, что заклепка, уже нагруженная до предѣла упругости, скорѣе сгибается, чѣмъ допустить скольженіе головки.

Величина α получается вполне чрезъ вычисленіе и въ слѣдующей таблицѣ принято.

$$\left(\alpha - \frac{d}{2}\right) \delta = \frac{3 \pi d^2}{4 \cdot 4}$$

	$mn = 2.$					$mn = 4.$				
$\frac{d}{\delta} =$	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50
$\frac{e}{\delta} =$	2,76	3,47	4,24	5,09	6,01	4,02	5,18	6,48	7,92	9,51
$\frac{\alpha}{\delta} =$										
$\frac{\delta}{\delta} >$	2,08	2,68	3,37	4,11	4,93	2,08	2,68	3,37	4,11	4,93
$\varphi =$	0,44	0,50	0,53	0,56	0,58	0,63	0,66	0,69	0,72	0,74

При ручномъ клепаніи нецѣлесообразно дѣлать діаметръ заклепокъ болѣе 25 mm *).

II. Соединенія, въ которыхъ допускается передвиженіе до появленія тангенціального напряженія въ заклепкѣ (паровые котлы, балки и пр.). Такъ какъ всегда заклепки дѣлаются изъ наилучшаго желѣза, то по Ферберну можно тангенціальное напряженіе въ заклепкѣ принимать равнымъ напряженію въ листѣ, ослабленномъ заклепкою. Тогда, если s число срѣзываемыхъ поперечныхъ сѣченій заклепки:

$$\frac{e}{\delta} = \frac{\pi}{4} ns \left(\frac{d}{\delta}\right)^2 + \frac{d}{\delta} \quad \text{и} \quad \varphi = \frac{1}{1 + \frac{4}{\pi ns} \frac{d}{\delta}} = 1 - \frac{d}{e}$$

1. Склепываніе для мостовыхъ балокъ и т. п.

Такъ какъ при этихъ склепываніяхъ обращается особенное вниманіе на большую крѣпость, то выбираютъ $d : \delta$ большее, между 1,75 и 2,50; послѣдняя величина, какъ наибольшая.

*) Отъ хорошаго клепанія требуется, чтобы металлъ заклепки, пока онъ еще горячъ и пластиченъ, входилъ во всѣ неровности заклепочной дыры и ихъ заполнялъ и чтобы излишекъ металла образовалъ соответствующей формы головку. Этотъ результатъ при ручномъ клепаніи не достигается. Напротивъ при клепаніи машинною можно произвести на заклепку вполне опредѣленное давленіе, отъ коего мягкій металлъ заклепки раздается, подобно жидкости, во всѣ стороны и наполняетъ всѣ щели, трещины и неровности отверстія.

ТАБЛИЦА СКЛЕПОКЪ ДЛЯ МОСТОВЫХЪ БАЛОКЪ И Т. П.

$ns = 1$					$ns = 2$					$ns = 3$					$ns = 4$				
																			
$d:\delta =$	1,75	2,00	2,25	2,50	1,75	2,00	2,25	2,50	1,75	2,00	2,25	2,50	1,75	2,00	2,25	2,50	1,75	2,00	2,25
$e:\delta =$	4,16	5,14	6,23	7,41	6,56	8,28	10,20	12,30	6,56	8,28	10,20	12,30	6,56	8,28	10,20	12,30	6,56	8,28	10,20
$a:\delta =$	2,41	3,14	3,98	4,91	2,41	3,14	3,98	4,91	4,82	6,28	7,97	9,82	4,82	6,28	7,97	9,82	4,82	6,28	7,97
$\varphi =$	0,58	0,61	0,64	0,66	0,73	0,76	0,78	0,80	0,73	0,76	0,78	0,80	0,73	0,76	0,78	0,80	0,73	0,76	0,78

По Винклеру для мостовыхъ балокъ сумма проносящихся при срьзваніи плоскостей д. б. равна полезному сѣченію къ ней укрѣпленной растяжимой полосы и 0,875 сѣченія сжимаемой полосы. При растягиваемыхъ полосахъ первый рядъ заклепокъ долженъ содержать возможно меньшее число заклепокъ. Закленки располагаются такъ, чтобы на обѣихъ сторонѣ оси находилось возможно равное число заклепокъ.

Въ поясахъ должно быть возможно меньшее число заклепокъ. Для пролета l принимаютъ толщину заклепки въ mm .

$$d = 20 + 0,05 l.$$

Разстояніе между заклепками для соединенія углового желѣза съ вертикальн. стѣнкою берется равнымъ 6 діаметрамъ заклепки; въ углового желѣза можно идти въ сжимаемомъ поясъ до $12d$, въ растяжимомъ до $18d$.

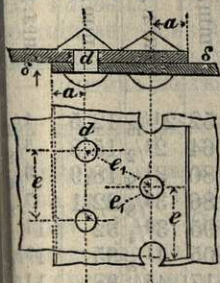
2. Склепка паровых котловъ.

Такъ какъ при склепкѣ котловъ требуется большая крѣпость и совершенная непроницаемость заклепочнаго шва, то берутъ отношеніе $d:\delta$ между 1,5 и 2.

Употребляется склепка простая и двойная въ напускъ и въ стыкъ съ накладкой. Поперечные швы одиночные (однорядные), болѣе на пряженные продольные швы двурядные съ заклепками, размѣщенными рѣже (фиг. 7). Это въ особенности соблюдается тогда, если діаметръ котла болѣе 1,5 м., а давленіе пара сверхъ воздушнаго болѣе 4 атмосферъ.

При малыхъ діаметрахъ какъ поперечные, такъ и продольные швы всѣ однорядные. Въ локомотивныхъ котлахъ всѣ швы двойные. Простая и двойная склепка въ напускъ сопротивляется такъ же, какъ соответствующая склепка въ стыкъ съ накладкой. Имѣемъ:

Фиг. 7.



Для простой склепки:

$$\frac{e}{\delta} = \frac{\pi \left(\frac{d}{\delta}\right)^2}{4} + \frac{d}{\delta}$$

$$\varphi = \frac{1}{1 + \frac{4}{\pi} \left(\frac{\delta}{d}\right)} = 1 - \frac{d}{e}$$

Для двойной склепки:

$$\frac{e}{\delta} = \frac{\pi \left(\frac{d}{\delta}\right)^2}{2} + \frac{d}{\delta}$$

$$\varphi = \frac{1}{1 + \frac{2}{\pi} \left(\frac{\delta}{d}\right)} = 1 - \frac{d}{e}$$

Отсюда вычислена слѣдующая таблица для клепки паровыхъ котловъ.

	Простой шовъ.				Двойной шовъ.			
$d:\delta =$	1, 5	1, 6	1,75	2, 0	1, 5	1, 6	1,75	2, 0
$e:\delta =$	3,27	3,61	4,16	5,14	5,03	5,61	6,56	8,28
$e_1:\delta =$	—	—	—	—	3,27	3,61	4,16	5,14
$a:\delta =$	2,05	2,31	2,78	3,35	2,05	2,31	2,78	3,35
$\varphi =$	0,54	0,56	0,58	0,61	0,71	0,72	0,73	0,76

По Lemaître'у (котельный фабрикантъ въ Парижѣ) для паровыхъ котловъ цѣлесообразно принимать:

При простомъ швѣ: $d = 4 + 1,5 \delta$; $e = 10 + 2d = 18 + 3 \delta$; $a = 1,5d = 6 + 2,25 \delta$; $b = 2d = 8 + 3 \delta$; при этомъ φ получается между 0,65 и 0,58.

При двойномъ швѣ: $e = 20 + 3d = 32 + 4,5 \delta$; $e_1 = 10 + 2d = 18 + 3 \delta$.

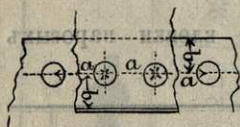
При высокомъ давленіи часто принимаютъ $d = 1,6 \delta$ для желѣзныхъ котловъ и $d = 2 \delta$ для стальныхъ котловъ.

Таблица для клепки паровых котловъ (по Ферберну).

Толщина листовъ δ .		Диаметръ заклеп. d .		$\frac{d}{\delta}$	Длина заклеп. h .		Разстояніе между центрами e .		Ширина шва.				Высота головки.	
мм.	англ. д.	мм.	англ. д.		мм.	англ. д.	мм.	англ. д.	Простаго.	Двойнаго.	мм.	англ. д.	мм.	англ. д.
4,7	$\frac{3}{16}$	9,4	$\frac{3}{8}$	2,0	22	$\frac{7}{8}$	32—38	$11\frac{1}{4}$	32	$11\frac{1}{4}$	52	$21\frac{1}{16}$	12,5	$1\frac{1}{2}$
6,3	$\frac{1}{4}$	12,6	$\frac{1}{2}$	2,0	28	$1\frac{1}{8}$	38—44	$11\frac{1}{2}$	38	$11\frac{1}{2}$	64	$21\frac{1}{2}$	15,8	$5\frac{1}{8}$
7,9	$\frac{5}{16}$	15,8	$\frac{3}{8}$	2,0	35	$1\frac{3}{8}$	41—47	$15\frac{1}{8}$	47	$17\frac{1}{8}$	80	$31\frac{1}{8}$	18,9	$3\frac{3}{4}$
9,4	$\frac{3}{8}$	18,8	$\frac{1}{2}$	2,0	41	$1\frac{5}{8}$	47—57	$17\frac{1}{8}$	57	$21\frac{1}{4}$	86	$33\frac{3}{8}$	22,1	$7\frac{1}{8}$
12,5	$\frac{1}{2}$	20,5	$\frac{13}{16}$	1,5	57	$21\frac{1}{4}$	54—60	$21\frac{1}{8}$	60	$23\frac{3}{8}$	95	$33\frac{3}{4}$	32	$11\frac{1}{4}$
14,2	$\frac{9}{16}$	22,1	$\frac{7}{8}$	1,5	64	—	57—64	$21\frac{1}{4}$	64	$21\frac{1}{2}$	105	$41\frac{1}{8}$	35	$13\frac{1}{8}$
15,8	$\frac{5}{8}$	23,7	$\frac{13}{16}$	1,5	70	$23\frac{1}{4}$	64—70	$21\frac{1}{2}$	70	$23\frac{1}{4}$	117	$45\frac{1}{8}$	38	$11\frac{1}{2}$
17,4	$11\frac{1}{16}$	25,4	1	1,5	76	3	70—76	$23\frac{1}{4}$	76	3	127	5	41	$15\frac{1}{8}$
18,9	$\frac{3}{4}$	28,5	$11\frac{1}{8}$	1,5	82	$31\frac{1}{4}$	76—82	3	82	$31\frac{1}{4}$	150	$57\frac{1}{8}$	44	$13\frac{1}{4}$

Для облегченія чеканки края листовъ скашиваются подъ угломъ 18,5° или подъ уклономъ 1:3, что дѣлается

Фиг. 8.



большую частію зубиломъ и пилою или при со-

лидномъ исполненіи на строгальной машинѣ.

Плотный шовъ употребляется въ газометрахъ,

резервуарахъ для воды, и пр. Размѣры его

опредѣляются опытомъ; вообще здѣсь употреб-

ляются тонкія часто разставленныя заклепки.

Слѣдующая таблица даетъ размѣры.

РОДЪ РАБОТЫ.	δ	d	a	b
Водяные (баки) резервуары.....	3—4	10	37	20
	5—6	$12\frac{1}{2}$	45	24
	7—8	15	52	28
Газопроводныя трубы для домен-				
ныхъ печей и пр. вообще работы изъ	4—5	10	42	20
тонкаго листового желѣза, не подвер-	—	$7-7\frac{1}{2}$	25	13
женныя никакому давленію.....	3—4	10	65	20
Газометры (клепка холодная)....	5—6	12,5	65	24
Дымовыя трубы, круглый шовъ....	7—8	15	65	28
— продольный шовъ	—	—	80	30
тоже, но.....	—	—	80	30

По Molinos и Pronnier партія опытныхъ рабочихъ можетъ закле-
пать въ день при горизонтальномъ положеніи склепываемыхъ листовъ
(мостовыя балки)

200—250 закл.	18 mm въ діам.	100—125 закл.	22 mm въ діам.
180—200 »	20 » » »	90—100 »	25 » » »

Приготовление ставовъ (звѣньевъ), днищъ и дымогарныхъ трубъ
для паровыхъ котловъ. I. Если L — наружная длина котла, D —
средній внутренній діаметръ, δ — толщина плоскихъ днищъ, n —
число ставовъ въ корпусѣ котла, l — ширина каждаго изъ нихъ,
 e — толщина желѣза въ корпусѣ, m — разстояніе центра заклепки

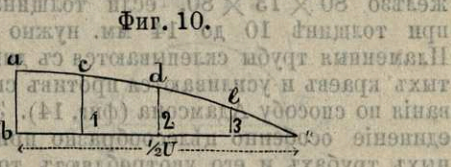
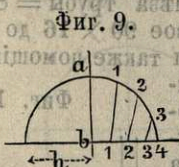
отъ вѣншей поверхности днищъ: то $l = \frac{L - 2m}{n}$ и обыкновенно

принимается между 1,00 и 1,35 метр. Діаметръ цилиндрическаго
става внутри $D + e$; коническаго въ узкомъ концѣ $D - e$, въ ши-
рокомъ $D + e$. Окружность цилиндрическаго става $U = \pi (D + 2e)$;
коническаго на одномъ концѣ то же самое, но на другомъ $u = \pi D$
отъ середины до середины заклепки. При z листахъ въ цилиндриче-
скомъ ставѣ, длина каждаго листа отъ середины до середины заклепки
 $= \pi \frac{D + 2e}{z}$; въ коническомъ ставѣ $= \frac{\pi D}{z}$ и $\pi \frac{D + 2e}{z}$; но

полная длина листа больше на $2b$. Ширина листовъ отъ заклепки
до заклепки $= l$ и полная ширина $= l + 2b$, гдѣ b разстояніе центра
заклепки отъ края листа. Въ коническихъ ставахъ края листовъ
должны быть вычерчены по дугѣ, стрѣлка которой $h = \frac{1}{8} \cdot \frac{U}{l} (U - u)$;

если ставъ свертывается изъ одного листа, то довольно точно
 $= \frac{5}{2} \cdot \frac{D}{l} \cdot e$; при двухъ листахъ въ ставѣ, для каждаго $h = \frac{5}{8} \cdot \frac{D}{l} \cdot e$;
при трехъ $h = 0,28 \cdot \frac{D}{l} \cdot e$. Можно эту дугу съ стрѣлкою h вычертить

такъ: на фиг. 9 дѣлимъ радіусъ $b4 = h$ и четверть круга a 24 на
дно и то же число частей, какъ и половину окружности $b1, 2, 3, 4$
а фиг. 9, и наносимъ длины 1. 1, 2. 2, 3. 3, изъ фиг. 10 какъ
1, $d2$, $e3$ на фиг. 10; чрезъ это получаемъ точки дуги $a c d e$,



которыя и соединяемъ дугою при помощи гибкаго, тонкаго квад-
ратнаго деревяннаго бруска. Листы для дымогарныхъ трубъ разсчитываются подобнымъ же
образомъ. Здѣсь ширина n -оваго става $l_1 = \frac{L - 2(\delta + m)}{n}$, гдѣ m
по фиг. 11 — 13.

Само собой понятно, что окружности U и u получают всегда одинаковое число заклепок, и прежде всего дѣлится окружность U на такое число A частей, которое ближе всѣхъ соответствуетъ разстоянію центровъ заклепокъ; число A берется четное.

II. Отгибъ краевъ днища для склепки съ корпусомъ не долженъ быть слишкомъ крутой. Разстояние наружной поверхности плоскаго днища отъ середины шва, соединяющаго днище съ корпусомъ, при толщинѣ δ стѣнокъ днища:

$m = 60$ мм., если $\delta = 10$ мм.		$m = 80$ мм., если $\delta = 19 - 20$ мм.
$m = 70$ » » $\delta = 15 - 16$ мм.		$m = 85$ » » $\delta = 22$ »

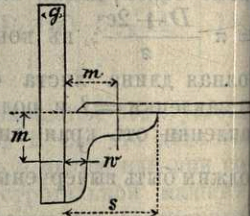
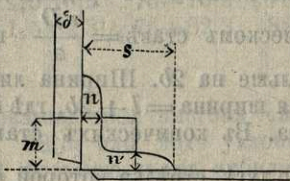
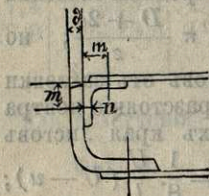
Во всякомъ случаѣ листы корпуса должны оканчиваться на прямой части отгиба днища, а не переходить на выгнутую часть онаго.

Днища не всегда отгибаются, какъ на фиг. 11; но часто соединяются съ корпусомъ посредствомъ углового желѣза, какъ показываютъ фиг. 12 и 13.

Фиг. 11.

Фиг. 12.

Фиг. 13.



Размѣры этого углового желѣза:

при диаметрѣ заклепокъ $d = 16$	$s = 90$ и $w = 18$
$d = 18$	$s = 90$ » $w = 18$
$d = 20$	$s = 100$ » $w = 20$
$d = 22$	$s = 100$ » $w = 22$
а разстояние $m = 0,5 (s + w)$.	

III. Для соединенія пламенной трубы съ днищемъ нужно угловое желѣзо $80 \times 13 \times 80$, если толщина желѣза трубы $= 8 - 9$ мм при толщинѣ 10 до 14 мм. нужно угловое 90×16 до 20×90 . Пламенные трубы склепываются съ днищами также помощію отогнутыхъ краевъ и усиливаются противъ сплюсыванія по способу Адамсона (фиг. 14). Это соединеніе особенно цѣлесообразно при длинныхъ трубахъ, а также надъ рѣшеткой, чтобы не было ни одной заклепки въ огнѣ; ее листы трубы, C кольцо изъ плоскаго желѣза, 10—12 мм. толщиною.

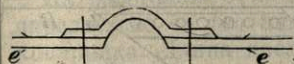
Фиг. 14.



Укрѣпленіе (усиленіе) трубы дѣлается также посредствомъ колецъ изъ тавроваго желѣза (ибо способъ Адамсона требуетъ наилучшаго для желѣза и выполнение его трудно); но гораздо лучше и очень ре-

мендуется вклепывание упругого кольца a (фиг. 15) из литой стали которое не только увеличивает сопротивление пламенной трубы,

Фиг. 15.



но благоприятствует также продольному ея расширенію. Въмѣсто такихъ трубъ съ упругими кольцами Шульцъ, Кнаудтъ и К⁰ въ Ессенѣ готовятъ въ настоящее время пламенные трубы изъ волнистаго желѣза по патенту Фоксъ. Радиусъ внутренней поверхности волны 45 мм.; отъ середины одной волны до другой 150 мм. Разстояніе углубленной середины волны отъ середины обыкновеннаго заклепочнаго шва въ напускъ = 115 и отъ кольца Адамсона c (фиг. 15) напротивъ 45 мм. Нормальныя трубы съ равнодлинными прямыми концами для вставки одна въ другую имѣютъ длину 2,042 и 2,11 метра между серединами швовъ; къ нимъ нормальныя наставки для подгонки длины трубы имѣютъ длину 608—759—910—1060—1212—1363—1514—1665 и 1816 мм. Отогнутыя по фиг. 16 нормальныя трубы изъ 2,11 получаютъ вѣшнюю длину 1,90. Нормальныя трубы съ однимъ длиннымъ и однимъ короткимъ прямымъ концомъ имѣютъ 2,30 полной длины, а отогнутыя 2,05. Наименьшій внутренній діаметръ волнистой трубы отъ 0,75 до 1,20. Толщина листовъ 10—11 мм. Всѣ погоннаго метра трубы:

при діаметрѣ 750 800 900 1000 1100 1200 мм.

Около 225 240 270 300 350 380 килогр.

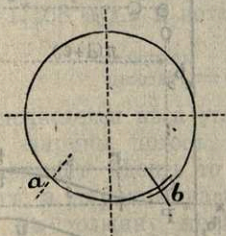
IV. Плоскія днища, края которыхъ потомъ должны отгибаться ручнымъ способомъ, должны быть заготовлены діаметромъ $= D + 2m + 40$ мм. Прямые дыща по фиг. 18 $= D + 3e + 2s$.

Выпуклыя днища съ стрѣлкою $h = 0,1D$ (радиусъ кривизны днища $= 1,3D$) требуютъ одинъ дюймъ на метръ діаметра болѣе, чѣмъ плоскія.

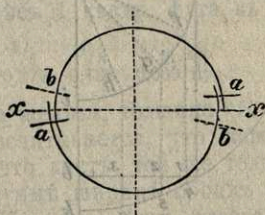
Ставы пламенныхъ трубъ свертываются изъ одного листа; продольный шовъ располагаютъ внизу, какъ a и b на фиг. 16.

Въ корпусѣ котла съ внутренней трубой или простаго цилиндрическаго стараются класть продольные швы въ одномъ ставѣ по aa , въ слѣдующемъ по bb и именно такъ, чтобы a и b на одно разстояніе между заклепками лежали выше и ниже средней линіи xx котла (фиг. 17).

Фиг. 16.



Фиг. 17.



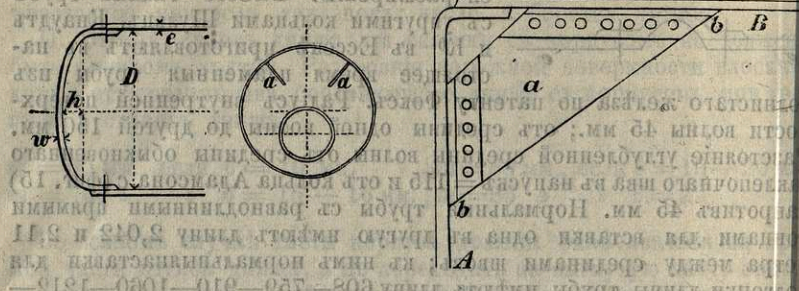
Выгнутыя днища (фиг. 18) получаютъ при стрѣлкѣ $h = 0,1D$ толщину стѣнокъ $w = 1,4e$; для $h = 0,5D$ достаточно $w = 1,1e$ считая для плоскихъ днищъ $\delta = 1,4e + 2$ мм. Эти послѣднія еще укрѣп-

ляются тяжами из листового железа *aa* (фиг. 20 и 19), которые приклепываются к днищу *A* и к корпусу котла посредством

Фиг. 18.

Фиг. 19.

Фиг. 20.



углового железа *bb*. Смотря по диаметру котла употребляют два или три таких тяжа. Часто укрепляют днища посредством продольных тяжей из толстого круглого железа.

Корпус и дно паросушителя (сухопарника) (Фиг. 21) рассчитываются также, как листы и днища самого котла; но листы корпуса паросушителя, ввиду предстоящего для них отгибания краев, делают на 2 мм. толще, чем того требует вычисление по диаметру сухопарника.

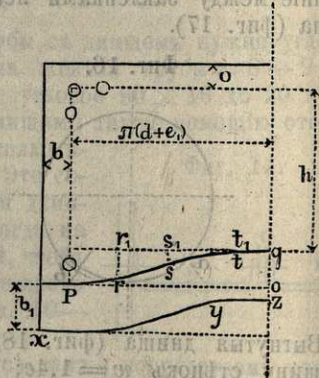
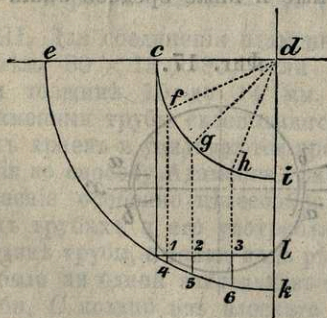
m (на фиг. 21) можно здесь брать на 10 мм. меньше, чем было дано выше для днищ с отогнутыми флянцами для котла.

На фиг. 22 $ed = dk$ наружный радиус котла $= \frac{1}{2} (D + 2e)$ и $cd = di$ средний радиус паросушителя $= \frac{1}{2} (d + e_1)$.

Фиг. 23 показывает $\frac{1}{4}$ развернутого листа сухопарника. Длин

Фиг. 22.

Фиг. 23.



четверть круга *cdi* на фиг. 22 на то же число равных частей (здесь 4), как развернутую четверть окружности *po* в фиг. 2

дѣлаемъ $og = kl$; $rr_1 = 3.6$; $ss_1 = 2.5$; $tt_1 = 1.4$ и соединяемъ точки $p r s t q$ линією, которая и образуетъ линію прикосновенія сухопарника къ котлу.

На разстояніи $b_1 = 75 - 80$ мм., смотря по толщинѣ e_1 , чертимъ параллельно съ psq нижнюю линію прикосновенія xuz листовъ сухопарника. Длина послѣднихъ $= \pi (d + e_1) + 2b$ и ширина $= h + kl + b + b_1$.

Для резервуаровъ употребляютъ угловое желѣзо отъ $50 \times 6,5 \times 50$ мм. до $60 \times 8 \times 60$ и $65 \times 10 \times 65$ мм., смотря по толщинѣ листовъ отъ 4 до 6,5 мм.

VI. Для соединенія плоскихъ стѣнокъ употребляютъ часто распорки. Для огневыхъ коробокъ локомотивовъ распорка завинчивается въ оба листа и потомъ расклепывается. Эти распорки бываютъ желѣзныя, мѣдныя или стальные; онѣ иногда ломаются въ надрѣзкѣ внутри листовъ. Для предупрежденія опасности въ распоркѣ высверливаютъ небольшое отверстіе въ 3 до 1,5 мм. діаметромъ; течь изъ него укажетъ на опасность. Распорки располагаются на равныхъ разстояніяхъ, для локомотивовъ въ 10 до 11,5 cent. при толщинѣ ихъ въ 2,2 cent. Которнѣ Уивайнъ даетъ для локомотивовъ (при разстояніи D и давленіи пара на p kl g. квадр. сантим.).

Толщ. лист. жел. $t = 0,01 DV \sqrt{p} + 0,25$, мѣдн. $t = 0,012 DV \sqrt{p} + 0,25$.

» распор. » $= 0,006 DV \sqrt{p} + 0,30$, » $= 0,018 DV \sqrt{p} + 0,39$.

Тщательные опыты доказали, что соединяемыя поверхности сопротивляются гораздо больше, если распорки снабжены гайками, а не просто завинчены или хорошо завинчены и заклепаны.

Извлеченіе изъ правилъ русскаго адмиралтейства для опредѣленія вѣса и для приѣма желѣза, поступающаго на судостроеніе *).

1. Вѣсъ желѣза.

Нормальный вѣсъ желѣзныхъ листовъ толщиною въ 1 дюйм. на на каждый квадрат. футъ принимается въ 40 англ. фунт. $= 44,32$ рус. фунт. $= 1,108$ пуд.; и потому, вѣсъ 1 квадрат. фута въ листахъ:

толщиною	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{16}$ дм.
выходить $=$	0,554	0,277	0,138	0,069 пуд.

При исчисленіи вѣса угловаго желѣза, толщина его мѣрятся при срединѣ ширины полосъ, и рассчитывается, что каждый футъ его длины долженъ вѣсить то же, что листъ той же толщины длиною въ 1 футъ, а шириною равный суммѣ ширинъ обоихъ полей, уменьшенной на толщину желѣза. Напр., 1 футъ угловаго желѣза въ

*) Цирк. кораблестроит. отдѣл. морск. технич. комитета отъ 1 іюня 1879 г. № 267. Сравн. „Сборникъ правилъ и формулъ по строительной механикѣ“ А Недзьялковскаго. Отд. I, §§ 305—312 и 314. Эти правила сходны съ правилами англ. адмир.

$4\frac{1}{2} \times 4 \times \frac{1}{2}$ дм., равняется вѣсу листа длиною 1 футъ, шириною $(4\frac{1}{2} + 4 - \frac{1}{2}) = 8$ дм. и толщиною $\frac{1}{2}$ дм.

Определенный такимъ образомъ нормальный вѣсъ листовъ и углового желѣза при приѣмѣ къ строенію принимается за наибольшій. Излишекъ противу этого вѣса ни въ какомъ случаѣ не допускается, а уменьшеніе его можетъ простираться: для листовъ и угловыхъ полосъ толщиною $\frac{1}{2}$ дм. и болѣе — до $\frac{1}{20}$ части, или до 5%, а при меньшей толщинѣ уменьшеніе вѣса допускается до $\frac{1}{10}$ части или до 10%.

Такимъ образомъ, при приѣмѣ дюймовыхъ листовъ, наибольшій предѣлъ вѣса ихъ долженъ быть 1,108 пуд. на каждый футъ, а наименьшій предѣлъ — 1,0526 пуд. Также листъ толщиною $\frac{1}{4}$ дм. при приѣмѣ долженъ имѣть наибольшій вѣсъ не болѣе 0,277 пуд., а наименьшій — не менѣе 0,249 на каждый квадрат. футъ.

Листы и угловое желѣзо, коихъ дѣйствительный вѣсъ переходитъ за эти предѣлы, къ приѣму не допускаются.

2. О приѣмѣ желѣза.

Листы корабельнаго желѣза, зависимо отъ степени однородности, плотности и вязкости въ обработанномъ видѣ, раздѣляются на два сорта.

1. Листы 1-го сорта должны вполне удовлетворять условіямъ самой строгой пробы. Прокатываются изъ лучшаго сибирскаго желѣза, или пудлингованнаго желѣза, полученнаго изъ финляндскаго чугуна, плавленнаго на древесномъ углѣ. Въ приготовленіи этихъ листовъ не допускается желѣза или чугуна иностраннаго, плавленнаго на каменномъ углѣ.

Листы 1-го сорта употребляются: на наружную обшивку, наружные плоскіе и вертикальные кили, ширстрекъ, палубы, палубные стрингеры, средніе и боковые внутренніе кильсоны при продольной системѣ постройки корпуса, и на стыковыя планки.

Наружный осмотръ. Прежде всего листы подвергаются наружному осмотру, причемъ замѣчается, нѣтъ ли на поверхности листовъ пузырей, пленъ, трещинъ или мусора и окалины, приставшихъ къ нимъ при прокатываніи въ валькахъ. Ни одинъ изъ этихъ пороковъ не допускается вовсе, развѣ если бы, по осмотру ихъ строителемъ или наблюдающимъ за постройкою судна, оказалось, что обнаруженный порокъ, при обрѣзкѣ листа въ чистомъ дѣлѣ, отойдетъ прочь.

Испытаніе однородности. Каждый изъ листовъ, отобранный послѣ наружнаго осмотра, подвѣшивается за одну изъ своихъ кромокъ. При этомъ ударяютъ его небольшимъ молоткомъ при различныхъ точкахъ поверхности листа: если вездѣ звукъ оказывается ровный, чистый, то признается, что листъ имѣетъ надлежащую проварку и плотность; напротивъ того, звукъ глухой, дребезжащій, служить признакомъ внутренней несварки и недостатка плотности. Листъ, оказавшійся при пробѣ по звуку сомнительнымъ, подвѣшиваютъ въ горизонтальномъ положеніи и насыпаютъ на него тонкій слой сухаго неса, а потомъ постукиваютъ по нижней его поверхности молот-

комъ: въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ листъ имѣетъ надлежащую плотность, при каждомъ ударѣ молотка песокъ будетъ отскакивать; а тамъ, гдѣ находятся внутренняя пленка или непроварка, песокъ останется неподвижнымъ.

Проба растяженіемъ. Изъ партіи, заключающей въ себѣ не болѣе 30 и не менѣе 20 листовъ одной толщины, выбираютъ два листа, для испытанія вязкости желѣза, посредствомъ растяженія.

Отъ каждого листа отрѣзаются четыре пробныя полосы, длиною не менѣе 2 фут., шириною около 4 дм. Двѣ изъ этихъ полосъ рѣжутся вдоль листа, или по направленію волоконъ, а другія двѣ поперекъ листа, или поперекъ волоконъ. Изъ каждой выдѣлывается пробная пластина, у которой средняя часть, на длинѣ не менѣе 6 дм., должна быть совершенно параллельной ширины, на половину меньше нежели въ концахъ, которыми она укрѣпляется въ пробной машинѣ. Поперечное сѣченіе пластинъ, при этой уменьшенной ширинѣ, въ листахъ толщиной $\frac{1}{2}$ дм. и болѣе, равняется 1 квадр. дюйму, а при меньшей толщинѣ, оно можетъ быть уменьшено до $\frac{1}{2}$ квадр. дюйма.

Пробныя пластины обдѣлываются въ холодномъ состояніи, безъ всякаго кованія или наклепыванія. Вырѣзаются онѣ помощью сплошнаго сверленія и опилованія кромокъ посредствомъ напилка. Продавливаніе дыръ въ этомъ случаѣ не допускается, потому что оно можетъ ослабить крѣпость узкой пластины.

Приготовленные такимъ образомъ пробныя пластины устанавливаются въ пробную машину, въ которой онѣ подвергаются дѣйствию растяженія, причемъ пластины должны выдерживать до разрыва на квадр. дюймъ первоначальнаго сѣченія:

Съ волокнами, расположенными по длинѣ пластинъ, — 22 тон.

Съ волокнами, направлен. поперекъ пластинъ, не менѣе — 16 тон.

До окончательнаго разрыва пробныя пластины должны растягиваться не менѣе $\frac{3}{4}$ дюйма на 6 дм. длины.

При разрываніи пробныхъ пластинъ, сначала привѣшиваютъ къ рычагу пробной машины грузъ около 10 тон. на квадр. дюймъ сѣченія пластинъ; потомъ этотъ грузъ постепенно увеличиваютъ по одной тоннѣ заразъ до тѣхъ поръ, пока разрывающее усиліе достигнетъ, при растяженіи продольномъ, около 18 или 19 тон., и поперечномъ — до 16 тон. Затѣмъ, къ разрывающему грузу постепенно добавляютъ вѣсъ изъ малыхъ гирь, до тѣхъ поръ пока пластина порвется. При этомъ необходимо имѣть въ виду, что не столь важно знать отъ какого груза порвалась пробная пластина, какъ важно указаніе на сколько именно при этомъ грузѣ пластина вытянулась въ моментъ разрыва; а потому надлежитъ внимательно наблюдать за растяженіемъ, которое, по мѣрѣ прибавки разрывающаго груза, должно увеличиваться прогрессивно, а не скачками; и если растяженіе идетъ не прогрессивно, а перемѣнно, т. е. сначала увеличивается, потомъ уменьшается, а затѣмъ увеличивается и т. д., то это показываетъ, что желѣзо — или дурнаго качества или дурно обработано.

Когда пробныя пластины не выдержали назначеннаго усилія, то вся партія безусловно бракуется и къ приему не допускается, при-

чемъ на каждомъ изъ листовъ этой партіи, въ присутствіи пріемщи-
ковъ, набивается стальнымъ клеймомъ буква Б.

Испытаніе достоинства желѣза въ работѣ. Производится по-
средствомъ пробы листовъ въ горячемъ и холодномъ состояніи. Для
этихъ пробъ назначаются преимущественно части листовъ, отъ ко-
торыхъ отрѣзаны пробныя пластины для опредѣленія вязкости желѣза;
но предоставляется выбирать и другіе подозрительные листы изъ
партіи.

Части листовъ, назначенныя къ испытанію, кладутся горизонтально
на ровную чугунную плиту такъ, чтобы одна кромка имѣла свѣсъ
отъ 3 до 6 дм., смотря по толщинѣ листа. Длина этой кромки для
пробы поперегъ слоевъ должна быть не менѣе 4 фут., а продольная
проба производится надъ кромкою во всю ширину листа.

Горячая проба. Всѣ листы, толщиною въ 1 дм. и менѣе, должны
показывать такую степень тягучести и гибкости, чтобы раскаленные
до-красна могли сгибаться безъ малѣйшихъ трещенъ подъ слѣдую-
щими углами:

По длинѣ волоконъ на. . . 125°

Поперегъ волоконъ на. . . 90°

Холодная проба. Всѣ листы въ холодномъ состояніи должны сги-
баться при пробѣ подъ слѣдующими углами α:

По направленію слоевъ:

Толщина л. 1 — $\frac{13}{16}$ $\frac{7}{8}$ $\frac{13}{16}$ $\frac{3}{4}$ $\frac{11}{16}$ $\frac{5}{8}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{7}{16}$ $\frac{3}{8}$ $\frac{5}{16}$ $\frac{1}{4}$ $\frac{3}{16}$ и м. дм.
Уголъ α = 15° 20° 25° 35° 50° 70° 90°

Поперегъ слоевъ:

Толщина л. 1 — $\frac{13}{16}$ $\frac{3}{4}$ $\frac{11}{16}$ $\frac{5}{8}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{7}{16}$ $\frac{3}{8}$ $\frac{5}{16}$ $\frac{1}{4}$ $\frac{3}{16}$ и мен. дм.
Уголъ α = 50° 10° 15° 20° 30° 40°

2. *Листы 2-го сорта.* Могутъ быть изготовляемы изъ пудлингован-
желѣза, полученнаго изъ чугуна плавленнаго на каменномъ углѣ,
а также изъ однороднаго стараго желѣзнаго и чугунаго лома. Въ
эту категорію листовъ обращаются и тѣ листы 1-го сорта, которые
не выдержали вполне установленныхъ для нихъ пробъ, но удовле-
творяютъ пробамъ, опредѣленнымъ для листовъ 2-го сорта.

Листы 2-го сорта употребляются въ кораблестроеніи на тѣ части,
которые не подвергаются большимъ напряженіямъ: на флоры, всѣ
внутреннія переборки и устройства, угольные ящики, рубки, люко-
выя комингсы и шокрышки и пр.

Наружный осмотръ. На поверхности листовъ не должно быть
мусора и окалины. Случайные недостатки, какъ-то: небольшіе пу-
зыри, мѣстная (не сплошная) непроварка, поверхностныя, т. е. не
сквозныя плены и рвотины могутъ быть терпимы, если не находятся
въ частяхъ листа, гдѣ должны быть дырѣя для заклепокъ, если не
скупены, но расположены въ разбросъ, и если притомъ, въ общемъ
количествѣ, на каждыя 10 квадрат. фут. поверхности листа прихо-
дится не болѣе одного изъ названныхъ недостатковъ.

Однородность и крѣпость въ растяженіи при разрывѣ листовъ
2-го сорта испытывается точно такъ же и тѣмъ же порядкомъ, какъ

Листовъ 1-го сорта, причѣмъ пробныя пластины должны выдержи-
вать до разрыва:

По длинѣ волоконъ 20 тон.

По поперѣгъ волоконъ . . . 17 тон.

Испытаніе листовъ въ работѣ производится тѣмъ же порядкомъ,
какъ и листовъ 1-го сорта, причѣмъ всѣ листы, толщиной въ 1 дм.
и менѣе, раскालенные до-красна, должны сгибаться безъ трещинъ
подъ слѣдующими углами:

По длинѣ волоконъ 90°

По поперѣгъ волоконъ 60°

А въ холодномъ состояніи — подъ слѣд. углами α :

По направленію слоевъ:

Толщина л. 1 $\frac{15}{16}$ $\frac{7}{8}$ $\frac{13}{16}$ $\frac{3}{4}$ $\frac{11}{16}$ $\frac{5}{8}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{7}{16}$ $\frac{3}{8}$ $\frac{5}{16}$ $\frac{1}{4}$ $\frac{3}{16}$ и м. дм.
Уголъ $\alpha =$ 10° 15° 20° 30° 45° 55° 75°

По поперѣгъ слоевъ:

Толщина л. $\frac{3}{4}$ $\frac{11}{16}$ $\frac{5}{8}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{7}{16}$ $\frac{3}{8}$ $\frac{5}{16}$ $\frac{1}{4}$ $\frac{3}{16}$ и мен. дм.
Уголъ $\alpha =$ 5° 10° 15° 20° 30°

3. *Общія замѣчанія.* При горячей и холодной пробѣ должно со-
блюдать слѣдующія правила:

а) При ударѣ молоткомъ по направленію волоконъ, мастеровой
молотобоецъ, измѣняя силу и направленіе ударовъ, можетъ сдѣлать,
что дурное желѣзо выдержать пробу лучше хорошаго. И потому
необходимо наблюдать, чтобы удары производились не слишкомъ
легко и по направленію перпендикулярному къ поверхности листа;
причемъ нужно тщательно замѣчать первоначальное появленіе
трещинъ.

б) Обыкновенно для измѣренія угла изгиба листы сдвигаются съ
плиты, а потомъ снова кладутъ на мѣсто, если уголъ окажется не
надлежащей величины для того, чтобы разогнуть листъ до опредѣ-
леннаго предѣла. Тогда слѣдуетъ наблюдать, чтобы уголъ листа былъ
положенъ на самую кромку плиты и чтобы листъ имѣлъ тотъ же
свѣсъ, какъ прежде; ибо, иначе, при большемъ свѣсѣ, листъ будетъ
перегибаться около другой оси безъ всякаго прибавочнаго напря-
женія на металлъ; тогда требуемый уголъ получается помощью уве-
личенія радіуса закругленія.

в) При пробѣ обращается особенное вниманіе на сгибаніе ли-
стовъ поперѣгъ волоконъ, потому что въ этомъ направленіи они
имѣютъ меньшую вязкость и чаще всего подвергаются сгибанію при
постройкѣ судна.

г) Не менѣе важно замѣчать при испытаніи изломъ желѣза, пока-
зывающій внутреннее его достоинство. Если этотъ изломъ волокнистый,
цвѣта свѣтлосѣраго, а нетемнаго, значитъ металлъ вязокъ и тягучъ;
напротивъ того, желѣзо съ крупно-зернистымъ изломомъ рѣдко вы-
держиваетъ пробу изгибанія поперѣгъ волоконъ.

д) Части листа, подвергающіяся горячей кузнечной пробѣ, должны
быть одинаковыхъ измѣреній и вырѣзаются онѣ въ различныхъ

мѣстахъ того же листа. Нагрѣваніе ихъ производится до оранжеваго цвѣта, и при пробѣ нужно наблюдать, чтобы степень жара не доходила до большей температуры.

е) Результаты пробы всякій разъ записываются въ особую книгу, заведенную при строеніи, въ которую вносятся вмѣстѣ съ тѣмъ всѣ подробности, касающіяся размѣровъ желѣза, дѣйствительно выдержанное имъ напряженіе, углы, подъ которыми оно сгибалось при холодной и горячей пробѣ, а равнымъ образомъ дѣйствительный вѣсъ желѣза и разность между нимъ и нормальнымъ вѣсомъ.

4. *Проба углового желѣза.* Многократное прокатываніе желѣза въ валькахъ вполне обезпечиваетъ его продольную крѣпость, такъ что на пробной машинѣ оно выдерживаетъ большее усиліе противъ листовъ той же толщины и потому, при приѣмѣ угловыхъ полосъ, подвергнувъ ихъ предварительно пробѣ растяженіемъ, должно удостовѣриться, годны ли онѣ для обработки въ горячемъ состояніи. Для этого отрубаютъ отъ полосъ куски длиною отъ 12 до 24 дм. и подвергаютъ ихъ слѣдующему испытанію послѣ нагрѣва до-красна:

а) Въ одномъ изъ приготовленныхъ кусковъ загибаютъ поля внутрь угла, пока разстояніе между согнутыми кромками полей будетъ не болѣе 1 дм.

б) Въ другомъ кускѣ оба поля разгибаются плашмя на внѣшнюю сторону угла.

в) Въ томъ же кускѣ оба поля загибаются къ наружной сторонѣ угла.

г) Въ третьемъ кускѣ оба поля загибаются крючкомъ на внутреннюю сторону угла.

Если куски выдержали эту пробу безъ разрыва и трещинъ, то доставленное угловое желѣзо принимается.

Изъ партіи въ 20 или 30 полосъ тѣхъ же размѣреній, должно брать для пробы не менѣе двухъ полосъ.

Кромѣ того, прежде пробы, каждая угловая полоса тщательно осматривается снаружи, и когда при этомъ окажутся какія либо плены и трещины на ней, то она бракуется, не подвергаясь дальнѣйшей пробѣ.

5. *Проба заклепокъ.* При приѣмѣ заклепокъ сначала удостовѣряются, имѣютъ ли онѣ надлежащую правильность формы и пропорціональность шляпокъ къ діаметру стержня.

Потомъ одну изъ заклепокъ накачиваютъ и сплющиваютъ на ней шляпку до самой тонкой пластинки; при этомъ на самой шляпкѣ и при соединеніи ея со стержнемъ не должно быть ни малѣйшей трещины.

Въ другой заклепкѣ, нагрѣтой до-красна, сплющиваютъ стержень и пробиваютъ въ немъ бородкомъ дыру, и если эта дыра ровная, безъ трещинъ и заусеницъ, то заклепка признается хорошаго качества.

Третью заклепку загибаютъ крючкомъ въ холодномъ состояніи, причемъ на ней такъ же не должно оказаться трещинъ.

На стержнѣ 4-й заклепки съ одной стороны дѣлаютъ надсѣлку и сгибаютъ точно также, какъ предыдущую заклепку, для того чтобы видѣть качество металла въ изломѣ.

6. *Проба заклепочнаго желѣза.* Прежде выдѣлки изъ него заклепокъ, подвергается слѣдующему испытанію:

Конечъ избраннаго прута въ холодномъ состояніи загибають до двайванія; потомъ сдвоенную часть загибають подъ прямымъ угломъ. Другой конецъ прута надсѣкають съ одной стороны зубиломъ и въ холодномъ видѣ загибають постепенно подъ молотомъ на наковальнѣ, пока онъ порвется.

Третій прутъ надсѣкають кругомъ по окружности и послѣ того ломають его на наковальнѣ сильнымъ ударомъ молота сразу.

Въ первый изъ двухъ послѣднихъ пробъ изломъ хорошаго желѣза долженъ быть волокнистый, съ тонкими шелковистыми волокнами вътлосѣраго цвѣта. Послѣ второй пробы изломъ оказывается мелкозернистый, съ едва замѣтными кристаллами.

Е. Нагели или деревянные гвозди (по Кармаршу).

Удерживающая сила нагеля въ klg на кв. мм. его сѣченія.

	Заколочень со стороны	
	торцовой.	по волоkn.
Въ еловомъ деревѣ.....	0,351	0,636
» лифъ.....	0,351	0,665
» красномъ букѣ.....	0,687	1,060
» бѣломъ букѣ.....	0,826	1,162
» дубѣ.....	1,030	1,418

Прочное сопротивленіе нагеля = $\frac{1}{6}$ до $\frac{1}{10}$ этихъ величинъ.

Дыры, высверливаемые для нагелей, должны имѣть діаметръ самое большее $\frac{2}{3}$ толщины нагеля. Деревянные нагели и (круглый) нерѣдко оклеиваются и расклиниваются деревянными клинушками.

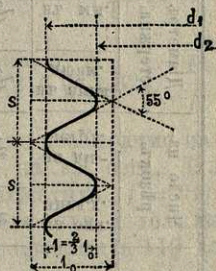
Г. Винты.

а) Винты для скрѣпленія.

1. а) Винты съ острою нарѣзкой обыкновенно приготовляются по системѣ Витворта. Форма нарѣзки есть равнобедренный треуголь-

Фиг. 24.

никъ съ угломъ $2\beta = 55^\circ$. Нарѣзка при вершинѣ въ основаніи закруглена такъ, что ея дѣйствительная глубина $t = 0,666$ теоретической глубины t_0 , которая получилась бы при абсолютно острой нарѣзкѣ. Если d_1 наружный діаметръ винта въ мм., d_2 діаметръ стержня и s шагъ на ходъ нарѣзки въ мм., то $t_0 = 0,5s \operatorname{ctg} 27,5^\circ = 0,5s \cdot 1,92 = 0,96s$ и потому $t = 0,666t_0 = 0,64s$. Шагъ нарѣзки установленъ опытомъ такъ, чтобы она годилась для чугуна и для желѣза. По Вит-



$$s = \frac{25,4}{n} = 1 + 0,08d_1; d_2 = d_1 - 2t = d_1 - 1,28s = 0,9d_1 - 1,3.$$

По Morin'y $d_2 = 0,67\sqrt{P}$; $P = 2,2d_2^2$

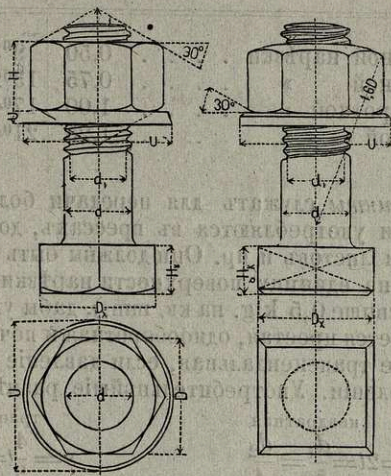
въ n — число нарѣзокъ на длинѣ 1 англійскаго дюйма = 25,4 мм.; — данная сила, дѣйствующая по оси винта; прочное сопротивленіе на 1 квад. мм., стержня винта принято 2,8 килограмм.

ТАБЛИЦА ВИНТОВЪ ПО ВИТВОРТУ.

Въ англ. дюйм.	Диаметръ винта.	въ мм.	на англ. дюйм.	на метр.	Диаметръ стержня.		Дiam. отверстия подъ нарыбку	Высота гайки. Округлен. диаметръ болта въ миллим.	Шир. ключа, стопорна квадрат. или метр. крѣпа, или 6-угольн. головка.	D ₁	Hk	U	u	Gb	G□	Gm	Gu	Вѣсъ гайки со включен. части винта въ килгр.	Вѣсъ шайбы со включен. части винта въ килгр.
					въ англ. дюйм.	въ мм.													
1	$\frac{1}{4}$	6,35	20	5	0,18	4,72	48	4,7	$d_1 + 1,28s$	$Dk = D$	D_1	Hk	U	u	Gb	G□	Gm	Gu	
2	$\frac{3}{16}$	7,94	18	$\frac{5}{8}$	0,24	6,09	81		7	15	17,5	5	20	1,5	0,030	0,008	0,010	0,004	
3	$\frac{3}{8}$	9,52	16	6	0,29	7,36	118	8,3	8	16	18,5	6	21	1,5	0,039	0,012	0,014	0,004	
4	$\frac{7}{16}$	11,11	14	$\frac{6}{8}$	0,34	8,64	164		10	19	22	7	25	2	0,061	0,020	0,024	0,007	
5	$\frac{1}{2}$	12,70	12	6	0,39	9,19	215	11,5	12	22	25,5	8	29	2	0,088	0,030	0,039	0,010	
6	$\frac{5}{8}$	15,87	11	$\frac{6}{8}$	0,51	12,92	370		13	24	28	9	32	2,5	0,103	0,040	0,050	0,015	
7	$\frac{3}{4}$	19,05	10	$\frac{7}{8}$	0,62	15,74	542	13,5	16	27	31	11	35	3	0,156	0,062	0,078	0,022	
8	$\frac{7}{8}$	22,22	9	$\frac{7}{8}$	0,73	18,54	752	17,1	20	33	38	14	43	4	0,244	0,118	0,147	0,044	
9	1	25,40	8	8	0,84	21,33	998		23	38	44	16	50	4	0,323	0,180	0,224	0,060	
10	$\frac{1}{8}$	28,57	7	$\frac{7}{8}$	0,94	23,87	1250		26	42	48,5	18	55	4	0,413	0,247	0,309	0,073	
11	$\frac{1}{4}$	31,75	7	$\frac{8}{8}$	1,07	26,92	1590		29	45	52	20	58	4	0,514	0,315	0,396	0,081	
12	$\frac{3}{8}$	34,92	6	$\frac{8}{8}$	1,16	29,46	1900		32	50	58	22	65	5	0,625	0,428	0,539	0,124	
13	$\frac{1}{2}$	38,10	6	9	1,29	32,63	2350		35	54	62,5	24	70	5	0,748	0,544	0,738	0,148	
14	$\frac{5}{8}$	41,27	5	$\frac{8}{8}$	1,37	35,28	2740		39	60	69,5	27	78	6	0,931	0,756	0,947	0,222	
15	$\frac{3}{4}$	44,45	5	$\frac{8}{8}$	1,49	37,84	3140		42	64	74	29	84	6	1,077	0,956	1,160	0,258	
16	$\frac{7}{8}$	47,62	$4\frac{1}{2}$	$\frac{8}{8}$	1,59	40,38	3590		45	68	78,5	32	88	7	1,237	1,151	1,341	0,328	
17	2	50,82	$4\frac{1}{2}$	9	1,71	43,43	4140		48	72	83	34	93	7	1,407	1,371	1,678	0,364	
18	$2\frac{1}{4}$	57,15	4	9	1,93	49,02	5280		51	76	88	36	98	8	1,589	1,617	1,987	0,460	
19	$2\frac{1}{2}$	63,50	4	10	2,18	55,37	6750		58	85	97,5	40	110	9	2,054	2,301	2,893	0,666	
20	3	69,85	$3\frac{1}{2}$	$9\frac{5}{8}$	2,38	60,45	8030		64	94	109	45	121	9	2,502	3,100	3,896	0,825	
									70	103	119	49	134	10	2,993	4,075	5,025	1,099	

Верхняя поверхность гайки обрабатывается или по конусу с основным диаметром D_1 и углом при основании 30° , или по шару радиуса $1,6D$. Головка винта получает всегда одинаковую высоту $H_k = 0,7d_1$ и имеет четырех-, шестиугольную, цилиндрическую или полусферическую форму (фиг. 25, 26, 27, 28). Округление концов винта можно делать по шаровому отрезку радиуса $r = d_1$ и с высотой $0,3d_1$.

Фиг. 25, 26, 27, 28.



3. При сильном давлении и очень частом отвинчивании употребляют соединительные винты а) с квадратной нарезкой, для которой $t = 0,5(2 + 0,09d_1)$; $d_2 = d_1 - 2t = 0,91d_1 - 2$; $s = 2t = 2 + 0,09d_1$; $H_k = 1,5d$ дабы гайка имела по крайней мере 12 нарезок или, если давление действует всегда в одну сторону, б) с трапециевидной, для которой $t = 0,5(2 + 0,09d_1)$; $d_2 = 0,91d_1 - 2$; $s = 1,33t = 1,33 + 0,06d_1$; угол $2\beta = 45^\circ$ и $H = d$. Какъ при треугольной нарезке $d_2 = 0,67\sqrt{P}$ или $P = 2,2d_2^2$. Который Унвайнтъ даетъ для винтовъ сь острой нарезкой.

$d_2 = 0,14 + 1,127\sqrt{\frac{P}{f}}$ и для квадратной $d_2 = 0,216 + 1,32\sqrt{\frac{P}{f}}$

и чемъ для прессовыхъ и др. болтовъ, которые не необходимо на-
дѣть предѣль дѣйствиель, f можно брать 422 klg. на кв. cent. Для
винтовъ, составленныхъ тщательно и умѣренно насаженныхъ, $f = 280$.
Если винты служатъ для укрѣпленія стыковъ для пара и должны
быть предварительно сильно зажаты, f не должно превышать 110 до
10 klg. на кв. сантиметръ (что соотв. $d = \frac{10}{9}\sqrt{P}$ по Редтенбахеру).

2. Многооборотныя нарезки. Если отношеніе $s:d < 1:4$, то упот-
ребляется многооборотная и лучше квадратная, чѣмъ треугольная

нарѣзка. Цѣлесообразно брать $t = 0,5s = (0,143 \text{ до } 0,125) d$. Угол наклона φ спирали на внѣшней окружности нарѣзки:

$(d = \text{діаметръ болта}$ $t = \text{глубина нарѣзки}$ $s = \text{шагъ}).$	$t = \frac{1}{8} d$		$t = \frac{1}{7} d$	
	$\frac{s}{d}$	$\varphi =$	$\frac{s}{d}$	$\varphi =$
Для двухъ-оборотной нарѣзки	0,50	$90^{\circ}3'$	0,572	$100^{\circ}19'$
Для трехъ-оборотной »	0,75	$13^{\circ}26'$	0,858	$150^{\circ}16'$
Для четырехъ-оборотной »	1,00	$17^{\circ}40'$	1,143	$20^{\circ}0'$
Для пяти-оборотной »	1,25	$21^{\circ}42'$	1,430	$24^{\circ}27'$

б. Прессовые винты служатъ для передачи большихъ механическихъ работъ; они употребляются въ прессахъ, домкратахъ, машинахъ для сгибанія листовъ и пр. Они должны быть построены весьма прочно; давленіе на единицу поверхности нарѣзки должно быть незначительное (не выше 0,5 klg. на кв. мм.), дабы уменьшить истираніе. Нарѣзка дѣлается простая, однооборотная и почти исключительно квадратная или же трапецеидальная, если давленіе всегда дѣйствуетъ въ одномъ направленіи. Употребительнѣйшіе размѣры суть:

квадратная	трапецеидальная
Шагъ нарѣзки $s = 2t = \frac{d_1}{5} = \frac{d_2}{4}$	$s = \frac{4}{3}t = \frac{2}{15}d_1 = \frac{1}{6}d_2$
Наружн. діам. $d_1 = d_2 + 2t = d_1 + s$	$d_1 = d_2 + 2t = d_2 + 1,5s$
Глубина нар. $t = 0,5s = 0,1d_1 = 0,125d_2$	$t = 0,75s = 0,1d_1 = 0,125d_2$

Діаметръ принимается $d_1 = \sqrt{Q}$, если Q килогр. есть давленіе винта. Гайка такого винта должна содержать по крайней мѣрѣ 1 нарѣзку.

(Если n_2 число нарѣзокъ въ чугунной или бронзовой гайкѣ, то

$$n_2 = 0,636 \frac{P}{d_2} \times \frac{1}{\frac{t}{d} \left(1 - \frac{t}{d}\right)}$$

при чемъ давленіе на единицу площади между нарѣзками остается меньше 0,5 klg. на квадр. миллиметръ. При очень длинныхъ прессовыхъ винтахъ надобно проверять на раздробленіе по формулѣ

$$P = \pi^2 \frac{IE}{l^2}$$

при чемъ берется 4-кратная надежность; большій результатъ удерживается).

с. Шурупы (для дерева) суть соединительные винты съ коническимъ стержнемъ и очень глубокой, острой, прямой нарѣзкой. Если P сила для отрыванія въ килогр., d діаметръ болта въ мм., t глубина нарѣзки въ мм., l длина завинченной части въ мм., s шагъ въ мм., то по Бевану принимаютъ:

для твердаго дерева	$P = 5,59 d \cdot l \cdot t$
» мягкаго »	$P = 2,79 d \cdot l \cdot t$

Для продолжительной работы нагружают шурупы только силою 1 Р. В практикѣ употребляютъ слѣдующіе размѣры

Диаметръ болта въ мм.	Число наръзковъ на длинѣ 10 мм.	Отношеніе шага къ диаметру болта.	Глубина наръзки въ мм.	Отношеніе глуб. наръзки	
				къ диаметру болта слѣд. $d:t.$	къ шагу слѣдоват. $s:t.$
2	10,8	2,16	0,5	4	1,85
4,25	6	2,59	1	4,25	1,67
5,75	4,8	2,76	1,25	4,6	1,67
11	2,5	2,75	1,95	5,64	2,05

d. Для винтовъ для механическихъ и для оптическихъ инструментовъ Кармаршъ даетъ слѣдующую таблицу:

Диаметръ винта въ мм.	Число наръзковъ на длинѣ 1 сантиметра	
	для крупной наръзки.	для мелкой наръзки.
4	12	24
5	10	20
6	9	18
8	8	16
10	6	12

e. Нарѣзка для газовыхъ трубъ. Для газовыхъ желѣзныхъ трубъ употребляютъ мелкую наръзку, которая не столь глубоко прорѣзываетъ металлъ.

Внутренній диаметръ.		Наружный диаметръ трубы.		Диаметръ наръзки въ мм.	Число наръзковъ на 1 англ. дюймъ = 25,4 мм.	Глубина наръзки въ англ. д.	Шагъ наръзки въ мм.
d_0 въ англ. дюймахъ.	d_0 въ миллиметр.	въ дюйм.	въ мм.				
$1/8$	3,17	$13/32$	10,5	9,5	19	$1/32$	0,09
$2/8$	6,35	$17/32$	13,5	12,5	19	$1/2$	9,13
$3/8$	9,52	$20/32$	16,5	15,5	19	$1/32$	9,13
$4/8$	12,7	$26/32$	20,5	20	14	$1/24$	0,18
$5/8$	15,87	$29/32$	23,5	22	14	$1/24$	0,18
$6/8$	19,05	$11/2$	28,5	25	14	$1/24$	0,18
$7/8$	22,22	$16/32$	29	28	14	$1/24$	0,18
	25,4	$110/32$	33,5	32,5	11	$1/16$	0,23
$1/4$	31,75	$120/32$	41,5	41	11	$1/16$	0,23
$1/2$	38,1	$128/32$	48,5	47,5	11	$1/16$	0,23
$3/4$	44,45	$24/32$	56	54,5	11	$1/16$	0,23
2	50,8	$212/32$	60,5	59	11	$1/16$	0,23
$21/2$	63,5	3	78	76	11	$1/16$	0,23
3	76,2	$316/12$	90	88	11	$1/16$	9,23

Латунные газовые трубы, въ $\frac{3}{8}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{5}{8}$ и $\frac{3}{4}$ дюйма внутри, имѣютъ

26 наръзовъ на англійск. дюймъ и глубину наръзки $\frac{1}{32}$ англ. дюйма. Для продувательныхъ крановъ, масленокъ, пробныхъ крановъ при диаметръ болѣе 22 мм. дѣлаютъ 10 наръзовъ на 1 англ. дюймъ. f. Гаечные ключи. Длина (7—8) D ; толщина головки 0,5 D , ручки 0,3 D ширина ручки 0,75 D .

II. Шипы, оси и валы.

A. Шипы (по Reuleaux).

a. Концевые шипы. Высота закраины берется эмпирически по $e = 0,07d + 3$ mm.; ширина закраины = 1,5 e.

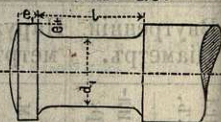
Пусть P давленіе на шипъ въ klg.; l длина шипа въ mm.; d его діаметръ въ mm.; $\lambda = l : d$; k допускаемое напряженіе матеріала въ klg. на кв. mm.; n число оборотовъ въ минуту; предполагая, что шипъ лежитъ въ подшипникѣ всю длину равномерно, имѣемъ:

$$d = \sqrt{\frac{16 P \lambda}{\pi \cdot k}}$$

Потеря работы отъ тренія шипа $L = P \mu \frac{\pi d n}{60}$; въ этомъ отно-

Фиг. 29.

шеніи тонкіе шипы выгодны. Но по уравненію для давленія p на единицу площади: $p = \frac{P}{ld}$ заключаемъ, что во избѣжаніе быстрого истиранія и соединеннаго съ нимъ нагреванія выгодны толстые шипы. Чтобы выполнить эти противоположныя условія отношеніе λ выбирается такъ, чтобы давленіе p не превосходило нѣкотораго предѣла, измѣняющагося съ быстротою вращенія. — Принимая напряженіе: $k = 6$ для желѣза, $k = 3$ для чугуна и $k = 10$ для литой стали, получимъ для вычисленія d слѣдующую таблицу:



Ш и п ы.	$n < 150$			$n > 150$		
	d	λ	p	d	λ	p
Жел. шипы въ бронз. под.	$1,125\sqrt{P}$	1,50	0,523	$0,32\sqrt{P\sqrt{n}}$	$0,12\sqrt{n}$	80 : n
Стал. » » » »	$0,95\sqrt{P}$	1,78	0,62	$0,27\sqrt{P\sqrt{n}}$	$0,15\sqrt{n}$	88 : n
Чугун. » » » »	$1,50\sqrt{P}$	1,33	0,332	(употребл. до $n=200$)		
Жел. » » чугуна »	$1,2\sqrt{P}$	1,75	0,384	—	—	—

По α и γ вычислена слѣдующая таблица для желѣзныхъ и чугу-
ныхъ концевыхъ шиповъ.

Величина нагрузки P .

d въ mm.	e въ mm.	Ж е л ѣ з о.					
		Чугунъ.					
		n до 200 $\lambda = 1,33$	n до 150 $\lambda = 1,50$	$n = 150$ до 350 $\lambda = 2$	$n = 350$ до 500 $\lambda = 2,5$	$n = 500$ до 800 $\lambda = 3$	$n = 800$ до 1200 $\lambda = 4.$
30	5	400	720	535	428	353	267
33	6	484	871	641	513	428	320
37	6	608	1095	806	645	538	406
40	6	711	1280	948	754	628	471
45	6	900	1620	1193	954	795	595
50	7	1111	2000	1473	1178	982	736
55	7	1344	2420	1781	1425	1183	890
60	8	1600	2880	2120	1696	1413	1060
65	8	1877	3380	2869	2151	1659	1344
70	8	2177	3920	2886	2309	1924	1443
75	8	2500	4500	3312	2650	2208	1656
80	9	2844	5120	3770	3016	2513	1885
85	9	3211	5780	4256	3405	2837	2128
90	10	3600	6480	4771	3817	3181	2385
95	10	4011	7220	5316	4253	3544	—
100	10	4444	8000	5891	4713	3927	—
105	10	4900	8820	6494	5195	4329	—
110	11	5377	9680	7127	5702	4751	—
115	11	5877	10580	7790	6232	5193	—
120	12	6400	11520	8483	6786	—	—
130	12	7511	13520	9953	7964	—	—

ε. Концевые шипы при маломъ углѣ вращенія (напр. шипы попере-
ный для крючковъ въ полиспастахъ) получаютъ отношеніе $\lambda=1$ до 0,33.
при этомъ берутъ:

$\lambda =$	1,00	0,75	0,50	0,33
Для желѣзныхъ шиповъ $d =$	$0,82\sqrt{P}$	$0,71\sqrt{P}$	$0,58\sqrt{P}$	$0,47\sqrt{P}$
» чугуновыхъ » $d =$	$1,16\sqrt{P}$	$1,00\sqrt{P}$	$0,82\sqrt{P}$	$0,67\sqrt{P}$

Здѣсь k для желѣза = 7,5 klг и для чугуна = 3,75 klг на квадр. mm.

ζ. *Полые чугунные шипы.* Если d_h внешний, d_b внутренний диаметр полога шипа, d диаметр равно нагруженного сплошного шипа и если полый шип иметь ту же длину как сплошной, то при одинаковой прочности обоих нужно взять:

$$\frac{d_h}{d} = \frac{1}{\sqrt[3]{1 - \left(\frac{d_b}{d_h}\right)^4}}$$

откуда вычислена следующая таблица. Отношение $d_b : d_h$ обыкновенно берут $= 0,60$

$d_b : d_h$	$= 0,80$	$0,75$	$0,70$	$0,60$	$0,50$	$0,40$	$0,30$	$0,20$	0
$d_h : d$	$= 1,19$	$1,18$	$1,10$	$1,05$	$1,02$	$1,01$	$1,003$	$1,0004$	$1,0000$

Еще надежнее при толщине стенок $m = 0,2d_h$ брать $d_h = 1,083 d$ и при $m = 0,25 d$; $d_h = 1,05 d$.

б. *Шейки или промежуточные шипы.* Разсчитываются на скручивание и б. ч. получают diam. тех вал., на которых он находится.

с. *Шарообразные концевые шипы.* Разсчитывают и вычерчивают цилиндрический шип при отношении $l : d = 1,5$, соответствующий той же нагрузке и дают шаровому шипу диаметр $d_1 = l = 1,5 d$.

д. *Шипы рычажные.* Если в концевом шипе действующая на него сила после некоторого вращения изменяет свое направление, то такой шип назыв. рычажным; сюда принадлежат шипы (пальцы) кривошипов, шипы коромысла, стержни в поползушках и пр.

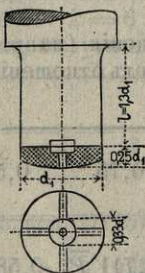
α. Концевой рычажный шип и палец кривошипа. Принимая: для железа $k = 4$ и для стали $k = 6$.

Железн. шипы с бронзов. вкладышами $d = 1,26\sqrt{P} \quad \lambda = 1,25 \quad p = 0,5$
Стальн. » » » » $d = 1,10\sqrt{P} \quad \lambda = 1,40 \quad p = 0,6$

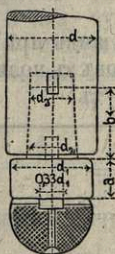
В настоящее время палец кривошипа делается всегда из стали.

β. Шарнирный промежуточный шип. Когда определены диаметр d и длина l равнонагруженного концевого шипа, то диаметр шарнирного делают: $d_2 = 0,75$ до $0,80 d$ при отношении $l_2 : d_2 = l : d$. Тогда давление на единицу площади $p_2 = P : l_2 d_2$ klg. на кв. mm., и напряжение $k = 4Pl_2 : \pi d_2$ klg. на кв. mm.

Фиг. 30.



Фиг. 31.



е. *Цилиндрические пята.* Для пята, опирающихся на бронзовую подкладку с центральным углублением и четырьмя дорожками для масла, при наибольш. давл. p klg. на кв. mm., можно принимать d_2

П Я Т Ы.	$n < 100.$			$n > 120.$		
	d	λ	p	d	λ	p
а. Жел. пята на бронз. подкл.	$1,86\sqrt{P}$	1,3	0,5	$0,186\sqrt{Pn}$	—	—
б. Стал. » » » »	$1,4\sqrt{P}$	—	0,86	$0,140\sqrt{Pn}$	—	—
в. Чугун. » » » »	$2,26\sqrt{P}$	—	0,33	—	—	—
г. Жел. » » бакаут. »	$1,30\sqrt{P}$	—	1,00	если пята поставлена в водѣ.		

Если желаютъ уменьшить истираніе при большомъ числѣ оборотовъ, то проверяютъ діаметръ для α , γ и δ по формулѣ $d = 0,0015 Pn$ и берутъ для d большую изъ двухъ величинъ. Если при большомъ n получаются неудобные, большіе размѣры, то, давая пятамъ меньшій діаметръ, необходимо вводить масло между трущимися поверхностями подъ нѣкоторымъ давленіемъ.

Давленіе на единицу площади пята $p = P : 0,59 d^2$ klg. на квадрат. мм. — Въ мельничныхъ веретенахъ допускаютъ давленіе p до 2,6 klg. на кв. мм. и стараются уменьшить истираніе закаливаніемъ стальныхъ пята и подушки; по Reuleaux было бы целесообразнѣе увеличивать діаметръ пята.

Таблица размѣровъ цилиндрическихъ пята.

P килогр.	Пята простая.		Пята вставная.					P	Пята простая.		Пята вставная.				
	d	$l=1,3d$	$a=0,5d$	$b=0,9d$	$d_2=0,7d$	$d_3=0,6d$	d		$l=1,3d$	$a=0,5d$	$b=0,9d$	$d_2=0,7d$	$d_3=0,6d$		
260	30	40	15	27	21	18	2350	90	120	45	80	65	55		
350	35	45	18	30	25	21	2680	95	125	48	85	67	57		
460	40	50	20	36	28	24	2900	100	130	50	90	70	60		
590	45	60	22	40	32	27	3510	110	145	55	100	78	66		
725	50	65	25	45	35	30	4180	120	160	60	110	84	72		
880	55	70	27	50	38	33	4900	130	170	65	120	90	78		
1040	60	80	30	54	42	36	5680	140	180	70	125	98	84		
1225	65	85	32	60	46	39	6520	150	195	75	135	105	90		
1420	70	90	35	65	50	42	7420	160	210	80	145	110	95		
1630	75	100	38	70	53	45	8380	170	220	85	150	120	100		
1860	80	105	40	74	56	48	9400	180	235	90	160	125	110		
2100	85	110	42	78	60	51	10470	190	250	95	170	135	115		

г. Гребенчатая или кольцевая пята. Если b радіальная ширина колецъ; h осевая ширина ихъ; h_1 высота колецъ въ подшипникѣ; d внутренний и d_1 средній діаметръ пятки ($d_1 = d + b$); i число колецъ; n число оборотовъ, P давленіе на пятку въ килограммахъ, то

опредѣляются размѣры по эмпирической формулѣ

$$b_i = \frac{Pn}{2000} \geq 0,96 \frac{P}{d_1}$$

при чемъ $b = \frac{1}{6} d$ до $\frac{1}{10} d$; $h \leq b$; $h_1 = h$ или немного больше.

Примѣръ 1. Вѣсъ водянаго колеса вмѣстѣ съ валомъ 14000 килограмм.; какой толщины д. б. шины чугунаго вала, если грузъ раздѣляется по - ровну на оба шина ($p = 0,332$; $k = 3$; $l : d = 133$)?

Давленіе на шипъ = 7000 klg. и $d = 1,5\sqrt{P} = 1,5\sqrt{7000} = 126$ мм.; $l = 168$ мм.

Для полаго чугунаго шипа $d_b : d_h = 0,6$; $d_h = 1,05 d = 1,05 \cdot 126 = 132$ мм., $l = 168$ мм., $d_b = 0,6 d_0 = 0,6 \cdot 132 = 80$ мм.

Примѣръ 2. Желѣзный шипъ вращается въ бронзовомъ подшипникѣ съ скоростію 400 оборотовъ въ минуту и подвергается давленію 4000 килограммовъ, $d = 0,32\sqrt{nP} = 0,32\sqrt{400 \cdot 4000} = 90$ миллиметровъ; $p = 80 : n = 80 : 400 = 0,2$ klg.; $k = 6 : l : d = 0,12\sqrt{n} = 0,12\sqrt{400} = 2,4$; $l = 2,4 d = 2,4 \cdot 90 = 216$ мм.

Примѣръ 3. Определить размѣры желѣзнаго шипа въ ползунѣ при $P = 1600$ килогр.

Концевой шипъ (палецъ) кривошипа: $d = 1,26\sqrt{P} = 1,26\sqrt{1600} = 50$ мм.; $l = 1,25 d = 1,25 \cdot 50 = 72$ мм.

Шипъ въ ползунѣ: $d_2 = 0,8 d = 0,8 \cdot 50 = 40$ мм.; $l_2 = 1,25 d_2 = 1,25 \cdot 40 = 50$ мм.

Примѣръ 4. Стоячій валъ съ стальною пятою при давленіи 1200 килогр. дѣлаеть 172 оборота въ минуту.

$$d = 0,14\sqrt{Pn} = 0,14\sqrt{1200 \cdot 172} = 64 \text{ мм.}$$

$$p = P : 0,59 d^2 = 1200 : 0,59 \cdot 64^2 = 0,5 \text{ klg.}$$

Примѣръ 5. На отвѣсно висящую кольцевую пятку центробѣжнаго насоса, дѣлающаго 480 оборотовъ въ минуту, дѣйствуетъ сила 280 килогр. Если валъ 56 мм. толщиною, то каковы размѣры кольцевой пятки?

$$d = 56; \text{ примемъ } b = 8; d_1 = 56 + 8 = 64 \text{ мм.}; b_i = \frac{Pn}{2000} = \frac{280 \cdot 480}{2000} = 67$$

$$i = \frac{67}{b} = \frac{67}{8} = \text{почти 8 колець. При этомъ давленіе на единицу пло-}$$

щади кольца $p = \frac{P}{b i \pi d_1} = \frac{290}{8 \cdot 9 \cdot \pi \cdot 64} = 0,02$ килогр. Вообще не должно быть больше 0,33 килогр. и часто бываетъ 0,02 килогр.

Примѣръ 6. Валъ винта большого военного корабля передаетъ двигающее давленіе 18000 килогр.; валъ имѣетъ толщину $d = 380$ мм. и дѣлаетъ 55 оборотовъ въ минуту. Определить размѣры кольчатой пята.

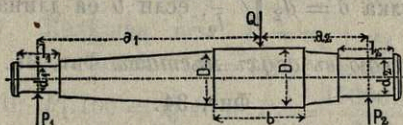
Беремъ $b = 50$; $d_1 = d + b = 380 + 50 = 430$ мм.; $bi = \frac{Pn}{2000} = \frac{18000.55}{2000} = 495$ $i = \frac{495}{b} = \frac{495}{50} = 10$ колець; $p = \frac{P}{bi\pi d_1} = \frac{1800}{50.10.\pi.430} = 0,027$ килогр.

В. О с н.

1. Оси (или валы, подвергающіеся только дѣйствию сгибающей силы) служатъ только для поддерживанія качающихся или же вращающихся частей.

а. Простая нагруженная ось (фиг. 32). Пусть Q дѣйствующій на ось грузъ; тогда давленіе

Фиг. 32.



на шипъ діаметромъ $d_1 - P_1 = \frac{a_2}{a_1 + a_2} Q$

на шипъ діаметромъ $d_2 - P_2 = \frac{a_1}{a_1 + a_2} Q$

Если грузъ находится на срединѣ оси, тогда $a_1 = a_2$, $P_1 = P_2 = 0,5Q$ и $d_1 = d_2$.

Для произвольнаго сѣченія $\alpha\alpha$ въ разстояніи x_1 отъ середины шипа d_1

толщина оси $y_1 = d_1 \sqrt[3]{\frac{2x_1}{l_1}}$; l_1 длина шипа d_1 .

Для произвольнаго сѣченія $\gamma\gamma$ въ разстояніи x_1 отъ середины другого шипа d_2

толщина оси $y_2 = d_2 \sqrt[3]{\frac{2x_2}{l_2}}$; l_2 длина шипа d_2 .

Мѣсто, гдѣ подвѣшенъ грузъ, получаетъ діаметръ

$$D = d_1 \sqrt[3]{\frac{2a_1}{l_1}} = d_2 \sqrt[3]{\frac{2a_2}{l_2}}$$

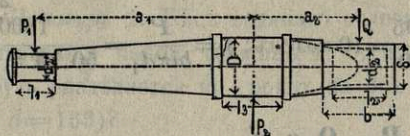
Принимая во вниманіе, что здѣсь нужно прорубить дорожку для шпонки, все это мѣсто на длинѣ охватывающей его втулки утолщается еще на половину толщины шпонки и дѣлается

$$D_1 = 1,1 l_1 \sqrt[3]{\frac{2a_1}{l_1}} = 1,1 d_2 \sqrt[3]{\frac{2a_2}{l_2}}$$

От диаметра D ось утончается къ шипамъ по кубическимъ параболамъ дающимъ ей основную форму, которую долженъ огибать дѣйствительный контуръ.

б) Если давленіе Q дѣйствуетъ на концѣ оси діаметромъ d_2 (фиг. 33), то давленія на шипы:

Фиг. 33.



$$P_3 = \frac{a_1 + a_2}{a_1} Q$$

$$P_1 = \frac{a_2}{a_1} Q$$

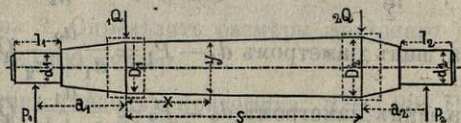
$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{a_2}{a_1 + a_2}$$

$$P_3 - P_1 = Q$$

Откуда опредѣляютъ шипъ (d_1 и l_1) по P_1 и размѣры (d_2 и l_2) идеальнаго шипа для мѣста нагрузки по Q . Толщина шейки $D = d_1 \sqrt[3]{\frac{2a_1}{l_1}}$ и діаметръ головы оси, на которой дѣйствительно насаживается втулка $\delta = d_2 \sqrt[3]{\frac{b}{l_2}}$, если b ея длина.

с) Ось съ нагрузкою въ двухъ мѣстахъ. Фиг. 34. Для грузовъ Q_1

Фиг. 34.



и Q_2 при длинѣ оси s между нагруженными пунктами и длинахъ a_1 и a_2 концовъ оси до середины шиповъ, давленія на шипы будутъ

$$P_1 = Q \frac{s + a_2 \left(1 + \frac{Q_2}{Q_1}\right)}{a_1 + s + a_2}; \quad P_2 = Q_2 \frac{s + a_1 \left(1 + \frac{Q_1}{Q_2}\right)}{a_1 + s + a_2}$$

откуда опредѣляются шипы d_1 и d_2 . Размѣры утолщень и переходовъ къ шипамъ D_1 и D_2 опредѣляются совершенно такъ же, какъ въ простой оси. Толщина стержня во всякомъ пунктѣ $\alpha\alpha$ на разстояніи x отъ мѣста дѣйствія силы Q опредѣляется изъ

$$y = D_1 \sqrt[3]{1 + \frac{x}{a_1} \left(1 - \frac{Q_1}{P_1}\right)}$$

Для $Q_1 = Q_2$ и $a_1 = a_2$ будутъ $P_1 = P_2 = Q_1 = Q_2$ и $y = D_1$.

д. Ось нагруженная въ трехъ точкахъ.

Давленіе на шипъ

$$P_1 = \frac{s_1 + s_2 \left(1 + \frac{Q_2}{Q_1}\right) + a_2 \left(1 + \frac{Q_2}{Q_1} + \frac{Q_3}{Q_1}\right)}{a_1 + s_1 + s_2 + a_2} Q$$

Давленіе на другой шипъ $P_2 = Q_1 + Q_2 + Q_3 - P_1$. Утолщенья

оси для Q_1 и Q_3 опредѣляются какъ при простой оси; толщина же оси для среднего груза Q_2 берется

$$D_2 = d_1 \sqrt[3]{\frac{2P_1(s_1 + a_1) - 2Q_1s_1}{P_1l_1}}$$

е) Ось, нагруженная въ четырехъ мѣстахъ. Фиг. 35.

Фиг. 35.



Давленіе на шипъ d_1 опредѣляется изъ

$$P_1 = \frac{s_1 + s_2 \left(1 + \frac{Q_2}{Q_1}\right) + s_3 \left(1 + \frac{Q_2}{Q_1} + \frac{Q_3}{Q_1}\right) + a_2 \left(1 + \frac{Q_2}{Q_1} + \frac{Q_3}{Q_1} + \frac{Q_4}{Q_1}\right)}{a_1 + s_1 + s_2 + s_3 + a_2} Q_1$$

$P_2 = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 - P_1$. Изъ этой формулы при Q_4 и $s_3 = 0$ нулю получается формула для оси съ тремя грузовыми точками.

Примѣръ 1. Желѣзная ось: $L = a_1 + a_2 = 100$ сантим.;
 $a_1 = 60$ ст.; $a_2 = 40$ см. $Q = 10000$ килограм. Находимъ
 $P_1l - Qa_2 = 0$; $P_1 \cdot 100 = Q \cdot 40$ и $P_1 = \frac{10000 \cdot 40}{100} = 4000$ кил.

$$P_2L - Qa_1 = 0; P_2 = \frac{10000 \cdot 60}{100} = 6000 \text{ килогр.}$$

Для шипа d_2 найдемъ

$$d_2 = 0,133 \sqrt[3]{P_2} = 0,133 \sqrt[3]{6000} = 10,31; l_2 = 1,4d_2 = 14,42; \\ e_2 = 0,3 + \frac{7}{100} d_2 = 1,02 \text{ cent.}$$

Для шипа d_1

$$d_1 = 0,133 \sqrt[3]{P_1} = 0,133 \sqrt[3]{4000} = 8,41 \text{ см}; l_1 = 1,4d_1 = 11,77 \text{ см.} \\ e_1 = 0,9; 1,5e_1 = 1,35 \text{ см.}$$

Наконецъ изъ сгибающаго момента $M = WK$, гдѣ $W = \frac{\pi}{32} D^3 = 0,1D^3$ и $K = 400$ килогр. (для желѣза), получимъ

$$D = \sqrt[3]{\frac{M}{\frac{\pi}{32} \cdot k}} = \sqrt[3]{\frac{M}{40}} = \sqrt[3]{\frac{240000}{40}} = 18,17 \text{ см.};$$

длина $b = 1,4D = 25,43$ сантиметра.

Примѣръ 2. Чугунная ось: Заданія тѣ же, но $\frac{l}{d} = 1\frac{1}{3}$ и

$$K = 200. \text{ Тогда } d_2 = 0,18 \sqrt[3]{P_2} = 0,18 \sqrt[3]{6000} = 13,95 \text{ см.}; l_2 = 1\frac{1}{3} d_2 = 18,59 \text{ см.}; e_2 = 0,3 + 0,07d_2 = 1,27 \text{ см.} = d_1 =$$

$$0,18 \sqrt{P_1} = 0,18 \sqrt{4000} = 11,384 \text{ см.}; l_1 = 1 \frac{1}{3} d_1 = 15,179 \text{ см.}$$

$$e_1 = 0,3 + 0,07 d_1 = 1,083 \text{ см.}$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{M}{\frac{\pi}{32} \cdot k}} = \sqrt[3]{\frac{M}{20}} = \sqrt[3]{\frac{240000}{20}} = \sqrt[3]{12000} = 22,894 \text{ сант.};$$

$$b = 1 \frac{1}{3} D = 30,52 \text{ сант.}$$

Примѣръ 3. Стальная ось для желѣзнодорожнаго вагона. Коэффициентъ $K = 800$. Даны $L = a_1 + s + a_2 = 196$ сант. $a_1 = a_2 = 23$ см.; $s = 150$ см.; $Q = 12000$ килограмм. ($P_1 = P_2 = 6000$ килогр.); $n = 300$ оборотамъ. Отношеніе $\frac{l}{d}$ берется изъ слѣдующей таблицы, которая годится только для стал (литой).

$n =$	60	120	180	240	300	360
$\frac{l}{d} =$	1,75	1,87	2,00	2,12	2,25	2,37.

$$d_1 = d_2 = \sqrt[3]{\frac{16}{\pi k} \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{Q}{2}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 2,25 \cdot 6000}{3,14 \times 800}} = 9,25;$$

$$l_1 = l_2 = 2,25 d_1 = 20,81 \text{ сант.}; e_1 = e_2 = 0,3 + 0,07 d_1 = 0,955 \text{ сантим}$$

$$1,5 e_1 = 1,432 \text{ сантим.}$$

Для утолщеній D_1 и D_2 имѣемъ $M = 2,3 P_1 = 138000$; откуда

$$D_1 = D_2 = \sqrt[3]{\frac{M}{\frac{\pi}{32} \cdot k}} = \sqrt[3]{\frac{M}{80}} = \sqrt[3]{\frac{138000}{80}} = 12,066.$$

Обыкновенно эти два діаметра увеличиваются на $\frac{1}{8}$, такъ что

$$1 \frac{1}{8} D_1 = 1 \frac{1}{8} D_2 = 13,574.$$

Что касается длины утолщеній b_1 и b_2 , то дѣлаютъ ихъ равны увеличенному діаметру.

2. Оси, подвергающіяся скручиванію и сгибанію.

Если для произвольнаго поперечнаго сѣченія $M_{сг}$ есть сгибающіи моментъ, $M_{кр}$ крутящій моментъ, то оба они приводятся къ одно идеальному сгибающему моменту

$$M = 0,375 M_{сг} + 0,625 \sqrt{M_{сг}^2 + M_{кр}^2}$$

или приблизительно:

$$M = 0,975 M_{сг} + 0,25 M_{кр} \text{ при } M_{сг} > M_{кр} \text{ и } M = 0,625 M_{сг} + 0,6 M_{кр} \text{ при } M_{сг} < M_{кр}.$$

Для поперечных сѣченій

$$\begin{array}{l} \text{круглаго} \\ d^3 = \frac{32}{\pi k} M \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{квадратнаго} \\ a^3 = \frac{6}{k} M \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{крестообразнаго} \\ b \frac{[H^3 + (H-b)b^2]}{H} = \frac{6}{k} M \end{array}$$

Обыкновенно принимаютъ $k = 6$ для желѣза, $k = 2$ для чугуна, $k = 10$ для стали и $k = 0,8$ для дубоваго дерева. Въ слѣдующихъ, примѣрахъ, какъ и въ предыдущихъ, однако приняты (по Гарту) меньшіе коэффициенты (4; 2; 8) прочнаго сопротивленія; отъ этого всѣ діаметры взяты больше, чѣмъ по формуламъ Reuleaux.

Примѣръ 4. Чугунный валъ крестообразнаго сѣченія. Пусть $l = 320$ сантим. $= a + b + c$; $a = c = 40$ см.; $b = 240$ см.; $Q = 14000$ килогр. ($P_2 = P_1 = 7000$ килогр.); $k = 200$; $\frac{l}{d} = 1\frac{1}{3}$; $N = 40$ лошади. силъ; $n = 10$ оборотовъ.

$$d_1 = d_2 = 0,18\sqrt{P_1} = 0,18\sqrt{7000} = 15,06; \quad l_1 = l_2 = 1\frac{1}{3} d = 20,07; \\ e_1 = e_2 = 0,3 + 0,07 d_1 = 1,3$$

Для опредѣленія діаметровъ D_1 и D_2 , гдѣ насаживаются розетки, нужно взять сложный моментъ, состоящій изъ сгибающаго и скручивающаго моментовъ.

$$\text{Сгибающій моментъ } M_{\text{сг}} = P_2 \cdot 40 = 7000 \cdot 40 = 280000.$$

$$\text{Крутящій моментъ } M_{\text{кр}} = 71620 \frac{\frac{1}{2} N}{n} = 71620 \frac{20}{10} = 143240.$$

Для вычисленія сложнаго момента имѣются двѣ формулы:

$$M = \frac{5}{8} (M_{\text{сг}} + M_{\text{кр}}) \text{ и } M = M_{\text{с}} + \frac{1}{4} M_{\text{кр}}$$

Первая формула употребляется тогда, когда крутящій моментъ $M_{\text{кр}}$ болѣе сгибающаго $M_{\text{с}}$; вторая если $M_{\text{кр}} < M_{\text{сг}}$. Мы имѣемъ второй случай; поэтому

$$M = M_{\text{сг}} + \frac{1}{4} M_{\text{кр}} = 280000 + \frac{1}{4} 143240 = 315810.$$

Откуда

$$D_1 = D_2 = \sqrt[3]{\frac{M}{\frac{\pi}{32} \cdot k}} = \sqrt[3]{\frac{315810}{20}} = 25,05;$$

$$b_1 = b_2 = 1\frac{1}{3} D_2 = 33,40.$$

И наконецъ $E_1 = E_2 = 0,3 + 0,07 D_1 = 1,9$ сантим.; $1,5 E_1 = 2,85$ сантим. Что касается крестообразной части вала, то высота h на 6-й стр. берется произвольно; и выбравъ h , можно вычислить толщину ребра b изъ слѣдующей таблицы.

$\frac{h}{D_1}$	$\frac{b}{h}$	$\frac{h}{D_1}$	$\frac{b}{h}$	$\frac{h}{D_1}$	$\frac{b}{h}$	$\frac{h}{D_1}$	$\frac{b}{h}$	$\frac{h}{D_1}$	$\frac{b}{h}$	$\frac{h}{D_1}$	$\frac{b}{h}$
2,27	0,05	1,87	0,09	1,65	0,13	1,50	0,17	1,37	0,22	1,19	0,33
2,14	0,06	1,81	0,10	1,61	0,14	1,47	0,18	1,31	0,25	1,15	0,36
2,03	0,07	1,74	0,11	1,57	0,15	1,44	0,19	1,27	0,27	1,10	0,40
1,94	0,08	1,69	0,12	1,53	0,16	1,42	0,20	1,22	0,30	1,06	0,45

Въ нашемъ примѣрѣ $\frac{h}{D}$ принято = 2,03; такъ что $\frac{b}{h} = 0,07$. Построеніе кривой для перехода отъ середины ребра къ розеткѣ D дѣлается такъ: На серединѣ проводимъ кругъ діаметромъ h , продолжая до встрѣчи съ нимъ линіи утолщенія D_1 ; часть дуги между $\frac{h}{2}$ и $\frac{D}{2}$ дѣлимъ на 6 равныхъ частей и на столько же разстояніе отъ середины до розетки D_1 . Точки встрѣчи параллелей отъ точекъ дуги съ перпендикулярами дадутъ точки кривой.

Примѣръ 5. Полая чугунная ось водяного колеса. Задано то же, что въ примѣрѣ 4. Прежде всего вычислимъ моментъ по предыдущему для розетокъ D_1 и D_2

$$M_c = P_2 \cdot 40 = 7000 \cdot 40 = 280000;$$

$$M_{кр} = 71620 \frac{\frac{1}{2} N}{n} = 71620 \frac{20}{10} = 143240.$$

Откуда

$$M = M_{сг} + \frac{1}{4} M_{кр} = 315810.$$

$$M_{сг} = P_2 \cdot 40 = 7000 \cdot 40 = 280000;$$

$$M_{кр} = 71620 \frac{N}{n} = 71620 \frac{40}{10} = 286480.$$

$$M' = \frac{5}{8} (M_{сг} + M_{кр}) = 637290.$$

Такъ какъ валъ при d_2 не поддерживаетъ только колесо, но всѣ силы 40 лошадей передается чрезъ шейку, то сложный моментъ

$$M = \frac{5}{8} M_{кр} = \frac{5}{8} \cdot 286480 = 179050.$$

Отсюда діаметръ этой шейки

$$d_2 = \sqrt[3]{\frac{M}{\frac{\pi}{32} \cdot k}} = \sqrt[3]{\frac{179050}{20}} = 20,77 \text{ сантим.};$$

$$l_2 = 1\frac{1}{3} d_2 = 27,69 \text{ сантим.}$$

Здѣсь нужно сдѣлать поправку такимъ образомъ:

$$M_{сг.б.} = P_2 \cdot \frac{1}{2} l_2 = 7000 \cdot 13,83 = 96810; M_{кр} = 71620 \frac{N}{n} = 286480$$

Откуда

$$M_{\text{сложн.}} = \frac{5}{8} (M_{\text{сгиб.}} + M_{\text{кр}}) = 286467,5.$$

$$d_2 = \sqrt[3]{\frac{M_{\text{сложн.}}}{\frac{\pi}{32} \cdot k}} = \sqrt[3]{\frac{286467,5}{20}} = 24,28;$$

$$l_2 = 1\frac{1}{3} d_2 = 32,37; e_2 = 0,3 + 0,07 d_2 = 2,0.$$

Диаметры d_1 и D_1 ; длины l_1 и b_1 и заплечики e_1 и E_1 какъ въ 4 примѣрѣ. Что же касается D_2 , b_2 и E_2 , то

$$D_2 = \sqrt[3]{\frac{M_{\text{сложн.}}}{\frac{\pi}{32} \cdot k}} = \sqrt[3]{\frac{637290}{20}} = 31,7; b_2 = 1,4 D_2 = 42,2;$$

$$E_2 = 0,3 + 0,07 D_2 = 2,66.$$

Нужно теперь опредѣлить толщину стѣнокъ, т. е. полуразность диаметровъ внѣшняго и внутренняго. По слѣдующей таблицѣ пробуютъ, задаваясь отношеніемъ $\frac{d^b}{d^H}$, чтобы толщина стѣнокъ для всѣхъ диаметровъ была почти одинакова.

$$d_1^H = 1,047.15,06 = 15,767; \quad d_1^b = 0,6 .15,767 = 9,460;$$

$$d_2^H = 1,105.25,05 = 28,431; \quad d_2^b = 0,75.28,431 = 21,32;$$

$$D_1^H = 1,19 .31,70 = 37,72; \quad D_1^b = 0,80.37,72 = 30,178;$$

$$D_2^H = 1,096.24,28 = 26,61; \quad D_2^b = 0,70.26,61 = 18,627;$$

$$e_1 = 0,3 + 0,07 d_1^H = 1,346$$

$$e_2 = 2,10$$

$$E_1 = 2,66$$

$$E_2 = 2,00$$

Длины l_1 b_1 b_2 остаются безъ измѣненія; а l_2 самое большое $= d_2$

С. В а л ы.

а. *Приводные валы*, служащія для проведеніе работы, доставляемой двигателями (водяное колесо, турбина или паровая машина) къ мѣстамъ ея употребленія въ фабрики или мастерскія обыкновенно рассчитываются только на сопротивленіе скручиванію. Пусть N число лошадиныхъ силъ (каждая въ 75 килограмметровъ), передаваемыхъ валомъ въ 1 секунду, и n число его оборотовъ въ минуту; P скручивающая сила, R плечо, на которое она дѣйствуетъ. Тогда, принимая во вниманіе только сопротивленіе крученію, имѣемъ для желѣзныхъ валовъ при допускаемомъ напряженіи матеріала $K=2,1$ klg. на квадрат. мм.

$$d = 1,345 \sqrt[3]{P \cdot R} = 120 \sqrt[3]{\frac{N}{n}}$$

При расчетѣ по углу крученія принимаютъ его не болѣе $\frac{1^\circ}{4}$ на погонной метрѣ, т. е. дѣлаютъ $\alpha^\circ = \frac{L}{4}$. Тогда для желѣзныхъ приводныхъ валовъ, которые не должны допускать большаго, чѣмъ $\frac{1^\circ}{4}$, скручиванія, имѣемъ:

$$d_{\text{мм}} = 4,125 \sqrt{P \cdot R} = 120 \sqrt{\frac{N}{n}}$$

Между PR и $N:n$ существуетъ соотношеніе: $PR = 716200 N:n$. —

Если $\frac{N}{n}$ меньше единицы, то для вычисленія d берутъ послѣднія формулы, потому что онѣ доставляютъ большіе результаты; если же $\frac{N}{n}$ больше единицы, то вычисляютъ d по первымъ формуламъ, потому что тогда онѣ дадутъ большіе результаты.

Стальные валы дѣлаются въ $\frac{5}{6}$ діаметра желѣзныхъ валовъ, если $\frac{N}{n} < 1$; въ противномъ случаѣ дѣлаютъ ихъ такой же толщины, какъ желѣзные.

ЖЕЛѢЗНЫЕ ВАЛЫ.

d мм.	$\frac{N}{n}$	PR килогр. мм.	d въ мил- лим.	$\frac{N}{n}$	PR	d въ мил- лим.	$\frac{N}{n}$	PR
30	0,004	2865	80	0,197	141091	160	2,370	1697494
35	0,007	5013	85	0,252	180482	170	2,843	2036157
40	0,012	8592	90	0,317	227035	180	3,375	2417175
45	0,020	14324	95	0,393	281467	190	3,969	2836152
50	0,030	21486	100	0,482	345208	200	4,630	3316006
55	0,044	31513	110	0,706	505637	220	6,162	4413224
60	0,063	45121	120	1,000	716200	240	8,000	5729600
65	0,085	60877	130	1,272	911006	260	10,171	7284702
70	0,115	82363	140	1,588	1137326	280	12,704	9108605
75	0,152	108862	150	1,953	1398739	300	15,625	11191341

Въ приводныхъ валахъ подшипники обыкновенно размѣщаются на разстояніи 2,5 до 3 метровъ одинъ отъ другаго.

б. Если первые приводные валы несутъ тяжелыя колеса, шкивы и пр., то дѣлаютъ ихъ діаметръ на 15 до 20 мм. болѣе, чѣмъ даютъ формулы и таблица. Валы кривошиповъ въ паровыхъ машинахъ рассчитываютъ также по этимъ формуламъ и даютъ прибавку 25%, такъ что толщина будетъ $= 1,25 d$. Такую же прибавку получаютъ валы водяныхъ колесъ.

Примѣръ 1. Валъ долженъ передавать 8 лошадиныхъ силъ при 60 оборотахъ въ минуту. Определить толщину вала α) желѣзнаго и β) изъ литой стали?

$$\alpha) \text{ Валъ желѣзный } d = 120 \sqrt[4]{\frac{N}{n}} = 120 \sqrt[4]{\frac{8}{60}} = 72 \text{ мм.}$$

$$\beta) \text{ » стальной } d_1 = \frac{5}{6} d = \frac{5}{6} \times 72 = 60 \text{ мм.}$$

Примѣръ 2. На валу должно быть насажено зубчатое колесо 350 мм. радиусомъ; давленіе на зубцы 320 килогр. Определить діаметръ этого вала, если онъ долженъ быть желѣзный. $PR = 320 \cdot 350 = 112200$; по таблицѣ $d = 75$ мм.

Примѣръ 3. Валъ водянаго колеса передаетъ 24 лошади. силы при 14 оборотахъ. Толщина этого вала изъ желѣза изъ

$$\frac{N}{n} = \frac{24}{14}; d = 120 \sqrt[3]{\frac{N}{n}} = 120 \sqrt[3]{\frac{24}{14}} = 142 \text{ мм.}$$

съ 30% прибавки будетъ $d_1 = 1,30 \times 142 = 185$ мм.

Примѣръ 4. Стоячій желѣзный валъ турбины передаетъ 80 лош. силъ при 45 оборотахъ въ минуту. Каковъ д. б. діаметръ этого вала?

$$d = 120 \sqrt[3]{\frac{N}{n}} = 120 \sqrt[3]{\frac{80}{50}} = 140 \text{ мм.}$$

Какъ стоячій валъ, онъ не получаетъ никакой прибавки толщины.

Примѣръ 5. Какой толщины долженъ быть желѣзный и стальной валъ кривошипа 15 сильной паровой машины, если онъ дѣлаетъ 60 оборотовъ въ минуту?

$$\alpha) \text{ Валъ желѣзный: } d = 120 \sqrt[4]{\frac{N}{n}} = 120 \sqrt[4]{\frac{15}{60}} = 85 \text{ мм.}$$

съ прибавкою: $d_1 = 1,30 \times 85 = 110$ мм.

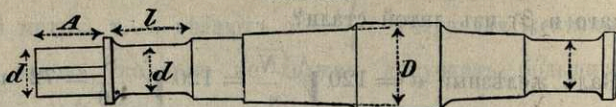
$$\beta) \text{ Валъ стальной } d_1 = \frac{5}{6} \times 110 = 92 \text{ мм.}$$

Примѣчаніе 1. Таблица, приведенная здѣсь для желѣзныхъ валовъ, можетъ также служить и для чугунныхъ валовъ, если брать d изъ таблицы по удвоенному значенію PR или $\frac{N}{n}$.

с. Вмѣсто того, чтобъ дѣлать прибавки къ вычисленнымъ діаметрамъ валовъ для паровыхъ машинъ и водяныхъ колесъ, можно

прямо увеличить коэффициенты формулъ; по Fehland'y:

Фиг. 36.



Въ валу паровой машины (фиг. 30) A — часть, на которую насаживается кривошипъ, d диаметр шейки въ подшипникъ и l ее длина, D диаметр утолщенія для маховика; тогда для чугуна вала $d = 19,5 \sqrt[3]{\frac{N}{n}}$ см. и $D = 1,25d$ до $1,3d$; последнее при длинных валахъ.

Для желѣзныхъ валовъ принимаютъ $d = 17 \sqrt[3]{\frac{N}{n}}$; для бессемеровской стали $d = 16 \sqrt[3]{\frac{N}{n}}$, если желаютъ имѣть большую надежность при незначительномъ треніи и изнашиваніи.

Если двѣ машины, каждая въ N лошадиныхъ силъ, вращаютъ общій валъ, то каждая шейка d рассчитывается для N лошадиныхъ силъ; валъ же получаетъ диаметръ $d\sqrt{2} = 1,26d$ и онъ достаточенъ для передачи силы $2N$, такъ какъ въ этомъ случаѣ общій маховикъ самое большее только на $\frac{1}{4}$ тяжелѣе, чѣмъ для одной машины силою $2N$.

Для маховика, конечно, нужно сдѣлать нѣкоторое утолщеніе примѣрно $= 1,3d$.

Въ воздухоудныхъ машинахъ, валы которыхъ не служатъ для передачи силы, даютъ желѣзнымъ валамъ въ шейкахъ

$$d^{\text{см}} = 13 \text{ до } 13,5 \sqrt[3]{\frac{N}{n}} \text{ и стальнымъ } = 12 \text{ до } 12,8 \sqrt[3]{\frac{N}{n}}$$

и довольствуются меньшими размѣрами; въ то время какъ лучшіе строители берутъ даже $15 \sqrt[3]{\frac{N}{n}}$, другіе принимаютъ только $12 \sqrt[3]{\frac{N}{n}}$ для желѣза; такъ что коэффициенты 13,5 и 12,8 суть среднія величины. Утолщеніе для маховика 1,2 до 1,25 d .

Въ водоподъемныхъ машинахъ, если валы ихъ не служатъ для передачи силы, они (т. е. валы) получаютъ $d^{\text{см}} = 15 \sqrt[3]{\frac{N}{n}}$ ($d'' = 5,9 \sqrt[3]{\frac{N}{n}}$) для желѣза и $14 \sqrt[3]{\frac{N}{n}}$ для стали. Утолщеніе вала 1,2 до 1,25 d .

Валы желѣзнопровкатныхъ машинъ съ маховиками въсомъ P въ kg получаютъ для желѣза въ шейкахъ наибольшую изъ двухъ величинъ

$$d^{\text{см}} = 20 \sqrt[3]{\frac{N}{n}} \text{ и } d^{\text{см}} = 0,19 \sqrt[3]{P} \sqrt[4]{\frac{n}{80}}.$$

При ременной передачѣ достаточно считать $d = 19 \sqrt[3]{\frac{N}{n}}$.

d. Американскіе строители даютъ приводнымъ валамъ меньшіе размеры. По Джемсу Франсису:

первые (тяжелые) валы вторые (легкіе) валы

d въ англійскихъ дюймахъ; 1 дюймъ англ. = 25,4 мм.

$$\left\{ \begin{array}{ll} \text{Для желѣза } d = \sqrt[3]{\frac{N}{n}} \times 100 & d = \sqrt[3]{\frac{N}{n}} \cdot 50 \\ \text{» стали } d = \sqrt[3]{\frac{N}{n}} \cdot 62,5 & d = \sqrt[3]{\frac{N}{n}} \cdot 31,25 \\ \text{» чугуна } d = \sqrt[3]{\frac{N}{n}} \times 167 & d = \sqrt[3]{\frac{N}{n}} \cdot 83,5 \end{array} \right.$$

Отсюда вычислена слѣдующая таблица:

Диаметръ валавъ.		Передаваемая лошадиная сила N при $n = 100$ оборотовъ.					
Въ англійскихъ дюймахъ.	Въ миллиметрахъ.	Валы первые (тяжелые).			Валы вторые (легкіе).		
		Желѣзо.	Сталь.	Чугунъ.	Желѣзо.	Сталь.	Чугунъ.
1,00	25	1	1,60	0,60	2	3,20	1,20
1,25	32	1,95	3,12	1,17	3,90	6,24	2,34
1,50	38	3,37	5,39	2,03	6,74	10,78	4,06
2,00	50	8	12,80	4,80	16	25,60	9,60
2,50	64	15,62	24,99	9,37	31,24	49,98	18,74
3,00	75	27	43,20	16,20	54	86,40	32,40
3,50	90	42,87	68,59	25,70	85,74	137,18	51,44
4,00	100	64	102,40	38,40	128	204,80	76,80
4,50	115	91,12	145,74	54,67	182,24	291,58	109,34
5	130	125	200	75	250	400	150
6	150	216	345,60	129,60	432	691,20	259,20
7	180	343	548,80	205,8	686	1097,60	411,60
8	200	512	819,20	307,2	1024	1638,40	614,40
9	230	729	1166,40	437,4	1458	2332,80	874,80
10	250	1000	1600	600	2000	3210	1200

Для опредѣленія силы, которую валъ съ надежностію можетъ передать при другой скорости, умножаютъ данную въ таблицѣ силу на число оборотовъ въ минуту при новой скорости и раздѣляютъ на 100.

Примѣчаніе. Приводные валы, которые должны сопротивляться дѣйствію живой силы, должны быть рассчитаны не по

статическимъ, а по динамическимъ законамъ. Напр., если на валу насаженъ маховикъ и валъ долженъ передавать, не ломаясь, его живую силу, то онъ долженъ быть столь толстъ, чтобъ динамическая крѣпость его, т. е. количество дѣйствія $\frac{1}{4} \frac{T^2}{G} V$,

необходимое для скручиванія вала, было болѣе живой силы маховика, выраженной въ килограмсантиметрахъ. Если Q вѣсъ обода маховика въ килогр.; C скорость обода въ сантим.; g — ускореніе = 981 сантим. при свободномъ паденіи тѣлъ; то условіе, чтобъ валъ не сломался, будетъ:

$$\frac{1}{4} \frac{T^2 V}{G} > \frac{Q C^2}{2g} \text{ или } V > 4 \frac{G}{T^2} \frac{Q}{2g} C^2$$

гдѣ V объемъ части вала, передающей силу. Слѣд. сопротивленіе валовъ живой силѣ пропорціонально: 1) объему вала, 2) квадрату абсолютнаго сопротивленія матеріала и 3) обратно пропорціонально коэффициенту упругости; оно не зависитъ отъ формы вала, а только отъ его массы. Два приводные вала имѣютъ одинаковое сопротивленіе ударамъ, если объемы ихъ равны, что напр. будетъ тогда, если одинъ имѣетъ толщину вдвое большую, а длину въ 4 раза меньшую чѣмъ другой.

Примѣръ. На чугунномъ валѣ въ разстояніи другъ отъ друга равномъ 3,6 м. укрѣплены маховикъ и зубчатое колесо. Діаметръ вала равенъ 14 ст. Вѣсъ обода маховика 1500 килогр. и скорость его движенія 7 м. въ секунду. Спрашивается, можетъ ли выдержать валъ крученіе отъ живой силы маховика, еслибъ внезапно механизмъ остановился вслѣдствіе поломки зубца на передаточномъ колесѣ?

Сопротивленіе крученію примемъ $T = 3000$ килогр.

Модуль упругости для крученія примемъ $G = 600000$ »

Объемъ вала $360 \frac{14^2 \times 3,14}{4} = 55440$ куб. сантиметр.

Динамическая крѣпость вала . . . $\frac{1}{4} \frac{3000}{600000^2} \times 55440 = 207900$ килограмсантиметровъ.

Живая сила обода маховика $\frac{1500}{2,981} \times 700^2 = 374600$ килограмсантиметровъ.

Сравнивая эти числа, мы видимъ, что валъ тонокъ и что для надлежащаго сопротивленія объемъ его долженъ быть $\frac{374610}{207900} = 1,8$ разъ болѣе; слѣдов. діаметръ на $\sqrt{1,8} = 1,34$ раза болѣе, то есть $14 \times 1,34 = 18,76$ сантим.

е. Для воротовъ крановъ и пр., гдѣ обыкновенно примѣняется

Слѣдовательно $d = 0,29\sqrt[3]{100.32} = 4,35$ сантиметра $= 1\frac{3}{4}$ дюйм.

Если P выражено въ фунтахъ, а R въ дюймахъ, то $d = 0,12 \sqrt[3]{PR} = 0,12 \sqrt[3]{244.12,75} = 0,12 \sqrt[3]{3111} =$ между 1,74 дюйма.

Для тяжелых машин для обработки металлов 120—150 вь мин.

» въ бумагопрядильныхъ и шерстопрядильныхъ 300—400 » »

г. Разстояние между подшипниками для валовъ въ метрахъ $E = 0,5 + 0,3 \sqrt{d}$ до $0,7 + 0,3 \sqrt{d}$, если d диаметръ вала въ миллиметрахъ; обыкновенно же это разстояние отъ 2,5 до 3 метровъ, а длина между муфтами 5 до 6 метр.

наибольшее разстояніе.

254 (10) 8,00

	потайными	выступающими
ширина кольца	$b = 7 + 0,4d$	$b = 7 + 0,3d$
толщина кольца	$\delta = 5 + 0,3d$	$\delta = 3,5 + 0,15d$
толщина винта	$d_1 = 5 + 0,01d$	$d_1 = 5 + 0,1d$

і. *Клинья (шпонки) для укрѣпленія кривошиповъ, колеса и р.*, которые должны передавать всю силу и потому врубаются въ валъ, дѣлаются шириною:

» стальных » $k = 0,21d + 5$.

если употребляется одна только шпонка. При двух шпонках (клиньях) k будет только 0,9 и при 3 и более шпонках 0,85 от данных.

Толщина шпонок на срединѣ $= 0,6k$ и цѣлесообразно для шпо-

ночь менѣе 25 мм. ширины брать толщину $= 0,65 k$; а для шпонокъ свыше 45 мм. $= 0,55k$. Коничность шпонокъ $\frac{1}{100}$.

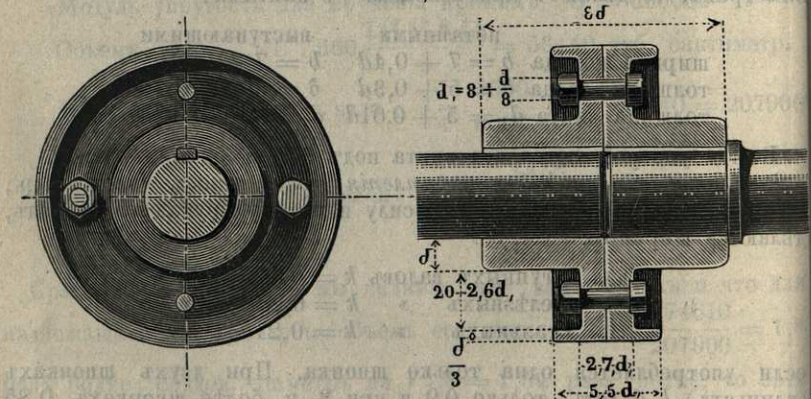
Шпонки, если не врубаются въ валъ, должны быть въ 1,5 раза шире к. *Поперечныя шпонки или чеки (клинья)*. Если D діаметръ стержня во втулкѣ, то

ширина чеки $h = 0,75D$, если чека стальная, а стержень желѣзный
» » $h = 1,10D$ » » желѣзная » » »

Толщина чеки $s_1 = 0,25D$. Наклонъ чеки $\frac{1}{30}$ до $\frac{1}{50}$ и даже $\frac{1}{100}$, если она служить для постояннаго закрѣпленія; онъ $= \frac{1}{24}$ если чека должна по временамъ подтягиваться, при чемъ необходимо закрѣпленіе ея. Наружный діаметръ втулки чугуной $= 2D$ желѣзной $1,35D$. Зазоръ для натягиванія чеки $= 0,1D$. Разстояніе концовъ стержня и втулки отъ чеки $= 0,8$ до $1,0D$. Толщина стержней въ соединеніи $= 0,82D$. При соединеніи скобы шатуна съ корпусомъ, чека раздѣляется: одна часть шириною $\frac{5}{8}h$ съ ногами для скрѣпленія концовъ скобы, а другая шириною $\frac{3}{8}h$ обыкновенная при трехъ частяхъ двѣ крайнія съ ногами имѣютъ ширину $\frac{5}{16}h$, средняя $\frac{3}{8}h$.

Д. Соединеніе валовъ помощію муфтъ.

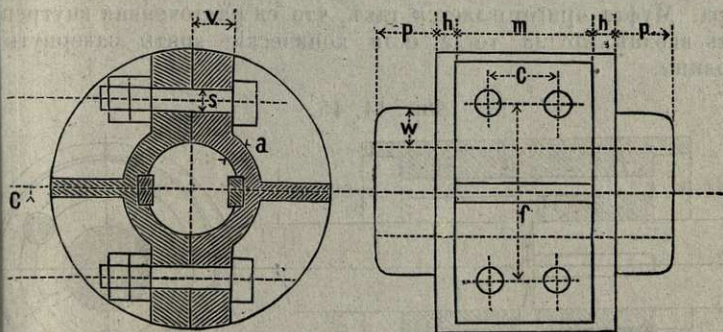
а. *Соединенія глухія*. 1) Обыкновенная глухая муфта получаетъ толщину стѣнокъ 0,45 и длину 3 отъ $d + 12$ мм.; если она насаживается на утолщенные концы валовъ, то ихъ діаметръ $= 1,25(d + 12$ мм.).



2. Муфта свертная (фиг. 37), состоящая из двух точеных углов, наклонивающихся на концах валов помощью шпонок и фемь соединяемых винтами, весьма удобна, потому что допускает легкую сборку и разборку валов. По Унвайну, строится по единице $= d + 12 \text{ мм}$. Диаметр втулки $2D$, длина ее $1,25 + 1,25D = 2,5D$; ширина дисков $0,3D + 0,6D$, ширина краев $= 0,5D + 0,5D = D$; наружный диаметр дисков $= 2D + 2(3,25\delta)$, где $\delta = \frac{d}{n} + 0^m,006$. Ширина винтов, число их $n = 2 + \frac{d}{30}$. Диаметр круга для винтов $2,5d$ $0^m,045$. Головки винтов и гайки не должны выступать с-под краев диска, находясь в кольцеобразных проточках внешних сторонах дисков. Если диски насаживаются на обшеченные концы валов, то диаметр утолщения $= 1,12D$. Для надежности направления конец одного вала входит в муфту такого на длину $0^m,006$ до $0^m,012$, или диски втачиваются один другой на $0^m,006$ до $0^m,008$. По Reuleaux единица $\delta = 5 + \frac{d}{3}$; число винтов $i = 2 + \frac{1}{30}d$ и диаметр их $d_1 = 8 + \frac{1}{8}d$. (Фиг. 37.).

для. Разборчатая муфта. Фиг. 39, 40. Муфта разрезана по длине на половины, так что направление соединения параллельно оси валов. Очень удобная конструкция и очень хорошая при точной работе. Сборка и разборка очень легки, потому что половинки муфты можно снимать в сторону, не трогая валов с их мест. Вѣрное сое-
единение валов сохраняется даже послѣ многократнаго снятия и вложения муфты. Сначала половинки пристрагиваются одна к дру-
гой, потом свинчиваются на прокладку из листа бумаги и раста-
каются аккуратно по мѣрѣ. Расточенные так половинки при стя-
гиваніи ихъ винтами зажимаютъ валы столь крѣпко, что уже чрезъ

Фиг. 39, 40.

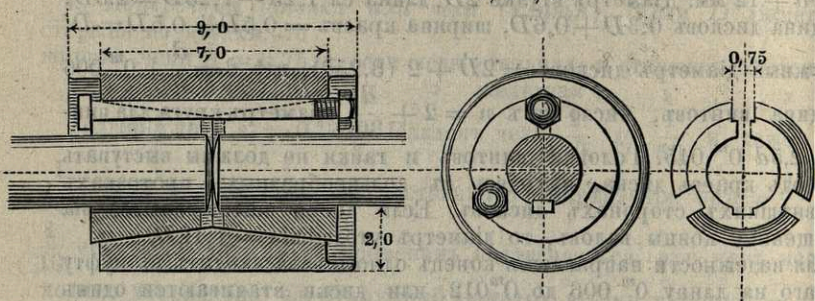


одно получается solidное и центральное соединеніе ихъ. Нако-
ль 2' клина, въ обѣихъ половинкахъ, еще увеличиваютъ сопротив-
леніе скручиванію. Единица $\delta = 10 + 0,33d$ и $W = 1,1\delta$; $v = 1,1\delta$;
 $= 0,8\delta$; $s = c = 0,5\delta$; $h = 0,6\delta$; $m = 4\delta$; $f = 4,4\delta$; $p = 1,4\delta$;
 $1,25 = 2,2\delta$. Проточки въ валахъ глубиною $i = 0,1\delta$ и шириною

$J = 0,5\delta$ дѣлаются только тогда; если опасаются расхожденія валовъ по длинѣ винтовъ 2, 4 или 6.

4. Американскія муфты. а) Муфта Селлера (фиг. 41, 42, 43)

Фиг. 41, 42, 43.

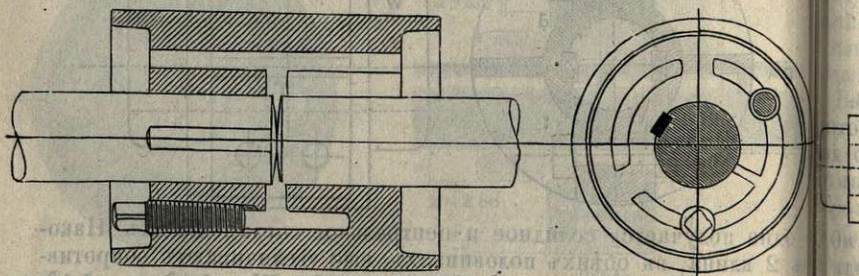


стоитъ изъ втулки расточенной внутри на два конуса въ обѣ стороны между втулкою и валомъ вставлены два коническіе разрывавла вдоль конца; кольца стянуты 3 квадратными параллельными валу бое, нтами. Шпонка бокими должна плотно входить въ концы валовъ и нотор кольца, но не должна отдѣлять кольца отъ валовъ. Чтобъ устранить трудность разборки муфты иногда ставятъ винтъ съ коническимовт

концомъ въ наружной втулкѣ на ея срединѣ. Единица $\delta = 5 + \frac{d}{3}$ и че

б. Въ муфтѣ Крессона (фиг. 43, 44) наружный цѣльный кожух 1. отлить съ двумя разрыванными внутренними тонкими пружинящими 1. трубками, которыя и нажимаются къ валу 4 коническими винтами 1. расположенными на обоихъ концахъ муфты по обѣ стороны разр нах зовъ внутреннихъ втулокъ. Муфта длиною снаружи 190 мм. внутр дву 145 имѣетъ внѣшній діаметръ 145 мм. и содержитъ 4 нажимны рны коническихъ винта отъ 20 мм. верхняго до 15 мм. нижняго ді 0 воз метра. Муфта готовится такъ, что ея расточенная внутренн двил часть вполнѣ круга тогда, если коническіе винты завернуты дру 2. А половины. гда

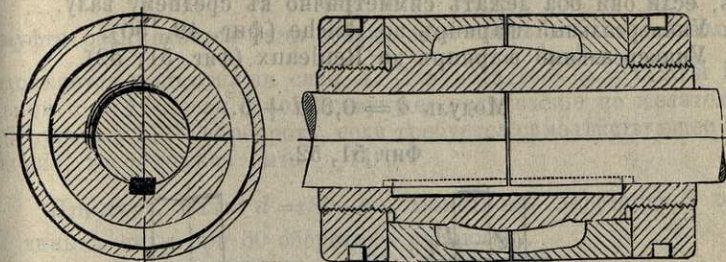
Фиг. 44, 45.



5. Другая конусовая муфта Jones et Langhlin's въ Питсбургъ называемая также муфтою Селлера, требуетъ, чтобы концы валовъ

полю математически равнаго диаметра. При валахъ въ 76 мм. внѣш-
нй диаметръ 195 мм. и полная длина 300 мм. (фиг. 45, 46).

Фиг. 46, 47.

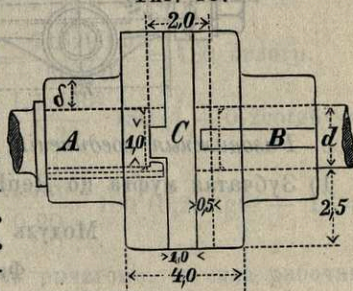


б. *Подвижныя соединенія.* При большихъ тяжелыхъ валахъ иногда желательно, чтобы скрѣпленіе валовъ имѣло нѣкоторую подвижность, чтобы въ случаѣ измѣненія правильности ихъ направленія муфта могла принимать косвенное положеніе, не вызывая натяженія въ валахъ. и употребляютъ тогда подвижныя и зубчатыя муфты просто для соединенія концовъ или же и для раздѣленія ихъ, и каждая одна половина муфты можетъ быть отодвигается.

1. *Муфта Oldham* (фиг. 47). Круги *A* и *B* укрѣплены на соответствующихъ концахъ валовъ, тогда какъ кругъ *C* находится между ними, передвигаясь по двумъ одна къ другой перпендикулярныхъ канавкахъ на *A* и *B*; чрезъ это возможна значительная поперечная подвижность концовъ валовъ. Передача движенія отъ одного вала другому совершается равномерно.

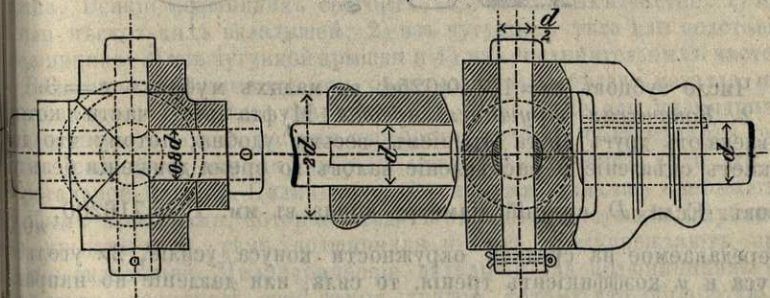
2. *Шарниръ Гука* (универсальный). Передача движенія только тогда равномерна, если центральныя линіи соединенныхъ валовъ

Фиг. 48.



$$\text{Модуль} = 0,33d + 5.$$

Фиг. 49, 50.



валовъ совпадаютъ; если же онѣ образуютъ уголъ α и если вращенія валовъ ω и ω_1 , то

$$\text{tg} \omega_1 : \text{tg} \omega = \cos \alpha$$

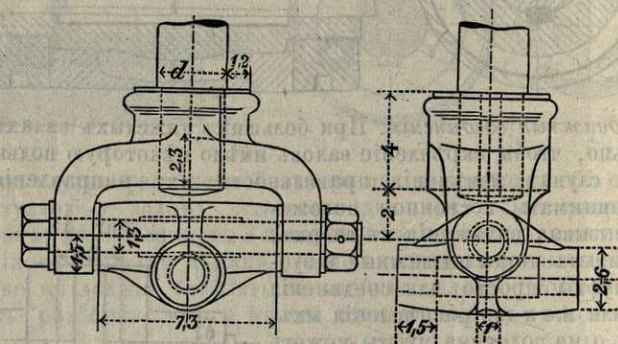
что соответствует периодическому движению съ периодомъ 180°. Если имѣемъ три вала, соединенные универсальными шарнирами то движение будетъ передаваться равномерно отъ перваго на третій валъ, если они оба лежатъ симметрично къ среднему валу.

α. Универсальный шарниръ по Reiche (фиг. 49, 50).

β. Универсальный шарниръ по Reuleaux (фиг. 51, 52).

$$\text{Модуль } \delta = 0,33d + 5.$$

Фиг. 51, 52.

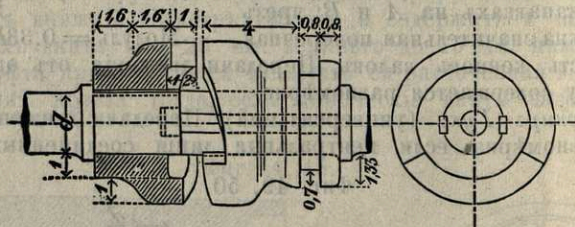


с. Раздвижныя соединенія.

1) Зубчатая муфта по Reuleaux (фиг. 53, 54).

$$\text{Модуль } \delta = 0,33d + 5.$$

Фиг. 53, 54.



Число зубцовъ $z = 1 + 0,025d$; въ малыхъ муфтахъ $z = 3$.

2. Коническая трущаяся муфта. Муфта эта, части которой увеликаютъ другъ друга трениемъ, весьма удобна, потому что допускаетъ сдѣленіе и расцѣпленіе валовъ во время движения безъ удара.

Если D средний діаметръ конца въ мм. $P = 716200 \frac{N}{n}$, передаваемое на средней окружности конуса усилие, 2α уголъ конуса и μ коэффициентъ тренія, то сила, или давленіе по направленію оси для произведенія необходимаго тренія $A = \frac{1,1 \sin \alpha}{\mu}$.

180 + $\mu \cotg \alpha$), для разцѣпленія $A_1 = \frac{1,1 \sin \alpha}{\mu} P (\mu \cotg \alpha - 1)$ и для
рам
третдержанія сцѣпленія $A_2 = \frac{1,1 \sin \alpha}{\mu} P (1 - \mu \cotg \alpha)$. Если $\cotg \alpha < \frac{1}{\mu}$,

муфта разцѣпляется сама собою; если $\cotg \alpha > \frac{1}{\mu}$, то сцѣпленіе
одолжается и по отнятіи силы A . Для металловъ $\mu = 0,20$ и пре-
дѣльный $\alpha = 11^\circ$; если самодѣйствующее разцѣпленіе не желательно,
берутъ $\alpha < 11^\circ$; наоборотъ, если требуется самодѣйствующее рас-
цѣпленіе, то α должно быть $> 11^\circ$.

Примѣръ. Валъ $d = 80$ мм. діаметромъ передаетъ 3 лоша-
диныхъ силы при 50 оборотахъ въ минуту.

Посредствомъ конической трущейся муфты, коей средній діаметръ
 $= 8d = \times 60 = 480$ мм. и уголъ конуса $2\alpha = 12^\circ$, нужно пере-
дать эту силу на другой валъ. Поверхности сопротивленія обѣ чу-
нныя. а) Какъ велико должно быть осевое давленіе для произве-
денія необходимаго тренія? Какая нужна осевая сила для расцѣп-
ленія муфты.

$$2\alpha = 12^\circ; \alpha = 6^\circ; P = 716200 \frac{N}{nR} = \frac{716200 \cdot 3}{50,240} = 180 \text{ килогр.}$$

$$\alpha) A = \frac{1,1 \sin \alpha}{\mu} P (1 + \mu \cotg \alpha) = \frac{1,1 \sin 6^\circ}{0,20} 180 (1 + 0,2 \cotg 6^\circ) =$$

96 килогр.

$$\beta) A = \frac{1,1 \sin \alpha}{\mu} (\mu \cotg \alpha - 1) = \frac{1,1 \sin 6^\circ}{0,20} 180 (0,2 \cotg 6^\circ - 1) =$$

85 килогр.

Такъ какъ зацѣпленіе производится рычагомъ, то сила рабочаго
движенія можетъ быть весьма не велика.

III. Подшипники.

Размѣры ихъ эмпирическіе, т. е. опредѣляются большею частію
пытотъ и только отчасти теоріей. Поэтому хорошая модель весьма
важна. Всякій подшипникъ состоитъ изъ 4 главныхъ частей: 1) изъ
или нѣсколькихъ вкладышей; 2) изъ чугунаго тѣла или подставки
подшипника; 3) изъ чугунной крышки и 4) изъ соединительныхъ частей.
Вкладыши подшипника (изъ бронзы, чугуна, бѣлаго металла или
бакаута) дѣлаются снаружи 4-хъ, 8-угольные или цилиндриче-
скіе и имѣютъ всегда рабочія плоскости, которыя обдѣлываются руч-
нымъ способомъ пилами, либо на токарномъ станкѣ, или же на
строгальной машинѣ. Цилиндрическіе снаружи вкладыши снабжаются
ребрами приливами, которыя входятъ въ соответствующія углубленія
на крышкѣ и въ тѣмъ подшипника и тѣмъ предупреждаютъ вра-
щеніе вкладышей. Цилиндрическіе вкладыши для подшипниковъ не-
большихъ размѣровъ суть самыя лучшіе, потому что обработка на
токарномъ станкѣ при бѣльшей точности есть самая дешевая.

Подшипники валовъ кривошиповъ въ паровыхъ машинахъ претерпѣваютъ боковое давленіе отъ давленія пара и вертикальное давленіе отъ вѣса маховика, вѣса вала, эксцентрика, кривошипа шатуна и пр. Чтобы можно было уравнивать происходящее отсюда истираніе вкладышей, употребляютъ подшипники съ тремя вкладышами, изъ коихъ 2 боковые и 1 нижній или основной. Боковые вкладыши устанавливаются посредствомъ клиньевъ, которые можно подтягивать винтами. Нижній вкладышъ обыкновенно повышается чрезъ подкладываніе металлическихъ пластинокъ, рѣже лежитъ онъ на 2 клиньяхъ. При неправильной монтировкѣ или при сдвиганіи подшипника вслѣдствіе осадки фундамента, прогиба потолка и т. д. геометрическая правильность оси привода нарушается; отсюда происходитъ защемленіе валовъ въ негибкихъ вкладышахъ и сильное нагрѣваніе и истираніе защемленныхъ частей. Чтобы противодействовать этому, употребляютъ подшипники съ подвижными чугунными, очень длинными шаровыми вкладышами.

При устройствѣ *вкладышей прежде всего слѣдуетъ наблюдать* чтобы направленіе главнаго давленія не проходило чрезъ плоскость соединенія вкладышей. Чаще всего употребляемый матеріалъ для вкладышей есть бронза и различные сплавы, напр.

90 частей мѣди,	10 частей олова	(твердые вкладыши).
94 »	латунныхъ стружекъ,	6 частей мѣдныхъ стружекъ.
88 »	мѣди,	9 частей олова, 1 часть цинка.
80 »	»	18 » » 2 » цинка и т. д.

Чѣмъ больше олова входитъ въ составъ бронзы, тѣмъ она тверже. Цинкъ сообщаетъ бронзѣ мягкость, тоже и свинецъ.

При большихъ нагрузкахъ и значительномъ числѣ оборотовъ дѣлаютъ вкладыши изъ чугуна и заливаютъ бѣлымъ металломъ. Здѣсь также существуетъ рядъ рецептовъ; напр.

8 частей мѣди,	80 частей олова,	12 частей цинка.
11 »	»	74 » » 15 » »
5 »	»	85 » » 10 » »
11 »	»	67 » » 22 » »

Вкладыши изъ бакаута (*lignum sanctum*) обходятся дешевле, чѣмъ бронзовые и потому въ новѣйшіе время ихъ съ успѣхомъ употребляютъ для шиповъ водяныхъ двигателей, въ особенности въ турбинахъ. Они не требуютъ особой смазки.

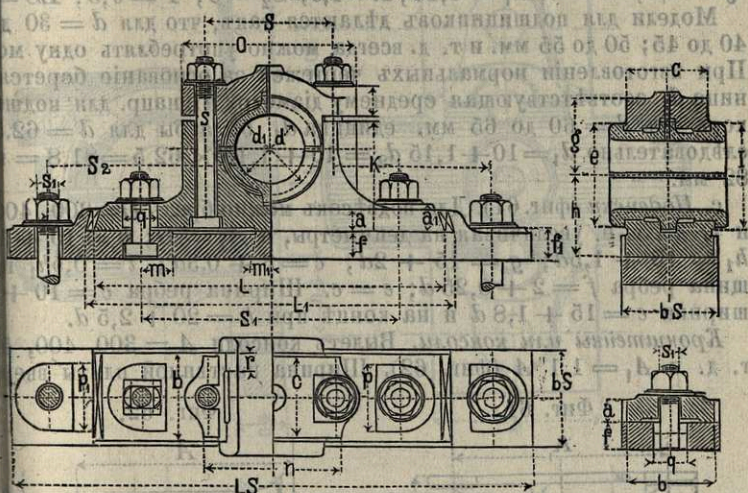
Тѣло подшипника служитъ для прочнаго соединенія съ плитами машинными рамами, фундаментами и другими частями строенія. Оно всегда чугунное, въ малыхъ подшипникахъ массивное, а при большихъ размѣрахъ ребристое или полое.

Крышка подшипника служитъ для прочнаго соединенія вкладышей съ тѣломъ подшипника; она всегда чугунная.

Соединительныя части, т. е. винты для скрѣпленія и укрѣпленія подшипника, клинья и пр. Плита подъ подшипникомъ, его тѣло и крышка всегда должны имѣть такую форму, чтобы соединительныя части сопротивлялись не срѣзывающимъ усиліямъ, но только вытягиванію.

Нормальный подшипник для горизонтальных валов. Вкладыши цилиндрические; приливы имеют диаметр $r = 0,15 d_1$. Единица построения подшипника: $d_1 = 1,15 d + 10 \text{ мм.}$ и вместе диаметр отверстия в рабочих плоскостях, где укрепляются вкладыши. Толщина вкладыша $e = 3 + 0,07 d$ или $= 0,75 d_1$ (фиг. 55—58).

Фиг. 55—58.

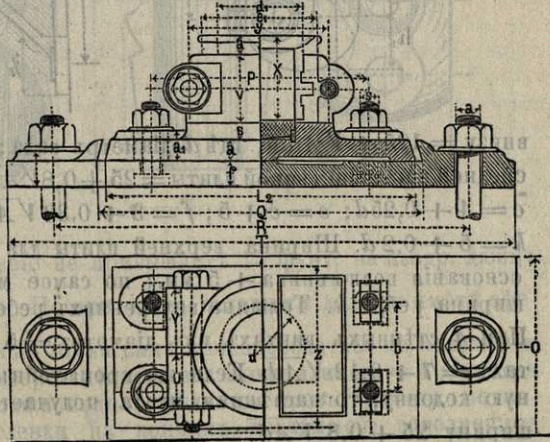


Подшипники от 110 и 120 мм. получают не 2, но 4 винта единичные для крышки и 4 винта для укрепления; $\delta = 0,15 d_1$ расстояние между винтами крышки и основания на каждой стороне $= 0,43 d_1$. Плита под подшипником имеет по 1 винту на fronte $\delta_2 = 0,22 d_1$.

Подъемник для вертикальных валов (фиг. 59—60)

Фиг. 59—60.

2 вкладышами боковой крышкой, по которой можно вынуть весь подшипник. Подъемник цельным вкладышем (стаканом) заменяется для удаления его от пята достаточно высокий, подшипник вынимается снизу и легко вынимающийся, заменяется простым или другим. Единица для построения обыкновенных подъемников и подшипников $d_1 = 1,15 + 10 \text{ мм.}$; далее



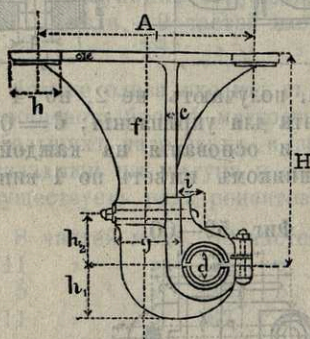
$b = d_1$; $\delta = 0,075$; $r = m_1 = 0,15$; $s = 0,2$; $s_1 = 0,22$; $a = 0$
 $f = w = 0,3$; $\alpha_1 = q_1 = i = 0,35$; $t = 0,4$; $f_1 = q = m = 0$
 $u = 0,55$; $p = p_1 = 0,7$; $v = 0,75$ $h = g = c = 0,9$; $x = 0$
 $bs = 1,1$; $e = 1,15$; $e_1 = k = 1,2$; $l = 1,25$ $S = 1,4$; $y =$
 $n = 1,55$; $z = 1,8$; $O = 2$; $Lr = 2,1$; $P = 2,35$; $S_1 = 3$; $L_2 = 3$
 $Q = 3,6$; $L = 4$; $L_1 = 4,15$; $R = 4,5$; $S_2 = 5$; $T = 5,5$; $LS =$

Модели для подшипниковъ дѣлаются такъ, что для $d = 30$ до 40 до 45; 50 до 55 мм. и т. д. всегда можно употребить одну модель. При изготовлении нормальныхъ чертежей за основание берется ширина d_1 соответствующая среднему диаметру d ; напр. для подшипниковъ отъ $d = 60$ до 65 мм. единица d_1 была бы для $d = 62,5$ следовательно $d_1 = 10 + 1,15 d_2 = 10 + 1,15 \times 62,5 = 81,8 = 82$ мм.

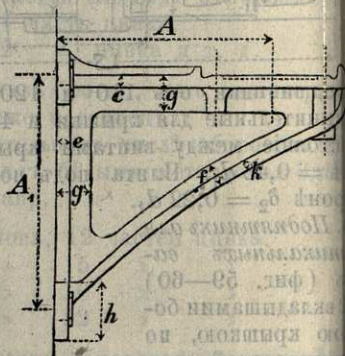
с. Подвѣски (фиг. 61). Для подвѣсокъ можно брать $H = 300, 400$ и т. д., т. е. увеличивая на дециметры, и $A_1 = H$; $h = 15 + 1,1 d$; $h_1 = 15 + 1,5 d$; $g = 15 + 2 d$; $c = 3 + 0,3 d$; $i = 0,5 h_1$ и ширина ребра $f = 2 + 0,25 d$; $e = c$. Ширина ребра $c = 10 + 1,1 d$ и ширина $e = 15 + 1,8 d$ и на концѣ при $h = 20 + 2,5 d$.

Кронштейны или консоли. Вылетъ консоли $A = 300, 400, 500$ т. д. и $A_1 = 1,1 A$ (фиг. 62). Ширина настѣнной плиты вверх

Фиг. 61.



Фиг. 62.

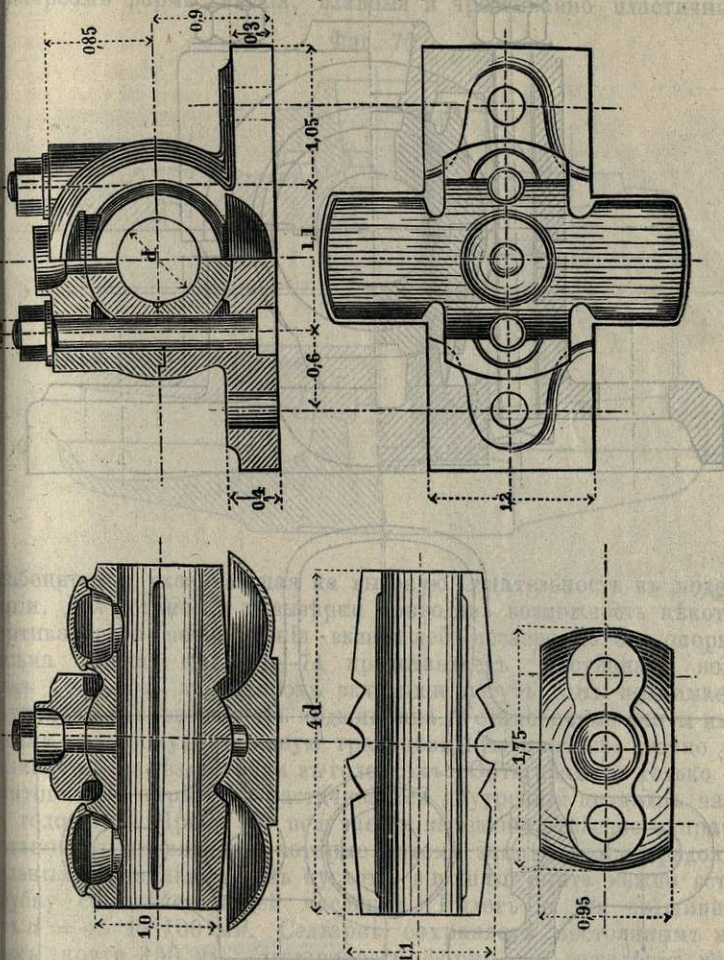


внизу $= 125 + \sqrt{A \cdot d}$, гдѣ d диаметр вала; A и d въ мм. Ширина средней части настѣнной плиты $= 25 + 0,8 \sqrt{A \cdot d}$; $h = 25 + 0,6 \sqrt{A \cdot d}$; $c = 4 + 0,25 d$; $e = c + 5$; $f = 3 + 0,33 \sqrt{A \cdot d}$; $g = 5 + 0,4 \sqrt{A \cdot d}$; $k = 5 + 0,2 d$. Ширина верхней плиты для подшипника $=$ ширина основанія подшипника $+ 5$ мм.; но самое меньшее $= 5 + 0,4 \sqrt{A \cdot d}$ ширина ребра k . Толщина внутреннихъ реберъ f и $g = 2 + 0,2 \sqrt{A \cdot d}$. При 4 стѣнныхъ винтахъ ихъ диаметръ $= 5 + 0,1 \sqrt{A \cdot d}$; при 2 винтахъ $= 7 + 0,12 \sqrt{A \cdot d}$. Если же кронштейнъ укрѣпляется на чугунную колонну, то настѣнная плита получаетъ повсюду одинаковую толщину $25 + 0,8 \sqrt{A \cdot d}$.

д. Американскіе подшипники. Фиг. 63—67. Подшипники вала, вращающагося съ большою скоростью должны быть длинные, дабы обо

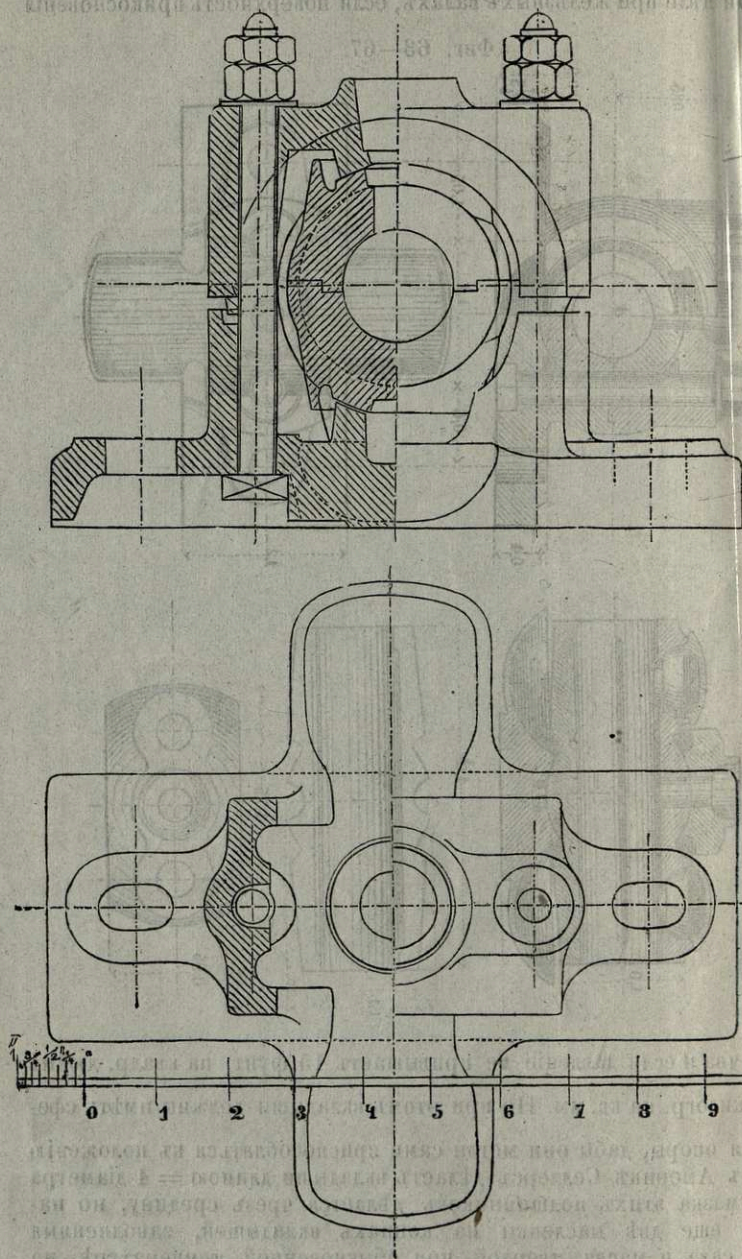
ихъ прочность. Вкладыши часто чугунные; чугунъ очень хорошъ той цѣли при желѣзныхъ валахъ, если поверхность прикосновенія

Фиг. 63—67.



точна и если давленіе не превышаетъ 15 фунт. на квадр. дюймъ
 $\frac{1}{95}$ килогр. на кв. мм. Но при этомъ вкладыши должны имѣть сфе-
 ческія опоры, дабы они могли сами приспособляться къ положенію
 вала. Въ Америкѣ Селлерсъ дѣлаетъ вкладыши длиною = 4 діаметра
 вала. Смазка этихъ подшипниковъ дѣлается чрезъ средину, но на-
 дается еще двѣ масленки на концахъ вкладышей, заполненные
 сѣєю сала и масла, твердой при обыкновенной температурѣ, но
 таящейся при 35°. Если вкладыши нагрѣваются отъ недостатка

Фиг. 68—69.

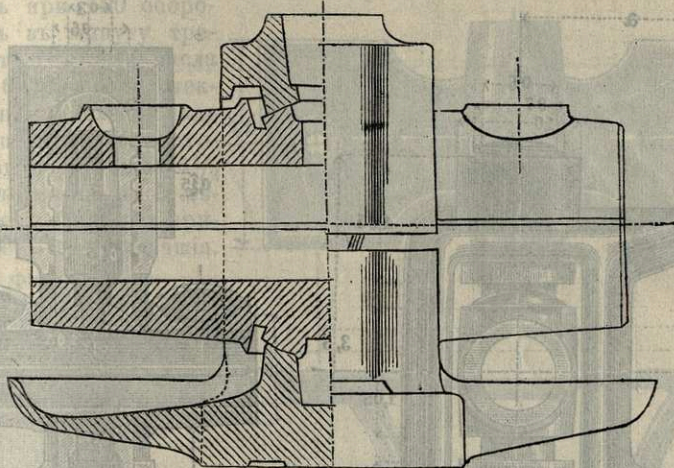


Американскій подшипникъ КРЕССОНА.

(для вала діаметромъ 2 дюйм. англ.); отверстіе въ вкладышахъ показано на чертежѣ менѣе 2 д., какъ это требуется для расточки

зки, сало плавится и предупреждает разгорячение шейки. Единица относительных размѣровъ есть $d_1 = 5 + 1,4d$. Избранный Селлерсомъ формы мягкія, плавныя и чрезвычайно пластичныя, —

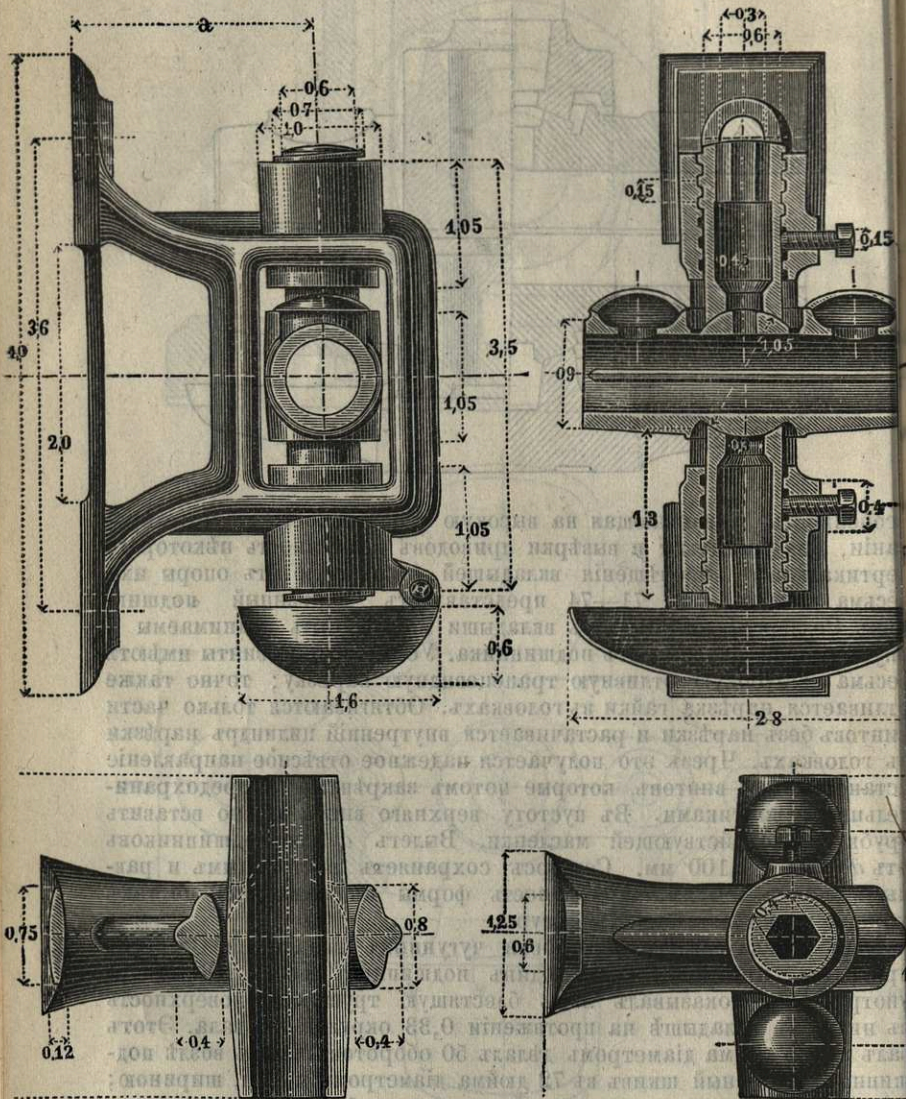
Фиг. 70.



обенность, указывающая на высокую тщательность въ моделировании. Для установки и вывѣрки приводовъ возможность нѣкотораго оптикальнаго перемѣщенія вкладышей независимо отъ опоры ихъ весьма важна; фиг. 71—74 представляетъ настѣнный подшипникъ Селлерса, въ которомъ вкладыши могутъ быть поднимаемы и опускаемы независимо отъ подшипника. Установочные винты имѣютъ весьма неглубокую отливную трапецевидную нарѣзку; точно также плавается нарѣзка гайки въ головкахъ. Обтягиваются только части винтовъ безъ нарѣзки и растачивается внутренний цилиндр нарѣзки въ головкахъ. Черезъ это получается надежное отвѣсное направленіе установочныхъ винтовъ, которые потомъ закрѣпляются предохранительными винтиками. Въ пустоту верхняго винта можно вставить губку самодѣйствующей масленки. Вылетъ a для подшипниковъ въ $d = 45$ до 100 мм. Селлерсъ сохраняетъ постояннымъ и равнымъ почти 150 мм. Элегантность формы къ сожалѣнію не такъ хорошо видна изъ нашихъ фигуръ.

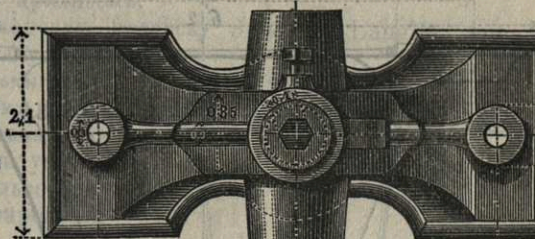
Какъ доказательство прочности чугунныхъ вкладышей Селлерсъ приводитъ примѣръ, когда одинъ подшипникъ послѣ 16-лѣтняго отребленія показывалъ лишь блестящую трущуюся поверхность нижнемъ вкладышѣ на протяженіи 0,33 окружности вала. Этотъ валъ въ 4,5 дюйма діаметромъ дѣлалъ 50 оборотовъ и несъ возлѣ подшипника пріемный шкивъ въ 72 дюйма діаметромъ и 20 д. шириною; онъ принималъ всю силу паровой машины съ 16-дюймовымъ цилиндромъ при 3-футовомъ ходѣ поршня и 50 ходахъ въ минуту, т. е. 10 лш. силы. Другой примѣръ доказалъ что вкладыши послѣ годового употребленія еще сохранили всѣ слѣды расточки. Но при

Фиг. 71—74.

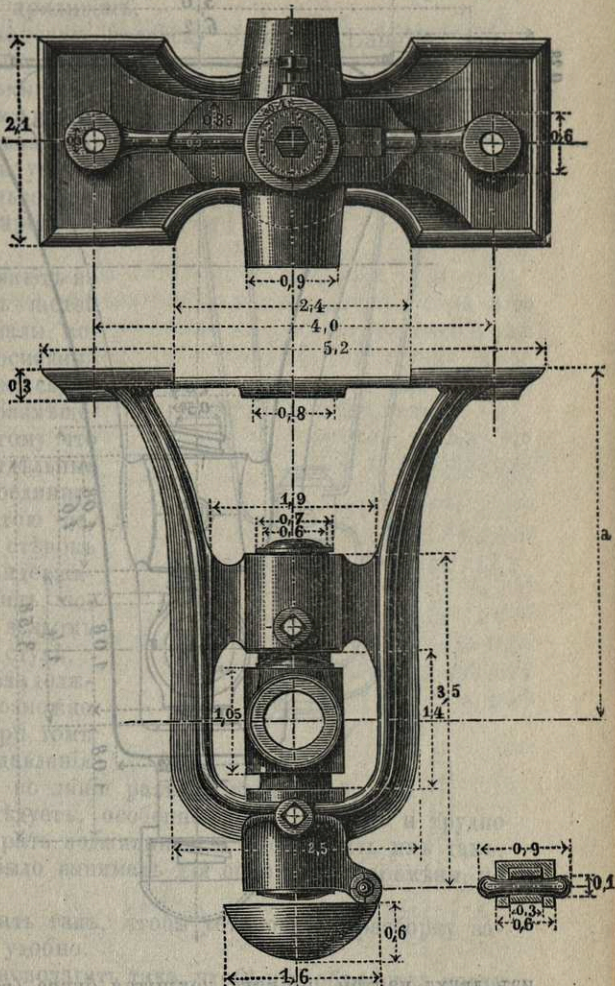
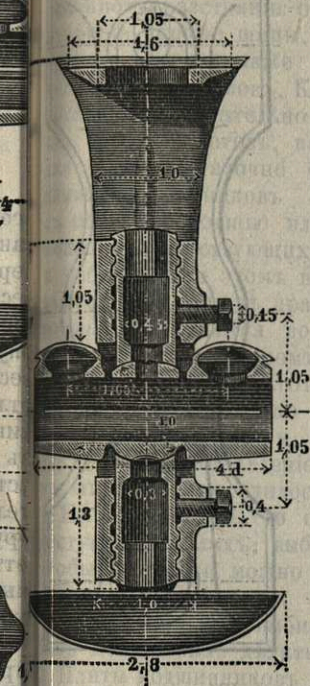


Настѣнный подшипникъ Селлеса.

чугунныхъ вкладышахъ нужно обратить серьезное вниманіе на ихъ смазку, иначе они скоро истираются; смазка однако весьма удобна и требуетъ очень мало масла, ибо вслѣдствіе малаго давленія на единицу площади масло не выжимается, облегаешь шейку ровнымъ слоемъ. По Селлерсу
Фиг. 75—77.

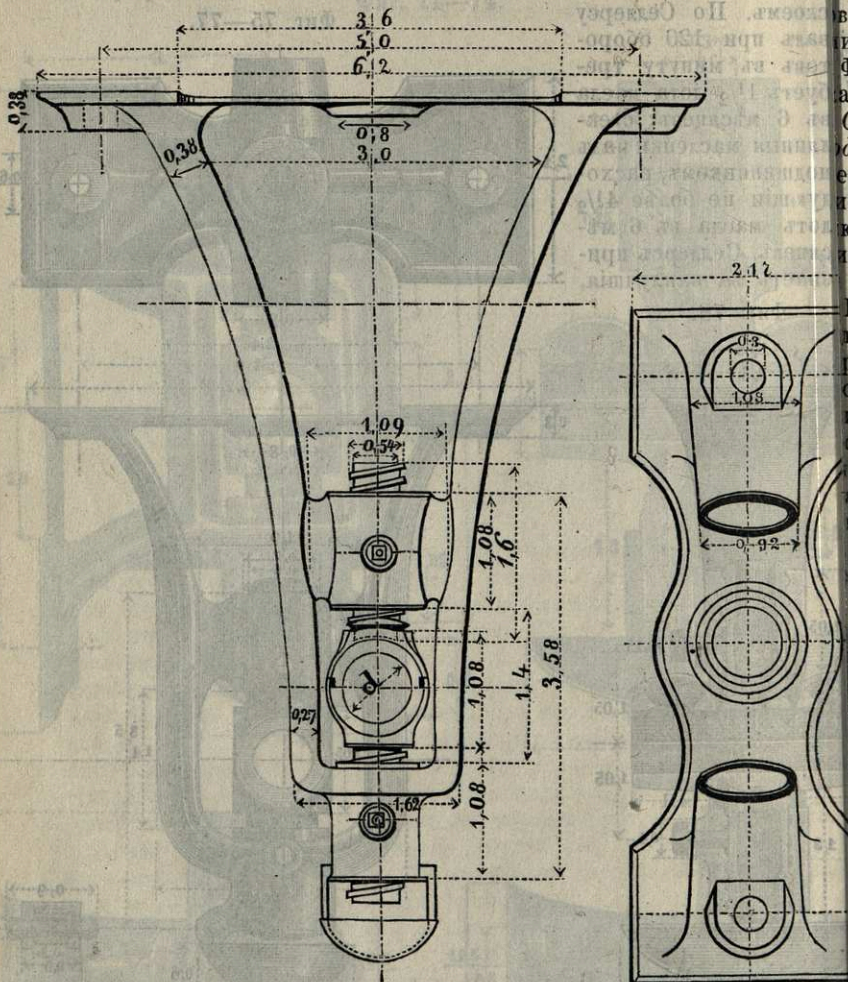


Фиг. 78.



Подвѣски Селлерса для верхнихъ приводовъ къ машинамъ орудіямъ. Здѣсь вкладываніе вала возможно сбоку, но вслѣдствіе легкости работы и незначительности изнашиванія вкладыши дѣлаются не

Фиг. 79—80.



изъ двухъ частей, но какъ закрытая бокса (штука). Тѣло вкладыша удерживается крышкою, которая закрѣпляется винтомъ. Чашка для стекающаго масла отлита вмѣстѣ съ тѣломъ подвѣски; цѣлесообразно было бы прибавленіе крантика для спуска масла. Тѣло подвѣски имѣетъ плечо для принятія отводки къ ремнямъ.

Не менѣе изящными формами обладаютъ подшипники и подвѣски другого американскаго фабриканта Крессона (фиг. 68—70). Единица для подвѣски Крессона $d_1 = 5 + 1,5 d$. Подшипники Селлерса и

рессона почти тождественны въ конструкціи и формѣ, подвѣски же рессона (фиг. 79—80) отличаются отъ Селлерсовыхъ тѣмъ, что онѣ дѣлаются пустотѣлыми; а винты установочные, равно и втулки къ, имѣютъ отливную нартѣзку по всей ихъ длинѣ. Ключи для винтовъ этихъ подвѣсокъ есть простая чугунная ручка съ квадратнымъ и же шестиугольнымъ приливомъ.

Фиг. 73 даетъ американскую подвѣску Jones et Langlin, допускающую боковую закладку валовъ.

Стулья или подставки подъ подшипники. Подъ такимъ названіемъ подразумѣвается такая машинная часть, на которой укрѣпляются одинъ или нѣсколько подшипниковъ. При проектированіи поступаютъ такъ:

Прежде всего вычерчиваютъ на данномъ разстояніи отъ частей роенія данные шипы, валы, кося и пр., а также основныя шипы подшипниковъ. Какъ скоро слѣдствія окончательно размѣщены, то стулъ готовъ, потому что этого достаточно отдѣльныя шипы подшипниковъ соединить общемою основною плитою по шлю соответствующихъ стѣнокъ реберъ. При этомъ придерживаются слѣдующихъ правилъ, которыя соблюдаются во всякомъ рошѣ расположенномъ стулѣ.

Подшипники каждаго вала должны размѣщать сколько возможно ближе къ колесамъ и при томъ такъ, чтобы направленіе давленія шипы не приходилось по линіи разѣма вкладышей.

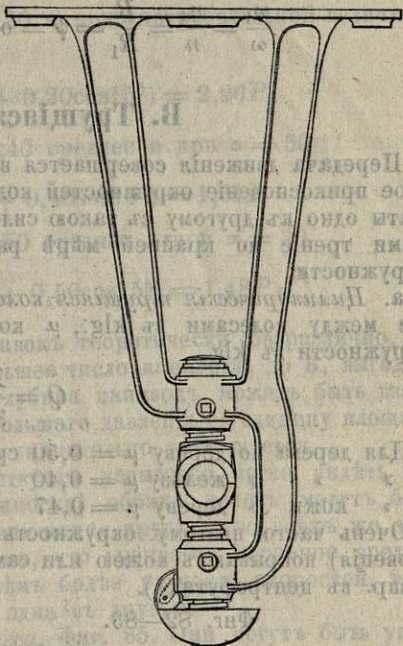
Если возможно, то слѣдуетъ, особенно при тяжелыхъ и трудно ступныхъ валахъ, выбирать подшипники и располагать ихъ такъ, чтобы вкладыши можно было вынимать для осмотра и перемѣны, не снимая самые валы.

Форму стульевъ выбирать такъ, чтобы установку и разборку вала можно было дѣлать удобно.

Плиты подшипниковъ располагать такъ, чтобы ихъ обработка могла дѣлаться скоро и дешево.

Какъ основная единица для толщины стѣнокъ служить эмпирическая формула $\delta = 10 + 0,07 d$.

Фиг. 81.



*) Для облегченія закладки валовъ при установкѣ приводовъ Крессонъ разламываетъ подвѣску въ частяхъ, соединяющихъ обѣ головки для установочныхъ чугунныхъ винтовъ, и потому скрѣпляетъ ихъ обмкновен. вянтами.

IV. Колеса.

А. Общія положенія.

Обозначимъ: R, R_1 радиусы начальныхъ окружностей двухъ колесъ ω, ω_1 ихъ угловыя скорости; n и n_1 числа оборотовъ въ минуту; то существуютъ слѣдующія соотношенія:

$$\frac{\omega_1}{\omega} = \frac{n_1}{n} = \frac{R}{R_1} = \psi = \text{отношеніе передачи.}$$

В. Трущія колеса.

Передача движенія совершается въ трущихся колесахъ чрезъ простое прикосновеніе окружностей колесъ, которыя должны быть нажаты одно къ другому съ такою силою, чтобы проявляющееся между ними треніе по крайней мѣрѣ равнялось передаваемой силѣ на окружности.

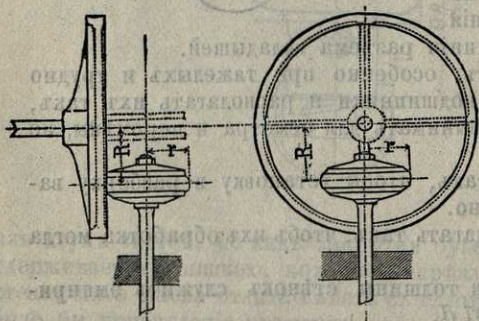
а. *Цилиндрическія трущія колеса.* Пусть: Q радіальное давленіе между колесами въ kg ., μ коэффициентъ тренія, P сила на окружности въ kg .

$$Q = \frac{P}{\mu}$$

Для дерева по дереву $\mu = 0,50$ среднее, такъ что $Q = 2P$
 » » » желѣзу $\mu = 0,40$ » » » $Q = 2,5P$
 » кожи » дереву $\mu = 0,47$ » » » $Q = 2,14P$

Очень часто поэтому окружность колеса (поверхность сопряженія) покрываютъ кожей или самое колесо набираютъ изъ кожи (напр. въ центрофутахъ).

Фиг. 82—83.



Фиг. 84.



При вычисленіяхъ слѣдуетъ для надежности принимать μ въ 2 раза меньше.

Для полученія постепенно возрастающей скорости (въ центрофутахъ) употребляютъ трущія колеса, изъ коихъ меньшее (большое

частію кожаное) катается на другомъ правильно обточенномъ и передвигается радіально. Движеніе всегда сообщается отъ большаго колеса (фиг. 82—83). Это плоское колесо (дискъ) можетъ также переходить въ форму трущихся конусовъ.

б. *Клиноватые колеса* (фиг. 84). Пусть α уголъ клинообразныхъ канавокъ, то необходимое давленіе

$$Q = \frac{P}{\mu} \left(\sin \frac{\alpha}{2} + \mu \cos \frac{\alpha}{2} \right)$$

Для желѣза по желѣзу $\mu = 0,20$ и при употребительной величинѣ $\alpha = 30^\circ$ (и менѣе).

$$Q = \frac{P}{0,20} (\sin 15^\circ + 0,20 \cos 15^\circ) = 2,26P$$

Для дерева по желѣзу $\mu = 0,40$ среднее и при $\alpha = 30^\circ$

$$Q = \frac{P}{0,40} (\sin 15^\circ + 0,40 \cos 15^\circ) = 1,61P$$

Для дерева по дереву $\mu = 0,50$ среднее и при $\alpha = 30^\circ$

$$Q = \frac{P}{0,50} (\sin 15^\circ + 0,50 \cos 15^\circ) = 1,48P$$

Число клинообразныхъ канавокъ теоретически безразлично, но для исполненія, напротивъ, большее число канавокъ, до 6, выгодно, такъ какъ въ этомъ случаѣ глубина канавокъ можетъ быть взята менѣе, не требуется слишкомъ большаго давленія на единицу площади и вмѣстѣ съ тѣмъ изнашиваніе значительно уменьшается.

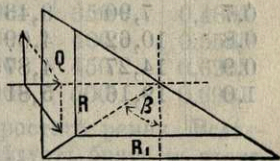
Что глубина канавокъ дѣйствуетъ невыгодно, легко видѣть изъ того, что скорости (на окружности) обоихъ колесъ могутъ быть равны лишь въ двухъ соприкасающихся кругахъ; во всѣхъ же другихъ кругахъ скорости не равны, что вызываетъ неравное вредное треніе, которое тѣмъ болѣе, чѣмъ болѣе разность скоростей, т. е. чѣмъ глубже входятъ канавки одна въ другую.

с. *Коническія трущиеся колеса*. Фиг. 85. Они могутъ быть употребляемы при осяхъ, пересѣкающихся подъ прямымъ угломъ. Осовое давленіе

$$Q = \frac{1}{\mu} P \cos \beta = \frac{1}{\mu} P \sqrt{\frac{1}{1 + \left(\frac{R_1}{R} \right)^2}}$$

гдѣ R радіусъ нажимающаго колеса, R_1 радіусъ другаго. Для μ прежнія величины.

Фиг. 85.



Примѣчаніе. Въ одномъ рельсовомъ заводѣ пара клиноватыхъ колесъ $D = 49''$ и $d = 19,5''$ ($17,25''$), $B = 12,25''$ ($11,5''$), и число канавокъ 11 много лѣтъ передавала движеніе къ круглымъ пиламъ для обрѣзки концовъ рельсовъ отъ паровой машины съ $d_1 = 18,5''$ и $l = 24''$.

С. Ременная передача.

а. Расчет ремней.

1. Натяжения ремней. Теоретически натяжения ремня:

$$\text{въ ведущемъ концѣ } T = \frac{\tau}{\tau - 1} = P \left(1 + \frac{t}{P} \right) P,$$

$$\text{въ ведомомъ концѣ } t = \frac{1}{\tau - 1} P.$$

$$\text{въ состояніи покоя } T_0 = 0,5 \frac{T + t}{P} \times P = 0,5 \frac{\tau + 1}{\tau - 1},$$

Здѣсь $\tau = 2\pi\mu\varphi$; $e = 2,71828$ основаніе натуральныхъ логарифмовъ;
 μ — коэф. скользачаго тренія между ремнемъ и шхивомъ; φ отно-
 шеніе дуги, охваченной ремнемъ на меньшемъ шхивѣ, ко всей его
 окружности. При этомъ P берется изъ $P = 716200 \frac{N}{nR}$.

Таблица величинъ τ .

Отношеніе охва- ченной дуги къ окружности	Обыкн. жирные ремни		Блажный ремень по шхиву.	Сильно просаен- ный ремень по чу- гунному шхиву.	Пеньковый шнуръ.		Желѣзная торм. лента по чугу- н.
	по дере- вянному шхиву	по чугу- нному шхиву	по чугу- н.	по чугу- н.	по необ- работан- ному де- реву.	по поли- рованно- му де- реву.	Желѣзная торм. лента по чугу- н.
$e =$	$\mu = 0,47$ $\tau =$	$\mu = 0,29$ $\tau =$	$\mu = 0,38$ $\tau =$	$\mu = 0,12$ $\tau =$	$\mu = 0,50$ $\tau =$	$\mu = 33$ $\tau =$	$\mu = 0,1$ $\tau =$
0,2	1,80	1,42	1,61	1,16	1,87	1,51	1,25
0,3	2,43	1,69	2,05	1,25	2,57	1,86	1,40
0,4	3,26	2,02	2,60	1,35	3,51	2,29	1,57
0,5	4,38	2,41	3,30	1,46	4,81	2,82	1,76
0,6	5,88	2,81	4,19	1,57	6,59	3,47	1,97
0,7	7,90	3,43	5,32	1,66	9,00	4,27	2,21
0,8	10,62	4,09	6,75	1,83	12,34	5,25	2,47
0,9	14,27	4,87	8,57	1,97	16,90	6,46	2,77
1,0	19,16	5,81	10,89	2,12	23,14	7,95	3,10

Потеря отъ скольженія ремня бываетъ $0,005P$ до $0,03P$. Въ обык-
 новенныхъ случаяхъ при открытомъ ремнѣ φ понижается иногда до
 0,4 (въ скрещенныхъ ремняхъ φ всегда болѣе чѣмъ 0,5).

Если примемъ (для надежности), для обыкновеннаго жирнаго ремня μ
 только $= 0,25$, то при $\varphi = 0,45$ (какъ наичаще встрѣчающаяся
 средняя величина) $\tau = 2$, такъ что натяженія будутъ

$$T = 2P; t = P; T_0 = 1,5P.$$

2. *Размеры ремня.* Если b ширина и δ толщина ремня въ мм. и s . вызываемое силою P допускаемое напряженіе въ klg. на кв. мм. стѣненія ремня, то

$$b = \frac{T}{\delta s} = \frac{2P}{\delta s} = \frac{75N}{\delta s v} \times 2 = \frac{716200N}{\delta s n R} \times 2$$

Здѣсь $s = 0,200$ до $0,250$ klg. на кв. мм. и $\delta = 4$ до 8 мм. Откуда слѣдующая таблица для простыхъ кожаныхъ ремней:

Ширина ремня b въ мм.	Толщина ремня δ въ мм.	$s = 0,200$ klg. на кв. мм.			$s = 0,250$ klg. на кв. мм.		
		Передаваемая сила на 1 мм. шир. ремня въ klg.	Вся передаваемая сила P въ klg.	Величина $\frac{N}{1000 Rn}$	Передаваемая сила на 1 мм. шир. ремня въ klg.	Вся передаваемая сила P въ klg.	Величина $\frac{N}{1000 Rn}$
50	4	0,4	20	0,0279	0,5	25	0,0349
60	4	0,4	24	0,0335	0,5	30	0,0419
70	5	0,5	35	0,0489	0,625	43,75	0,0611
80	5	0,5	40	0,0558	0,625	50	0,0698
90	6	0,6	54	0,0754	0,75	67,5	0,0942
100	6	0,6	60	0,0837	0,75	75	0,1047
110	6	0,6	66	0,0922	0,75	82,5	0,1152
120	7	0,7	84	0,1173	0,875	105	0,1466
130	7	0,7	91	0,1271	0,875	113,75	0,1588
140	7	0,7	98	0,1368	0,875	122,5	0,1710
160	7	0,7	112	0,1564	0,875	140	0,1955
180	7	0,7	126	0,1759	0,875	157,5	0,2199
200	7	0,7	140	0,1955	0,875	175	0,2444
220	8	0,8	176	0,2458	1,00	220	0,3072
240	8	0,8	192	0,2681	1,00	240	0,3351
260	8	0,8	208	0,2904	1,00	260	0,3630
280	8	0,8	224	0,3128	1,00	280	0,3910
300	8	0,8	240	0,3351	1,00	300	0,4189
320	8	0,8	256	0,3575	1,00	320	0,4468
350	8	0,8	280	0,3910	1,00	350	0,4887
400	8	0,8	320	0,4468	1,00	400	0,5585
450	8	0,8	360	0,5027	1,00	450	0,6283
500	8	0,8	400	0,5585	1,00	500	0,6981

Ширина двойного ремня = $0,7$ ширины простаго ремня. Вслѣдствіе большей жесткости двойного ремня не слѣдуетъ брать въ этомъ случаѣ слишкомъ малый радіусъ шкива.

3. Что касается скорости ремня, то чаще всего $v = 6$ метр., выгодная величина $v = 8$ м., иногда допускается $v = 10$ м. Большія скорости только для прокатныхъ машинъ $v = 25$ какъ наибыводнѣйшая и $v = 30$ м. до 32 какъ предѣльная. Предѣльная передаваемая сила при 200 мм. = b будетъ $N_{\max} = \frac{0,25 \times 7 \times 32.200}{75} = 147$ лош. силъ. Въ заводѣ Rachecourt ремни 350 и 400 мм. ши-

риною и 6 мм. толщиною съ бордюрами на краяхъ 80 мм. шириною при скорости 26 метр. передають силу 90 и 100 лш.

4. Каучуковые ремни имѣются въ торговлѣ до 90 метр. длиною и до 750 мм. шириною. Они имѣють

$n = 2 \ 3 \ 4 \ 5 \ 6 \ 7 \ 8 \ 10$ бумажныхъ прокладокъ
при $\delta = 4 \ 5 \ 7 \ 8 \ 9 \ 10 \ 11 \ 13$ мм. толщины ремня.

Прочное сопротивление ихъ можно брать $s = 0,36$ килогр.

5. Потеря работы при ременной передачѣ, если d и d_1 диаметры валовъ

отъ жесткости ремня $S_p = 0,01\delta \cdot b \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{r} \right)$

отъ тренія шиповъ $F_p = 0,165 \left(\frac{d}{R} + \frac{d_1}{r} \right)$

отъ потери скор. (отъ скольж.) $S_g = \frac{0,5}{1 + \frac{E}{s}} = \frac{0,5}{1 + \frac{15}{0,26}} = 0,01$.

гдѣ $E = 15$ модуль упругости кожи. При хорошо расположенной передачѣ простымъ ремнемъ:

$\left. \begin{array}{l} S = 0,03 \text{ или } 3\% \\ F_p = 0,06 \text{ » } 6\% \\ S^p = 0,01 \text{ » } 1\% \end{array} \right\} \text{ Сумма потерь} = 0,10 = 10\%.$

б. Конструкція шхивовъ (Reuleaux).

1. Радиусы шхивовъ выбираются такъ, чтобы потеря работы отъ жесткости была не болѣе 3% для простаго ремня и 6% для двойнаго, а для этого $\frac{b}{R} \leq \frac{0,7}{1 + \frac{r}{R}}$.

2) Ободъ шхива. Ширина обода шхива $B = \frac{5}{4}b$ или $= 20 + 1,1b$. Выпуклость обода очерчивается радиусомъ $= 5B$ (при чемъ высота ея $s_1 =$ около $0,05b$ или же $\frac{1}{3}\sqrt{B}$). Толщина обода на краю $e_1 = 2 + 0,0125b$. Коничность внутри обода $= e_1$ или толщина на срединѣ $e = 4 + 0,075b$. Для желѣзо прокатныхъ машинъ на $\frac{1}{4}$ больше.

3) Ручки шхива. Число ручекъ $A = 0,5 \left(5 + \frac{R}{b} \right)$. Ширина ручки у вала $h = 6 + \frac{b}{4} + \frac{1}{10} \frac{R}{A}$, у обода $h_1 = \frac{2}{3}h$. Ручки получаютъ эллиптическое сѣченіе и отношеніе ширины къ толщинѣ 2:1.

4) Втулка. Толщина втулки $w = 10 + \frac{d}{6} + \frac{R}{50}$, а длина ея $l = 3B + 3$. Ширина шпонки $= 0,2d + 4$ мм. толщина $= 0,1d + 4$ мм. коничность 0,01 до 0,005.

По Унвайну: діаметръ шхова меньшаго не менѣе 18δ ; $A=3 + \frac{BD}{968}$,

$$= 0,864 \sqrt[3]{\frac{BD}{A}}, w = 0,006 + 0,28 \sqrt[3]{BD}.$$

с. Практическія замѣтки.

1) Обыкновенно ремни идутъ шероховатою стороною по шхиву, гладкою снаружи; 2) гдѣ можно, ведущая часть ремня должна быть внизу; 3) горизонтальные, наклонные и длинные ремни работаютъ лучше, чѣмъ вертикальные и короткіе; короткіе лучше дѣлать шире отъ 1,1 δ ; 4) тонкіе и при томъ широкіе ремни всегда выгоднѣе; ширина ремней не ограничена никакими предѣлами; двойные ремни допускають большее натяженіе, но менѣе гибки; бываютъ свыше 300 мм.; 5) если ремень обнимаетъ не половину окружности, то его ширина $b_1 = 1,5b$ при $\frac{1}{4}$ обнимаемой окружности; $b_1 = 1,2b$ при $\frac{1}{3}$ и $b_1 = 1,85b$ при $\frac{3}{4}$ окружности; 6) большіе шхивы работаютъ всегда лучше, чѣмъ маленькіе; 7) наименьшее разстояніе между шхивами $3R$ для открытаго ремня, $8R$ для скрещеннаго, если R радіусъ большаго изъ шхивовъ; 8) наибольшее разстояніе между валами не свыше 8—10 метр во избѣжаніе вредныхъ качаній ремня; 9) отводить ремень всегда нужно въ набѣгающемъ концѣ; 10) ремень работаетъ правильно, если сбѣгающій конецъ находится въ средней плоскости другого шхова; 11) при выпуклыхъ шхивахъ уклоненія отъ правильного направленія допускается на $0,5^\circ$ до $0,75^\circ$; 12) при натяжномъ блокѣ выгоднѣе помѣщать его на ведомомъ концѣ, а не на ведущемъ; 13) каучуковые ремни работаютъ какъ кожаные.

д. Натяжной блокъ.

Онъ служитъ для увеличенія натяженія ремня, и въ нѣкоторыхъ случаяхъ исключительно для полученія необходимаго натяженія ремня. Если Q есть давленіе, производимое блокомъ, и α уголъ образуемый ремнемъ при блокѣ, то

$$Q = 2S \cos \frac{\alpha}{2}$$

гдѣ $S = T$ для ведущаго или тянущаго конца, для ведомаго $S = t$. Если натяжной блокъ долженъ дѣйствовать только однимъ своимъ вѣсомъ G , то, дабы ремень могъ преодолевать сопротивленіе P ,

должно быть $G = \frac{Q}{\cos \beta}$, гдѣ β уголъ, образуемый линіею, дѣлящею уголъ α пополамъ, съ вертикальною линіею. Мы видимъ, что требуется менѣе силы, слѣд. выгоднѣе, если натяжной блокъ дѣйствуетъ на ведомый конецъ (сбѣгающій), но не на ведущій (набѣгающій).

е. Круглые передаточные ремни.

1) Если передаваемая сила P , приложенная къ окружности шхива, известна, то діаметръ ремня долженъ быть не менѣ

$$d = 4\sqrt{P}, \text{ гдѣ } P \text{ въ килогр. и } d \text{ въ mm.}$$

2) Желобокъ для ремня протачивается или полукруглый или лучше трапецевидный; въ послѣднемъ случаѣ боковыя стороны желобка образуютъ уголъ около 30° . Ширина обода блочка $= 2d$.

ф. Ременные передачи въ Америкѣ.

Въ Америкѣ употребляютъ ремни для передачи силы до 500 лошадей при ширинѣ до 1500 mm. Тамъ уже давно считаютъ, что ведущее натяженіе работающаго ремня зависитъ не только отъ натяженія ведомаго конца, но гораздо болѣе отъ атмосфернаго давленія, которое прижимаетъ ремень къ шхиву. Но это дѣйствіе зависитъ отъ гладкости шхива и ремня (первый всегда долженъ быть полированный, второй долженъ идти по шхиву гладкою плотною и крѣпкою стороною) отъ спокойнаго не бьющаго движенія вслѣдствіе хорошаго соединенія ремней и вывѣрки или центрировки шхивовъ и отъ величины поверхности соприкосновенія. По Stephen Rorer, если l длина ремня на маломъ шхивѣ (въ дюйм. или въ mm.), то ширина ремня въ дюймахъ $=$

Фиг. 86.

$$36000 \times \text{лошадиную силу}$$

$$\text{скор. ремня въ фут. въ мин.} \times \text{длина ремня на шхивѣ въ дюймахъ}$$

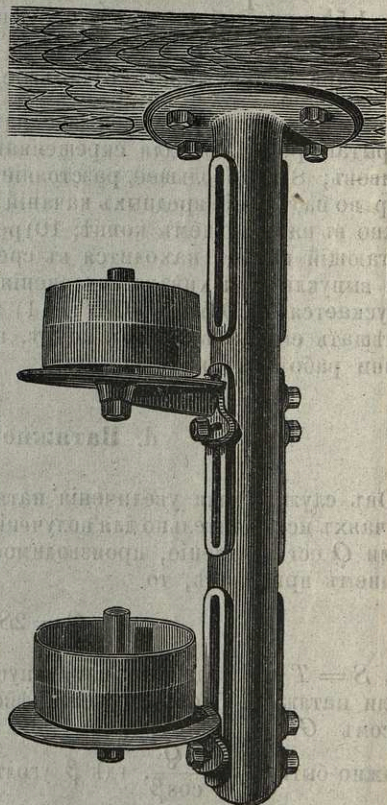
Для метрическихъ мѣръ

$$b = 236000 \frac{N}{v \cdot l} \text{ или } = 3147 \frac{P}{l}$$

Если l составляетъ половину окружности малаго шхива, то $b = 1000 \frac{P}{R}$

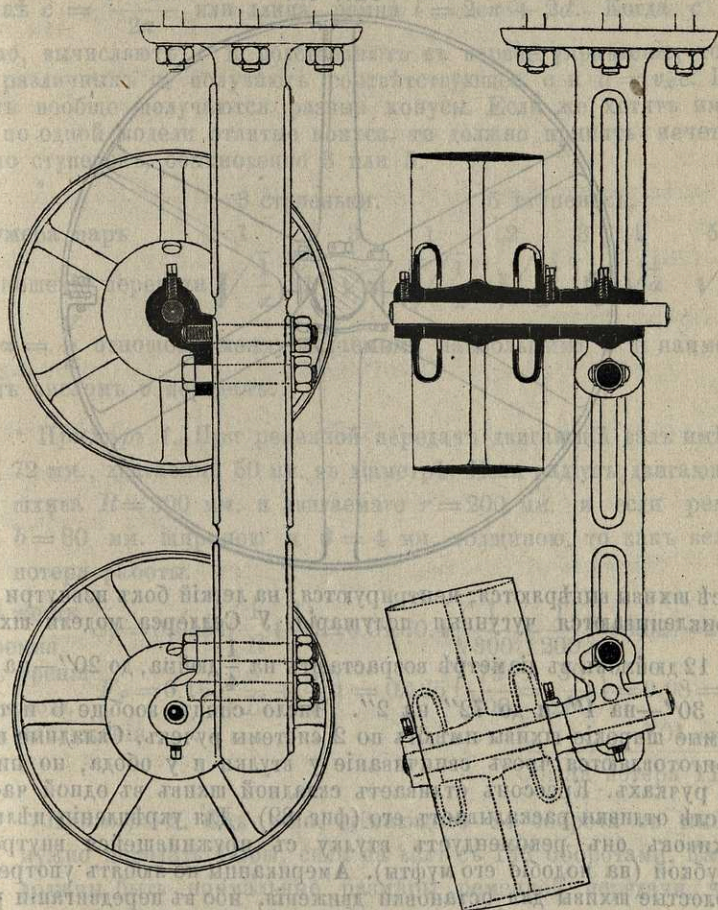
и идутъ до $b = 1250 \frac{P}{R}$ (по Радингеру); если b ширина ремня въ миллиметрахъ, но D въ метрахъ для

малаго шхива, то $b = 2 \frac{P}{D}$; Радингеръ нашелъ $b = 2,5 \frac{P}{D}$ гдѣ P сила



на окружности шкива въ klg. Здѣсь натяженіе ремня = среднее 1,5 klg. на 1 mm. ширины ремня. Американцы любятъ широкіе (до 1 м.) тонкіе ремни, но не двойные. Roper даетъ, что натяженіе

Фиг. 87—88.



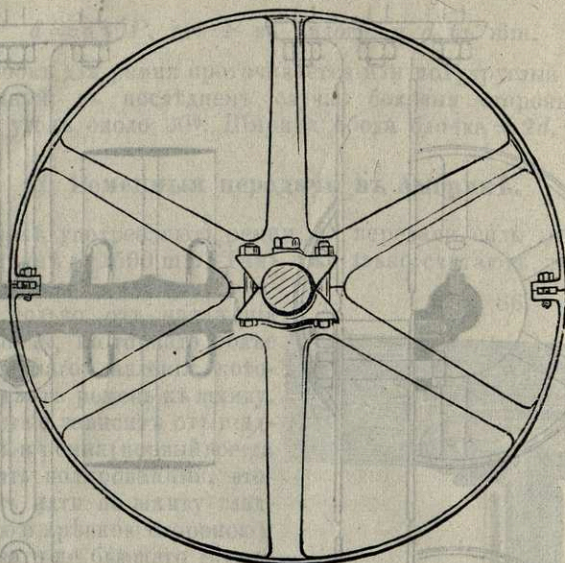
ремня можетъ простираться 1000 фунтовъ на дюймъ ширины (1,8 klg. на 1 mm. ширины), а скорость ремня до 1 мили въ минуту (30 м. въ секунду).

Въ Америкѣ передачи подь угломъ дѣлаются почти исключительно ремнями съ отводными шкивами, но не конич. зубчат. колесами. Часто употребляемыя подвѣски для отводныхъ шкивовъ, отъ 100 до 250 mm. ширин. показаны на фиг. 87—88. Возлѣ шкивовъ укрѣплены винтами двѣ масленки.

Самые шкивы въ Америкѣ дѣлаются вообще гораздо легче, съ прямыми ручками, съ тонкимъ ободомъ (при $D = 1,06$ мм. и $b = 360$ мм. толщина обода на срединѣ 6 мм., на краю 3 мм.); втулка при малыхъ

и узких шкивах закрепляется большею частью одним или двумя винтами; свыше 1,0 мм. в диаметр употребляется шпонка. Главные шкивы надвываются прессом и тогда обтачиваются окончательно.

Фиг. 89.



Все шкивы вывѣряются, центрируются; на легкой бокъ извнутри обода приклепываются чугунныя полушарія. У Селлерса модели шкивовъ до 12 дюймовъ в диаметръ возрастаютъ на $\frac{1}{4}$ дюйма, до 20" — на $\frac{1}{2}$ дюйма, до 30" — на 1" и до 72" на 2". Число спицъ вообще 6 и только самыя широкіе шкивы имѣютъ по 2 системы ручекъ. Складные шкивы приготавливаются чрезъ свинчиваніе у втулки и у обода, но никогда въ ручкахъ. Крессонъ отликаетъ складной шкивъ въ одной части и послѣ отливки раскалываетъ его (фиг. 89). Для укрѣпленія цѣльных шкивовъ онъ рекомендуетъ втулку съ пружинящейся внутренней трубкой (на подобіе его муфты). Американцы не любятъ употреблять холостые шкивы для остановки движенія, ибо въ передвижаніи ремня видятъ главную причину его порчи; они стремятся сберечь ремень подшипники и масло во время остановки. Проще всего это достигается помощью натяжныхъ блоковъ.

г. Ступенчатые шкивы (конусы).

При скрещенномъ ремнѣ сумма радиусовъ каждой пары вмѣстѣ работающих ступенекъ есть постоянная величина $a + c = a_1 + c_1 = a_2 + c_2 = a_3 + c_3$ и т. д. При открытомъ ремнѣ, если d разстояніе между осями и $v_x = \frac{a_x}{c_x}$ отношеніе радиусовъ вмѣстѣ работающих

ступенекъ, то приблизительно $s_x = \frac{l - 2d}{\pi(v_x + 1)}$. При всѣхъ конусахъ имѣется пара ступенекъ равной величины, гдѣ $v_x = 1$ и въ этомъ случаѣ $s = \frac{l - 2d}{2\pi}$ или длина ремня $l = 2\pi + 2d$. Когда s выбрано, вычисляютъ l и подставляютъ въ первое уравненіе; тогда для различныхъ v_x получаютъ соответствующее s и $a = v_x s$. При этомъ вообще получаются разные конусы. Если же хотять имѣть два по одной модели отлитые конуса, то должно принять нечетное число ступенекъ, обыкновенно 3 или 5.

3 ступеньки.

5 ступенекъ.

Нумера паръ

1 2 3 1 2 3 4 5

Отношеніе передачи $\sqrt[3]{\frac{1}{\alpha}}$ 1 $\sqrt{\alpha}$ $\sqrt[3]{\frac{1}{\alpha}}$ $\sqrt[4]{\frac{1}{\alpha}}$ 1 $\sqrt[4]{\alpha}$ $\sqrt{\alpha}$

гдѣ $\alpha = \frac{V}{v}$ отношеніе между желаемымъ наибольшимъ V и наименьшимъ числомъ v передачъ.

Примѣръ 1. При ременной передачѣ двигающій валъ имѣетъ 72 мм., двигаемый 50 мм. въ діаметрѣ. Если радіусъ двигающаго шкива $R = 300$ мм. и двигаемаго $r = 200$ мм. и если ремень $b = 80$ мм. шириною и $\delta = 4$ мм. толщиною, то какъ велика потеря работы.

Отъ жестк. ремня $S_p = 0,01b\delta \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{r} \right) = 0,01 \cdot 80 \cdot 4 \left(\frac{1}{300} + \frac{1}{200} \right) = 0,027 = 2,7\%$

Отъ тренія шиповъ $F_p = 0,165 \left(\frac{d}{R} + \frac{d_1}{r} \right) = 0,165 \left(\frac{72}{300} + \frac{50}{200} \right) = 0,08 = 8\%$

Отъ скольженія 0,01 = 1%

Общая потеря 11,7%

Примѣръ 2. Отъ вала, дѣлающаго 84 оборота въ минуту, нужно передать 4 лш. силы на валъ съ 136 оборотами. Каковы должны быть нормальные размѣры ременной передачи, чтобъ сумма потерь работы не была болѣе 10%.

$n = 84$; $n_1 = 136$; $\frac{R}{r} = \frac{n_1}{n} = \frac{136}{84} = 1,62$. Примемъ сначала $R = 400$ мм.

Тогда $P = 716200 \frac{N}{Rn} = 716200 \frac{4}{400 \cdot 84} = 84$ килогр.; $b = \frac{2,2P}{\delta \cdot S} *$

$\frac{2,2 \times 84}{4,4 \times 0,26} = 162$ мм. Но при этомъ $\frac{b}{R} = \frac{162}{400} = 0,405$; тогда какъ

*) Здѣсь для надежности вмѣсто $2P$ взято $2,2P$ или 10% болѣе; толщина ремня взята средняя $s = 4,4$ мм.

нужно по уравненію $\frac{b}{R} \leq \frac{0,7}{1 + \frac{R}{r}} \leq 0,27$; слѣд. $R = 400$ очень малъ.

Примемъ $R = 500$ мм., то $P = 716200 \frac{N}{nR} = 716200 \frac{4}{84 \cdot 500} = 68$ klg. и $b = \frac{2,2P}{\delta \cdot s} = \frac{2,2 \cdot 68}{4,4 \times 0,26} = 130$ мм. При этомъ $\frac{b}{R} = \frac{145}{500} = 0,26$ и условіе $\frac{b}{R} \leq 0,27$ выполнено.

Далѣе радіусъ $r = \frac{84}{136} \times R = \frac{84}{136} \cdot 500 = 308$ мм. Толщина валовъ

$d = 120 \sqrt[4]{\frac{N}{n}} = \sqrt[4]{\frac{4}{84}} = 56$ мм. и $d_1 = 120 \sqrt[4]{\frac{N}{n_1}} = 120 \sqrt[4]{\frac{4}{136}} = 50$ мм.

Потеря работы:

Отъ жестк. ремня $S_r = 0,1b\delta \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{r} \right) = 0,1 \cdot 130 \cdot 4,5 \left(\frac{1}{500} + \frac{1}{308} \right) = 0,0286 = 2,90\%$
 » тренія $F_r = 0,165 \left(\frac{d}{R} + \frac{d_1}{r} \right) = 0,165 \left(\frac{56}{500} + \frac{50}{308} \right) = 0,0448 = 4,50\%$
 » скольженія ремня. 0,01 = 1%
 Сумма потерь 8,40%

Примръ 3. Отъ верхняго привода съ 120 оборотами въ минуту нужно передать 0,25 лш. силъ посредствомъ 5-ступеннаго конуса на шпиндель самоточки такимъ образомъ, чтобы этотъ шпиндель дѣлалъ наибольшее 3. 120 = 360 оборотовъ, наименьшее $\frac{1}{3} \cdot 120 = 40$ оборотовъ. Оба конуса должны быть отлиты по одной модели и оси находятся на разстояніи 3 метровъ.

Опредѣлить размѣры?

Наименьшее отношеніе передачи $v = \frac{40}{120} = \frac{1}{3} = 0,33$. Наибольшее $V = \frac{360}{120} = 3$, слѣдовательно $\alpha = \frac{V}{v} = \frac{3}{0,33} = 9$.

Нумера паръ	1	2	3	4	5
Отнош. перед.	$\sqrt[4]{\frac{1}{\alpha}} = \sqrt[4]{\frac{1}{9}}$	$\sqrt[4]{\frac{1}{\alpha}} = \sqrt[4]{\frac{1}{9}}$	1	$\sqrt[4]{\alpha} = \sqrt[4]{9}$	$\sqrt[4]{\alpha} = \sqrt[4]{9}$
	$\frac{1}{3}$	0,577	1	1,732	3

Ремень будетъ нагруженъ наибольшимъ образомъ тогда, когда работаетъ наименьшая ступенька; но при $\frac{a_3}{c_3} = \frac{1}{3}$ имѣемъ $\frac{b}{a_3} \leq \frac{0,7}{1 + \frac{1}{3}} = 0,525$.

Если примем $a_3 = 75$ мм., то $P = 716200 \frac{N}{\pi a_3} = 716200 \frac{0,25}{75.120} = 20$ klg. и ширина ремня $b = \frac{2,2P}{\delta \cdot s} = \frac{2,2 \cdot 20}{4,4 \cdot 0,26} = 40$ мм.; $\frac{b}{a_3} = \frac{40}{75} = 0,53$.

Так как условие $\frac{b}{a_3} \leq 0,525$ приблизительно выполнено, то a_3 избрано верно. Соответствующая ему ступенька другого конуса имеет радиус $C_3 = 3a_3 = 3 \cdot 75 = 225$ мм.

Длина ремня $l = \pi (v_x + 1) c_x + 2d = \pi \left(\frac{1}{3} + 1 \right) 225 + 2 \cdot 3000 = 942 + 6000 = 6942$ мм.

По общим формулам $c_x = \frac{l - 2d}{\pi (v_x + 1)} = \frac{942}{\pi (v_x + 1)}$ и $a_x = c_x v_x$ получим:

1 пара: $c_3 = \frac{942}{\pi \left(\frac{1}{3} + 1 \right)} = \frac{942.3}{\pi \cdot 4} = 225$ мм.; $a_3 = v_3 c_3 = \frac{1}{3} \cdot 225 = 75$ мм.

2 пара: $c_4 = \frac{942}{\pi (0,577 + 1)} = 190$ мм.; $a_4 = v_4 c_4 = 0,577 \cdot 190 = 110$ мм.

3 пара: $c_3 = \frac{942}{\pi (1 + 1)} = 150$ мм.; $a_3 = v_3 c_3 = 1 \times 150 = 150$ мм.

4 пара: $c_4 = \frac{942}{\pi (1,732 + 1)} = 110$ мм.; $a_2 = v_2 c_2 = 1,732 \times 110 = 190$ мм.

5 пара: $c_3 = \frac{942}{\pi (3 + 1)} = 75$ мм.; $a_3 = v_3 c_3 = 3 \times 75 = 225$ мм.

Д. Передача пеньковыми канатами.

1. Для передачи работы служат несколько, часто до 12 и более, канатов из пеньки или джута, которые работают один возле другого на канатном блоке или барабане, снабженном особою для каждого каната клинообразною канавкою. Радиус главного движущего барабана, служащего большею частью маховиком, бывает в 45—50 раз больше диаметра каната; радиус ведомого барабана в 22—25 раз больше толщины каната. Обыкновенно вся работа движущего вала передается несколькими группами канатов на различные главные приводные валы.

2. *Размеры каната.* Употребительнейшие диаметры канатов суть: $d = 35, 40, 45$ и 50 мм.; однако встречаются канаты до 70 мм. диаметром. Употребительная скорость каната $v = 10$ до 15 метр., для прокатных машин 30 мт. и более.

Пусть P полная передаваемая сила на окружности главного барабана в klg.; N передаваемая работа в лошадиных силах; n число оборотов движущего барабана в минуту; R радиус движущего барабана в мм.; i число канатов; $S = 0,08$ klg. допускаемое растягивающее напряжение на 1 кв. мм. поперечного сечения каната, а натяжения ведущего, ведомого и покоящегося каната

$$T = 2P : i ; t = P : i ; T_0 = 1,5P : i$$

Далѣ $0,25\pi d^2 S = T = 2P : i$; откуда діаметръ каната въ мм.:

$$d = 5,642 \sqrt{\frac{P}{i}} = 48,86 \sqrt{\frac{N}{v:i}} = 4775 \sqrt{\frac{N}{n} \frac{1}{iR}}$$

Въ средней изъ этихъ формулъ сдѣлаемъ $i = 1$; получимъ работу $N = vd^2 : 48,86^2 = 0,0004189 d^2 v$, которую можно передавать однимъ канатомъ. Отсюда вычислена слѣдующая таблица:

	$v = 10$ метр.	$v = 11$ метр.	$v = 12$ метр.	$v = 13$ метр.	$v = 14$ метр.	$v = 15$ метр.
Работа въ лошадиныхъ силахъ, которую можетъ передавать одинъ канатъ.						
$d = 35$ мм.	5,13	5,64	6,15	6,67	7,18	7,69
$d = 40$ »	6,70	7,37	8,04	8,71	9,38	10
$d = 45$ »	8,48	9,38	10,00	11,02	11,87	12,72
$d = 50$ »	10,47	11,52	12,56	13,61	14,66	15,70

Число канатовъ i берутъ по этой таблицѣ и по работѣ отдѣльныхъ двигаемыхъ главныхъ приводныхъ валовъ.

3. По Унвайну при благоприятныхъ условіяхъ можно передавать канатами весьма большую силу; допустимъ скорость на окружности маховика паровой машины 1525 метр. въ минуту: 20 канатовъ 0м,165 окружностію $\gamma = 0м,052$ діаметромъ передали бы силу 1000 лошадей. ширина обода была бы 1,5 м. Если скорость маховика уменьшится до 1220 м., то нужно 25 веревокъ для передачи той же силы. Употребивъ $d = 42\frac{1}{2}$ мм или $\gamma = 0,133$ м., то 20 веревками передали бы 666 лошадей при скорости 1525 м. въ минуту. Вообще сдѣланные до сихъ поръ опыты привели къ тому, что передача устанавливается всего лучше, если діаметръ блоковъ не менѣ 1,5 м., горизонтальное разстояніе между валами 10—12 м., а скорость каната достигаетъ 15 м. въ сек. Разстоянія между барабанами самое большое 20 метр. Канаты пригодны для передачи силы отъ главнаго вала на промежуточные и побочные, но не для дѣйствія машинъ орудій. Время ихъ службы при тщательномъ содержаніи $2\frac{1}{2}$ —3 года.

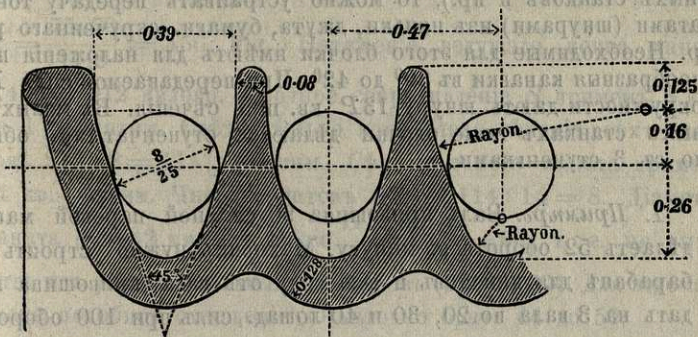
Сращиваніе ихъ должно дѣлать на длинѣ $2\frac{1}{2}$ до 3 метр.

4 Канаты должны быть мягкіе и упругіе, въ мѣстахъ сращиванія вполнѣ круглые, не должны крутиться при дѣйствіи и не лежать на днѣ канавокъ, но должны зажиматься въ нихъ клинообразно и соприкасаться съ боками канавокъ всегда однимъ и тѣмъ же мѣстомъ. Давленіе каната на барабанъ зависитъ наиболѣе отъ его вѣса. Никогда не натягиваются канаты столь сильно, чтобъ они сдѣлались

почти прямы; напротивъ они висятъ между блоками, образуя параболическія кривыя.

Нижнюю половину каната принимаютъ за ведущую, а верхнюю за ведомую; во время движенія обѣ половины сближаются и дуга

Фиг. 90.



прикосновенія на блокѣ увеличивается. Вообще канаты изъ Баденской чесаной пеньки суть самые лучшіе, но для тяжелыхъ канатовъ и влажныхъ помѣщеній рекомендуются канаты изъ манильской пеньки. Тѣ и другіе имѣютъ абсолютную крѣпость 1000 килогр. на квадрат. сантиметръ.

$d =$	25	30	35	40	45	50.	
Вѣсъ	0,50	0,60	1,00	1,30	1,80	2,10	Баденской пеньки.
метра	0,40	0,50	0,90	1,20	1,50	1,80	Манильской.

5. Блоки для канатовъ обыкновенно чугунные, и если двигатель паровая машина, то ея маховикъ имѣетъ на ободѣ проточенныя канавки; при этомъ діаметръ маховика въ 90—100 разъ больше діаметра каната. Діаметръ меньшаго барабана по крайней мѣрѣ $33d$. Если γ окружность каната, то по Унвайну ширина канавки для каната 0,47 γ ; верхняя часть среднихъ стѣнокъ толщиною 0,08 γ , а высотой 0,125 γ ; толщина крайнихъ стѣнокъ и дна 0,128 γ . Наклонъ стѣнокъ обыкновенно 45°. По Fehland'у уголъ = 30° для $d = 19$ —20 mm; = 40° для $d = 35$ —40 mm. и = 48°—50 при $d = 45$ —50 mm. Блоки до 2,5 мм. діаметромъ отливаются цѣльные; отъ 2,5 до 3,5 мм. изъ двухъ частей и свыше—свинчиваются изъ отдѣльныхъ сегментовъ. Необходимо, чтобы канавки имѣли одну и ту же форму и чтобъ канаты были одного діаметра; иначе канаты будутъ работать на разныхъ діаметровъ блоковъ и нѣкоторые изъ нихъ будутъ подвергаться чрезмѣрнымъ усиліямъ.

6. Хлопчатобумажные канаты употребляются для движенія катящихся крановъ. Канаты при діаметрѣ $D = 20$ mm. (какъ наибольшее) имѣютъ значительную скорость (v до 25 м. въ сек.) и находятся въ простомъ соприкосновеніи съ двигаемыми блоками, такъ что охватываемая дуга не свыше 0,05—0,1 окружности. Вслѣдствіе этого необходимое натяженіе T ведущаго конца каната должно быть велико (почти $T = 6P$ —12 P). Допускаемая нагрузка 0,3klg.

на кв. мм.; поэтому диаметр $D = 2,06 \sqrt{T}$. Блоки ведущие и направляющие получают диаметр по крайней мѣрѣ въ 15—20 разъ болѣе толщины каната.

7. Если передаваемая сила очень незначительна (какъ напр. въ швейныхъ машинахъ, въ движеніи регуляторовъ, для токарныхъ ножныхъ станковъ и пр.), то можно устраивать передачу тонкими канатами (шнурами) изъ пеньки, джута, бумаги, скрученнаго ремня и пр. Необходимые для этого блочки имѣютъ для наложенія шнура клинообразныя канавки въ 30^0 до 42^0 . При передаваемой силѣ P кг. на окружности даютъ шнуру $13P$ кв. мм. сѣченія. Въ малыхъ токарныхъ станкахъ такіе блочки дѣлаются ступенчатыми, обыкновенно съ 3 ступеньками.

1. *Примѣръ.* Валъ кривошипа 90 сильной паровой машины дѣлаетъ 52 оборота въ минуту. Маховикъ нужно устроить какъ барабанъ для канатовъ и всю силу отъ вала кривошипа передать на 3 вала по 20, 30 и 40 лошади. силъ при 100 оборотахъ въ минуту. Опредѣлить главные размѣры канатной передачи.

Здѣсь самое лучшее передавать по 10 лошади. силъ однимъ канатомъ, такъ что нужно $a = 2 + 3 + 4 = 9$ канатовъ.

Для $v = 12$ метр. таблица при $N = 10$ даетъ толщ. кан. $d = 45$ мм.
 $2R\pi n = 60v: R = \frac{600}{2\pi n} = \frac{60.12}{2\pi.52} = 2204$ метра $= 2204$ мм. Отношеніи $R = D = 98$.

Радиусъ ведомыхъ барабановъ $R_1 = \frac{52}{100} 2204 = 1146$ мм.

2. *Примѣръ.* Отъ маховика, дѣлающаго 60 оборотовъ въ 1 минуту, нужно передать 60 лош. силъ на 3 вала каждый при 110 оборотахъ на 1-й и 2-й по 15 силъ, на 3-й валъ 30. Опредѣлить главные размѣры?

Здѣсь выгодно передавать по $7\frac{1}{2}$ силъ на канатъ, такъ что нужно $a = 2 + 2 + 4 = 8$ канатовъ.

Таблица даетъ $d = 40$ мм. при $v = 12$ м.; $R = \frac{60.12}{2\pi.60} = 1910$ мм.,

такъ что $\frac{R}{d} = \frac{1910}{40} = 48$ и $R_1 = \frac{60}{110} 1910 = 1040$ мм.

Мы могли бы также взять $d = 35$ мм. при $v = 15$ метр., при чемъ R было бы $= 2388$ мм. и $\frac{R}{d} = 68$, — отношеніе не согласное съ существующими конструкціями, какъ слишкомъ большое.

Можно также рассчитывать канатную передачу прямо по натяженію ведущаго конца (которое $= 2P$) и по допускаемому напряженію $S = 7$ до 10 кг. на 1 $\square$ сантим. поперечнаго сѣченія (ранѣе допущено $S = 8$ кг.).

Примѣръ. Нужно передать 70 лошадиных силъ отъ одного вала съ 56 оборотами къ другому. Диаметръ ведущаго блока (маховика паровой машины) примемъ $D = 3,6$ метра. Следовательно скорость $v = \frac{3,6 \cdot 3,14 \cdot 56}{60} = 11,3$ метра. Сила на окружности

$$K = \frac{75 \cdot 70}{11,3} = 456 \text{ klg.}$$

Натяженіе ведущаго конца каната $2 \cdot 456 = 912$ килогр. Прочное сопротивление S примемъ 8 klg. на 1 □ сантим. Следовательно поперечное сѣченіе всѣхъ канатовъ $912 : 8 = 114$ □ сантим. Сѣченіе одного каната примемъ 14 кв. сантим. Число канатовъ будетъ $114 : 14 = 8$. Диаметръ каната $d = 42$ мм. Отношеніе $\frac{D}{d} = \frac{3600}{42} = 86$, т. е. не выходитъ изъ употребительныхъ предѣловъ (90 до 100). Для ведомаго блока подобное отношеніе достаточно брать 44 до 50.

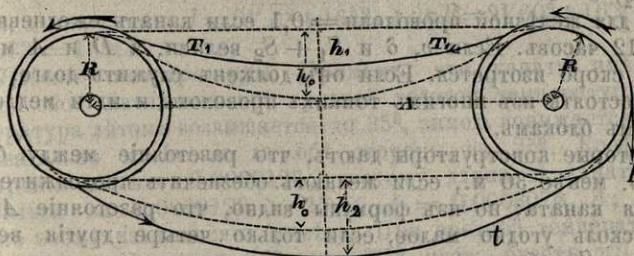
Е. Передача проволочными канатами.

Проволочные канаты. Служатъ для передачи большихъ силъ на разстояніе до 1000 метровъ. Наименьшее разстояніе между отдельными блоками 16, наибольшее дѣлается 100—120 метровъ, такъ чтобы длина канатовъ не превышала 200—240 метровъ. Канатъ виситъ между блоками, образуя дугу съ значительною стрѣлкою (провѣсъ) и собственнаго вѣса каната достаточно для воспроизведенія необходимаго тренія на блокахъ. Передача канатами дѣлается только между параллельными осями и обыкновенно блоками равной величины.

а. Горизонтальная проволочная передача.

Оба блока равной величины находятся въ одной вертикальной плоскости, а ихъ оси въ одной горизонтальной плоскости. Пусть T , t , T_0

Фиг. 91.



натяженія въ килогр. ведущаго и ведомаго концовъ и каната въ спокойномъ состояніи; N передаваемая сила въ лошадахъ, n число оборотовъ, R радиусъ блока въ мм., $P = 716200 \frac{N}{nR}$ сила на ок-

ружности блока въ килогр.; v скорость на окружности блока или скорость каната въ метрахъ; δ діаметръ проволоки въ мм. (обыкновенно $\delta = 0,9$ до 3 мм.); i число проволокъ въ канатъ (чаще всего $i = 36$); d діаметръ каната въ мм. S_1 натяженіе проволокъ (отъ растяженія) на 1 кв. мм. сѣченія въ килогр.; S_2 напряженіе отъ сгибанія или навиванія каната на блокъ; A горизонтальное разстояніе между двумя осями въ м.; h_1 h_2 h_0 провѣсы ведущаго и ведомаго концовъ и каната въ покоѣ въ м.; l полная длина каната на двухъ блокахъ.

б. Расчетъ каната.

1. Натяженія вычисляются также, какъ въ ременной передачѣ:

$$T = 2P; t = P; T_0 = 1,5P.$$

$$S_1 = \frac{2P}{\frac{\pi}{4}\delta^2 i} = 2,55 \frac{P}{\delta^2 i}; S_2 = \frac{10000\delta}{R}.$$

Потерю отъ скольженія можно пренебречь. Для желѣзныхъ передаточныхъ проволочныхъ катловъ обыкновенно $S_1 = 5$ до 7, не свыше 18 klg. на кв. мм. При маломъ разстояніи между блоками берутъ $S_1 < 1$, дабы h_1 не выходилъ слишкомъ малъ. Въ этомъ случаѣ задаются h_1 (не менѣе 0,5 mt) и вычисляютъ S_1 . Выгодно и должно брать $S = S_1 + S_2 = 18$ klg. на см (по Hütte = 27) и $S_2 : S_1 = 2$.

2. Толщина проволоки опредѣлится изъ

$$\delta = 1,6 \sqrt{\frac{P}{i S_1}} = 13,86 \sqrt{\frac{N}{i S_1 v}} = 1349 \sqrt{\frac{N}{i S_1 R n}} = 5,67 \sqrt[3]{\frac{S_2 N}{S_1 i n}}$$

Или при $S_1 = 6$; $S_2 = 12$ и $S_1 + S_2 = 18$ изъ

$$i \delta^2 = 0,425 P = 32 N : n; R = 833 \delta$$

3. Скорость каната рекомендуется для малыхъ силъ: $v = 6$ —10 метровъ въ секунду, для большихъ: $v = 25$ до 30 mm. По Reuleaux не должно превышать 32 м.

4. Время службы каната при непрерывномъ дѣйствіи почти =

$$\frac{C}{(S_1 + S_2)} \frac{A}{v} \frac{D}{\delta} \text{ годовъ, гдѣ } C \text{ постоянное, изъ опытовъ найденное}$$

число; для желѣзной проволоки = 0,1 если канатъ ежедневно работаетъ 12 часовъ. Если v , δ и $S_1 + S_2$ велики, а D и A малы, канатъ скоро изотрется. Если онъ долженъ служить долго, то долженъ состоять изъ многихъ тонкихъ проволокъ и идти медленно большими блоками.

Нѣкоторые конструкторы даютъ, что разстояніе между блоками не д. б. менѣе 30 м., если желаютъ обезпечить продолжительность дѣйствія каната; но изъ формулы видно, что разстояніе A можно брать сколь угодно малое, если только четыре другія величины D , d , v и S выбраны надлежащимъ образомъ.

а. Примеръ хорошаго расположенія. Пусть $A = 120$
 $D = 400$ cent. $d = 0,1$ cm, $S = 900$, $v = 4$ м. и принимая постоянное $C = 0,1$.

$$\text{время службы} \frac{0,1}{900} \frac{120}{4} \frac{400}{0,1} = 13,3 \text{ года}$$

β. *Примѣръ дурнаго расположенія.* Примемъ $A = 30 \text{ м.}$

$$D = 150 \text{ см. } d = 0,15 \text{ см. } S = 1500 \text{ klg., } v = 9 \text{ м.}$$

$$\text{время службы} \frac{0,1}{1500} + \frac{30}{9} + \frac{150}{0,15} = 0,22 \text{ года}$$

Первый канатъ слѣд. проработаетъ въ 60 разъ большее время чѣмъ второй

5. *Провѣсы каната* даются изъ:

$$h_1 = \frac{1}{912} \frac{A^2}{S_1} = \text{почти } 0,000179 A^2; h_2 = 0,000358 A; h_0 = 1,5 h_1 = 0,75 h_2.$$

6. *Полная длина каната* въ расчетъ на вытягиваніе каната берется нѣсколько менѣе, а именно въ метрахъ

$$l = 2 \left[\frac{\pi R}{1000} + A \left(1 + 2 \left(\frac{h_0}{A} \right)^2 \right) \right] \text{ или } = 2 \sqrt{A^2 + 16 h_0^2} + 2 \pi R$$

7. Если новый канатъ, будучи натянутъ, покажетъ въ состояніи покоя большій провѣсъ, чѣмъ получается h_0 , то натяженіе его слабо и онъ будетъ скользить; если же провѣсъ = получаемому вычисленіемъ h_0 , то его натяженіе правильно.

Примѣръ. Построить проволочную передачу для $N = 50$ лошадин. силъ при $A = 60 \text{ м.}$; оба вала дѣлаютъ по 80 оборотовъ.

Оси лежатъ на одной высотѣ.

$$i \delta^2 = 0,425 P; \text{ примемъ } i = 36 \text{ и радиусъ } = 833 \delta = R$$

$$36 \delta^2 = 0,425 \times 716200 \frac{N}{nR}; 36 \delta^2 = 0,425 \cdot 716200 \frac{50}{80 \cdot 833 \delta};$$

$$\delta = \sqrt[3]{\frac{0,425 \cdot 716200 \cdot 50}{36 \times 80 \times 833}} = 1,9 \text{ мм.}$$

$$R = 833 \delta = 833 \cdot 1,9 = 1583 \text{ мм.}; v = \frac{2 R \pi n}{60} = \frac{2 \cdot 1,583 \times \pi \times 80}{60} = 13,25 \text{ м.}$$

$$h_0 = 0,000238 A^2 = 0,967 \text{ м.}; h_1 = 0,000179 A^2 = 0,000179 \times 60^2 = 0,645; h_2 = 0,000358 \times 60^2 = 1,29 \text{ м.}$$

$$\text{Полная длина каната } l = 2 \sqrt{A^2 + 16 h_0^2} + 2 \pi R = 2 \sqrt{60^2 + 16 \times 0,967^2} + 2 \pi \cdot 1,583 = 130,34 \text{ метра.}$$

8. *Вліяніе температуры.* Примемъ, что канатъ имѣетъ правильное свое натяженіе при средней годовой температурѣ 10^0 C. Температура лѣтомъ возвышается до 35^0 , зимою понижается до -15^0 . Слѣдовательно измѣненіе въ обѣ стороны на 25^0 . Коэффициентъ расширенія желѣза 0,0000123; поэтому длина A каната будетъ измѣняться на $0,0000123 \times 25 \times A = 0,0003075 A$; соотвѣтственно этому измѣнится и провѣсъ. При средней температурѣ провѣсъ каната = h , при $+35^0$ или -15^0 пусть будетъ x ; половина длины каната = $\sqrt{a^2 + h^2}$, гдѣ a обозначаетъ половину разстоянія между блоками; далѣе та же половина въ другомъ случаѣ = $\sqrt{a^2 + x^2}$.

Но послѣдняя длина на величину $0,0003075a$ болѣе или меньше, чѣмъ первая. Слѣдовательно для опредѣленія x имѣемъ уравненіе $\sqrt{a^2 + x^2} = \sqrt{a^2 + h^2} \pm 0,0003075a$.

Примѣръ. Канатъ долженъ передать 20 лошади. силъ на разстояніе 72 метра.

Скорость каната въ секунду примемъ = 12 метр.

Сила на окружности $P = 75 \frac{20}{12} = 125$ килогра.

Натяженіе ведущаго конца $2 \times 150 = 250$ »

Натяженіе S_1 примемъ (на квадр. cent.) = 600 »

Поперечное сѣченіе всѣхъ проволокъ . . . $\frac{250}{600} = 0,4167$ □ см.

» » одной проволоки, при 36. = 0,01157 »

Диаметръ одной проволоки = 0,121 см.

» каната приблизительно въ 10 раз. болѣе = 1,21 »

» блока примемъ (вмѣсто 1666δ = 2015 мм.) = 400 »

Число оборотовъ блока въ минуту . . . $\frac{60 \times 12}{4 \times 3,14} = 57,8$ »

Натяженіе отъ сгибанія $S_2 = 2000000 \frac{0,121}{400} = 605$ klg.

Полное напряженіе каната $600 + 605 = 1205$,

Провѣсъ каната во время покоя $h = 0,000238 . A^2 = 1,23$ метра.

Измѣненіе длины a каната $= 0,0003075 . 36 . . . = 0,01107$ »

При $a = 36,^m h = 1,23$ имѣемъ

$$\sqrt{a^2 + X^2} = \sqrt{a^2 + h^2} \pm 0,000375a,$$

$$\sqrt{1296 + x^2} = \sqrt{1296 + 1,5129} \pm 0,01107,$$

для зимы $\sqrt{1296 + x^2} = 36,03208$ провѣсъ $x = 1,52$ м.

» лѣта $\sqrt{1296 + x^2} = 36,00994$ » $x = 0,84$ м.

Поэтому среднее напряженіе каната лѣтомъ $0,84 : 1,23 = 0,69$, — а зимою $1,52 : 1,23 = 1,24$ отъ правильнаго при 10^0 С. Изъ этого видно, что одинъ блокъ долженъ быть устроенъ такъ, чтобъ можно было давать канату лѣтомъ большее, зимою меньшее натяженіе.

β. Построеніе двигающихся блоковъ.

1. *Радиусъ* не долженъ быть меньше

$$R = \frac{10000}{S_2} \delta$$

при этомъ δ нужно опредѣлять изъ $\delta = 5,67 \sqrt{\frac{S_2 N}{S_1 \sin}}$ (по Hütte при $S_2 = 18$ klg. на кв. мм: $R_{\min} = 555\delta$). Выгодно для $S_2 : S_1 = 2$ и $S_2 = 12$ klg. на кв. мм: $R_{\min} = 833\delta$. Среднее $D : R = 1 : 16$, гдѣ D диаметръ шиповъ въ мм. Обыкновенно $2R = 3,5$ до $4,5$ м.; выше $2R = 4$ м колеса дѣлаются изъ двухъ частей.

2. Ободъ колеса часто дѣлають изъ дерева, при чемъ канатъ идетъ въ довольно широкой, обложенной кожей канавкѣ. Но лучше чугунный ободъ съ трапецеобразной канавкой, которая на днѣ снабжается деревянной или кожаной прокладкой, по которой и бѣгаетъ канатъ (прокладка не безусловно нужна) (фиг. 92).

$$n = d + 10; m = 2n = 2d + 20; p = 1,75n = 1,75d + 17,5; \\ S = 0,7n + 2 = u; x = 4 + 0,45d; W = 0,8n + 8 = 0,8d + 16.$$

Для прокладки лучше всего служить ива, которая вставляется короткими кусочками чрезъ боковое отверстіе въ ободъ колеса, — отверстіе потомъ задѣлывается. Для очень тяжелыхъ канатовъ берутъ охотно кожаную прокладку. Изъ старыхъ просаленныхъ приводныхъ ремней вырѣзываются трапецевидные кусочки и вставляются на ребро въ канавку.

3. Ручки колеса. Число A чугунныхъ ручекъ эмпирически:

$$A = 4 + 0,025R : d,$$

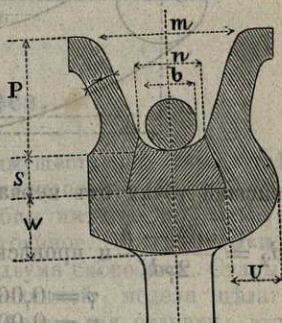
гдѣ d обозначаетъ діаметръ каната; ширина ручекъ овальнаго сѣченія у вала

$$e = 4d + 0,25R : A; \text{ у обода } = 0,66e$$

Толщина вездѣ = половинѣ ширины = $0,5e$. При крестообразномъ сѣченіи толщина главнаго ребра = $0,2e$ и боковаго = $(2:15)e$.

4. Втулка. Размѣры какъ въ шпихахъ для ремней.

Фиг. 92.



7. Построеніе поддерживающихъ блоковъ.

Для избѣжанія очень значительныхъ провѣсовъ можно употреблять особые поддерживающіе блоки чрезъ каждые 60 до 120 м. Еще лучше вмѣсто нихъ употреблять двойные (съ 2 канавками) блоки; такое расположеніе имѣетъ ту выгоду, что можно употребить нѣсколько короткихъ канатовъ вмѣсто одного длиннаго и что возможно удобное натягиваніе и легкая починка въ случаѣ разрыва каната.

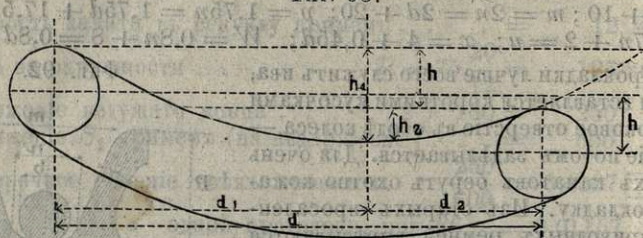
Въ тѣхъ случаяхъ, когда располагаемая высота подъ канатомъ недостаточна, можно уменьшить провѣсъ, натягивая канатъ сильнѣе, чѣмъ было бы нужно для избѣжанія его скольженія (чрезъ это естественно не только канатъ изотрется скорѣе, но и треніе въ шпихахъ будетъ больше) или нужно поставить поддерживающіе блоки.

Радиусъ поддерживающихъ блоковъ для ведущаго конца каната дѣлается равнымъ радиусу двигающихъ блоковъ, а для ведомаго $R_0 = 1000\delta : (18 - 0,5S_1)$. Конструкція поддерживающихъ блоковъ одинакова съ конструкціею двигающихъ блоковъ.

в. Косая канатная передача.

Если мы имѣемъ косою канатъ, такъ что центръ перваго блока находится выше центра втораго на h , то разстояніе наиболѣе про-

Фиг. 93.



висшей точки отъ перваго блока $d_1 = \frac{h + \varphi d_2}{2\varphi d}$ и отъ втораго блока

$d_2 = \frac{\varphi d^2 - h}{2\varphi d}$ и провѣсы $h^1_1 = \varphi d^2_1$ и $h^1_2 = \varphi d^2_2$, гдѣ

$\varphi = 0,000716$ для ведущаго каната

$\varphi = 0,001432$ » ведомаго »

$\varphi = 0,000952$ » покоющагося »

Кривая провѣса обыкновенно принимается за параболу.

с. Потеря работы отъ тренія.

По Унвайну она $h = 0,01 Hn + 0,025 H$, гдѣ H есть полная передаваемая сила въ паров. лошадяхъ и n число километровъ, на которое она передается.

Слѣдующая таблица содержитъ примѣры существующихъ передачъ.

	Канатъ.			Блоки.		Число передаваемыхъ силъ.	Разстояніе полное.		Скорость каната въ метр. въ секунду.
	Диаметръ Δ въ сантиметр.	Диаметръ δ проволоки въ сант.	Число проволокъ n .	Диаметръ $2R$ въ метрахъ.	Разстояніе между блоками въ метрахъ.		Горизонталь. но.	Вертикально.	
Oberursel.	1,5	0,150	36	3,75	120	94	960	44,50	22,50
Шафраузенъ.	2,4	0,183	80	4,50	101 до 139	326	608	»	18,90
Фрейбергъ.	2,46	0,178	90	4,50	153	300	764	82,00	19,80

д. Канаты для рудничныхъ подъемныхъ машинъ.

Полное напряженіе принимается значительно болѣе, чѣмъ для передатъ $S = 36$ до 40 klg. Радіусъ барабана = 100 до 70 разъ взятому діаметру каната.

Ленточные канаты (прямоугольнаго поперечнаго сѣченія, но какъ и круглые составленные изъ отдѣльныхъ стренгъ) накладываются при навиваніи не рядомъ, но одинъ слой на другой.

Скорость подниманія: до 10 мтр. при подъемѣ матеріала, до 7 мтр. при подъемѣ рабочихъ и служащихъ.

Е. Зубчатые колеса.

1. Зубчатые колеса употребляются преимущественно тамъ, гдѣ желаютъ, чтобы движеніе двухъ валовъ находилось въ каждый моментъ въ желаемомъ отношеніи. Если зубцы имѣютъ правильную форму, то отношеніе скорости будетъ постоянное. Колеса обыкновенно отливаются изъ чугуна и формуются двумя способами. Старый состоитъ въ тщательномъ построеніи деревянной модели цѣлаго колеса, по которой потомъ готовится форма для отливки; второй способъ позволяетъ формовать ободъ по модели, состоящей всего изъ 2 или 3 зубцевъ, при помощи машины для формовки колесъ. Модель зубцовъ укрѣпляется на ручкѣ, которая можетъ вращаться на желаемую часть окружности. Ручки колеса формуются по стержнямъ изъ сухаго песку, сформованнымъ въ стержневыхъ ящикахъ. Небольшія колеса отливаются съ сплошнымъ ободомъ, а зубцы потомъ вырѣзываются на зуборѣзной машинѣ. Колеса по модели менѣе правильны, чѣмъ колеса, сдѣланные при посредствѣ формовочной машины, потому что 1) дерево способно измѣняться и 2) для формовки необходимо давать зубцамъ коничность; при моделированіи слѣдовало бы ставить тонкую часть зубца одного колеса къ толстой другого, но эта предосторожность не всегда соблюдается и отъ этого зубцы соприкасаются одною стороною. Колеса, нарѣзанные на машинѣ, дороги. — Зубчатые колеса, вращающіеся съ большою скоростію, дѣлаются съ деревянными зубцами. Эти зубцы вставляются въ отверстія чугуннаго обода и потомъ обдѣлываются отъ руки; чугунные зубцы, работающіе съ деревянными, послѣ отливки вновь расчерчиваются, твердая кора срубается и зубцы опиливаются, чтобъ дать имъ вполне мягкую поверхность. Для колесъ, подвергающихся сотрясеніямъ и ударамъ, вмѣсто чугуна предпочитается бронза или фосфористая бронза. Иногда дѣлаютъ ихъ изъ ковкаго чугуна или даже изъ литой стали.

а. Зацѣпленіе цилиндрическихъ колесъ.

Основное условіе для формы зубцовъ. Зубцы двухъ сцепляющихся колесъ должны быть вычерчены такъ, чтобы отношеніе угловыхъ скоростей обоихъ колесъ было постоянно въ каждый моментъ дви-

женія. Такая передача движенія происходитъ тогда, когда общая нормаль къ сѣпляющимся кривымъ проходитъ постоянно чрезъ точку прикосновенія обоихъ начальныхъ круговъ.

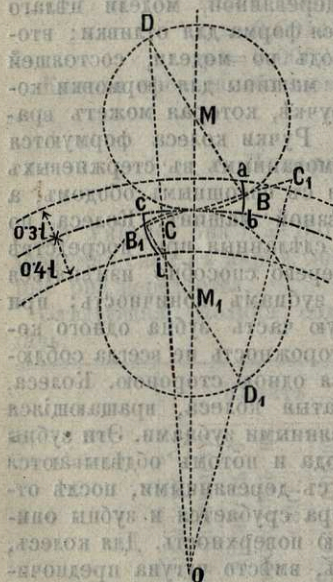
Цилиндрическія колеса, форма зубцовъ которыхъ выбрана такъ, что всѣ колеса одного и тоже шага работаютъ всегда правильно одно съ другимъ, называются *общими колесами* или *колесами серии* (Satzräder).

α) Циклоидальное зацѣпленіе.

1. *Внѣшнее циклоидальное зацѣпленіе.* Головка зуба очерчивается по эпициклоидѣ, ножка по гипоциклоидѣ. Катящіеся круги б. ч. равные. При циклоидальномъ зацѣпленіи число зубцовъ можно уменьшать до 7. Трѣніе зубцовъ наименьшее изъ всѣхъ зацѣпленій, однако необходима точная установка, т. е. точное правильное разстояніе между осями колесъ.

2. *Внутреннее циклоидальное зацѣпленіе.* Катящіеся круги, длина оловки и ножки берутся тѣ же, что въ наружномъ зацѣпленіи.

Фиг. 94.



Ножки очерчиваются по эпициклоидѣ, головки по гипоциклоидѣ. Наименьшее число зубцовъ 4—5.

3. *Циклоидальное зацѣпленіе для зубчатой рейки.* Въмѣсто эпициклоиды и гипоциклоиды головка и ножка очерчиваются по обыкновенной циклоидѣ. Наименьшее число зубцовъ 4—5.

4. *Выборъ катящихся или производящихъ круговъ.* Отъ выбора радіуса этихъ круговъ зависитъ форма зубцовъ. При внѣшнемъ зацѣпленіи получаются хорошіе зубцы, когда діаметръ производящихъ круговъ меньше радіусовъ соответственныхъ начальныхъ круговъ. При внутреннемъ зацѣпленіи производящій кругъ произволенъ; для колеса съ внѣшними зубцами меньше его радіуса. Построенныя по этимъ правиламъ колеса будутъ лишь *парныя* колеса. Общія же колеса (колеса серии) получатся въ томъ случаѣ, когда всѣ колеса равнаго шага имѣютъ равные производящіе круги; если t шагъ зубчатыхъ колесъ, то радіусъ производящаго круга $= 0,875t$. При такой величинѣ этотъ радіусъ равенъ половинѣ радіуса начального круга колеса съ 11 зубцами при шагѣ t ; профиль зубцовъ этого колеса будетъ поэтому радіальная прямая линия. Но еще можно дѣлать колеса серии даже при 7 зубцахъ, если пользоваться для ножки зуба только тою частію профиля зуба, которая необходима для зацѣпленія, а остальную вычерчивать обыкновеннымъ путемъ; для прочности снабжаютъ эти колеса боковыми шайбами.

5. Приближенное зацепление по дугамъ круга для серии колесъ съ внешними и внутренними зубцами. Такъ какъ чертить циклоидальныя кривыя при малыхъ размѣрахъ очень трудно, то прямо отыскиваютъ дуги круга, которыя приближаются къ дугамъ циклоиды. Слѣдующій способъ даетъ хорошіе зубы, если число ихъ равно или болѣе 15.

Подъ угломъ въ 30° къ линіи центровъ MM_1 чрезъ центры обоихъ катящихся круговъ проводимъ диаметры BD и B_1D_1 . Соединяемъ B съ B_1 прямою линіею и чрезъ точки D и D_1 проводимъ прямыя линіи OD и OD_1C_1 къ центру колеса; тогда

C есть центръ дуги aBb , образующей головку; C_1 — центръ дуги для ножки. Вычисленіемъ находимъ радиусъ кривизны изъ

$$\frac{\rho_1}{t} = 0,45 \frac{2z \pm 11}{z \pm 11}$$

Гдѣ знакъ $+$ для эписиклоиды, — для гипосиклоиды. При $z = 11$, $z - 11 = 0$; слѣд. $\rho_1 = \infty$, и дуга для ножки обращается въ прямую и радиальную линію.

6. Приближенное зацепление по Уиллису. (Фиг. 95). Отложивъ $sT = c_1 T = 0,5t$, провести радиусы

Фиг. 95.

начального круга cd и c_1d_1 и подъ угломъ къ нимъ въ $75^\circ 30'$ прямыя TC и TC_1 , по которымъ отложить $cC = \frac{t}{2} \frac{z}{z + 12}$

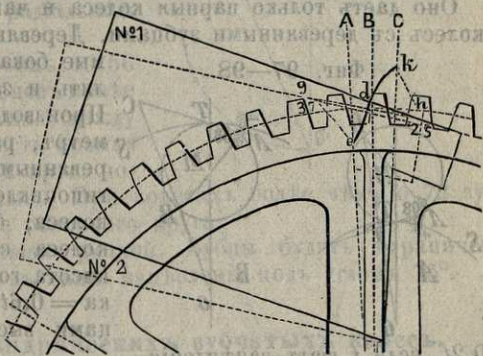
и $c_1C_1 = \frac{t}{2} \frac{z}{z - 12}$; далѣе опи-

сать изъ C радиусомъ CT дугу круга Tb , кривую выступа, и изъ C_1 радиусомъ C_1T дугу круга Ta кривую впадины зубца.

7. На этомъ основано употребленіе одонтографа. Инструментъ этотъ состоитъ изъ куска

Фиг. 96.

толстой плотной бумаги, одинъ край которой обрѣзанъ подъ 75° къ другому, раздѣленному на 20-я части дюйма въ обѣ стороны отъ точки пересѣченія T . Пусть дано колесо съ 61 зубцомъ при $t = 3$ д. Начертивъ начальные круги, проведемъ радиусы A и C въ разстояніи отъ $B = 0,5t$; ставимъ инструментъ въ положеніе № 2 и отыскиваемъ въ таблицѣ для ножекъ противъ 3 и 60 число 37; тогда ставимъ одну ножку циркуля въ d на 37-е дѣленіе и проводимъ дугу de для ножки. Для головки ставимъ инструментъ въ пол. № 1; отыскиваютъ въ другой таблицѣ для головокъ число 25 противъ 60 и 3; ставимъ циркуль въ h и про-



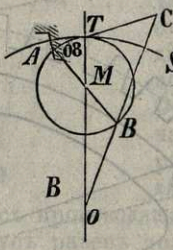
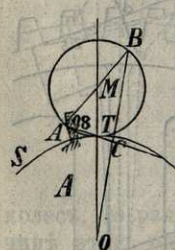
водимъ дугу kd головки зуба, фиг. 96. Таблицы относятся къ зацѣпленію внѣшнему, но можно ихъ употреблять и для колесъ съ внутреннимъ зацѣпленіемъ, ибо профиль головки внѣшняго зубца есть въ то же время профиль ножки внутренняго зубца. — Равнымъ образомъ и для зацѣпленія съ рейкой.

Центры для ножекъ зубцовъ.										Центры для головокъ зубцовъ.									
Число зубцовъ.	Шагъ въ дюймахъ.									Число зубцовъ.	Шагъ въ дюймахъ.								
	1	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{3}{4}$	2	$2\frac{1}{4}$	$2\frac{1}{2}$	3			1	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{3}{4}$	2	$2\frac{1}{4}$	$2\frac{1}{2}$	3	
13	129	160	193	225	257	289	321	386		12	5	6	7	9	10	11	12	15	
14	69	87	104	121	139	156	173	208		15	5	7	8	10	11	12	14	17	
15	49	62	74	86	99	111	123	191		20	6	8	9	11	12	14	15	18	
16	40	50	59	69	79	89	99	148		30	7	9	10	12	14	16	18	21	
17	34	42	50	59	67	75	84	101		40	8	9	11	13	15	17	19	23	
18	30	37	45	52	59	67	74	89		60	8	10	12	14	16	18	20	25	
20	25	31	37	43	49	56	62	74		80	9	11	13	15	17	19	21	26	
22	22	27	33	39	43	49	54	65		100	9	11	13	15	18	20	22	26	
24	20	25	30	35	40	45	49	59		150	9	11	14	16	19	21	23	27	
26	18	23	27	32	37	41	46	55		рейка	10	12	15	17	20	22	25	30	
30	17	21	25	29	33	37	41	49											
40	15	18	21	25	28	32	35	42											
60	13	15	19	22	25	28	31	37											
80	12	15	17	20	23	26	29	35											
100	11	14	17	19	22	25	28	34											
150	10	13	16	17	21	24	27	32											
	10	12	15	14	20	22	25	30											

β) Прямоблочное зацѣпленіе.

Оно даетъ только парныя колеса и чаще всего употребляется для колесъ съ деревянными зубцами. Деревянные зубцы получаютъ прямые бока, слѣд. ихъ легко приготовить и замѣнять послѣ истиранія.

Фиг. 97—98.



Производящій кругъ получаетъ диаметръ, равный радіусу коле съ съдеревянными зубцами; а чрезъ это гипоциклоида, ножка зубца этого колеса, будетъ прямолинейна. Для колеса съ прямоблочными зубцами высота головки зубца $= 0,1t$; ножка $= 0,6t$. У колеса съ циклоидзубцами высота головки $0,5t$ и ножки

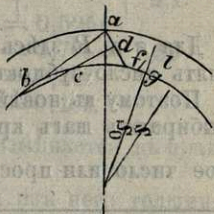
$0,2t$, если t шагъ зацѣпленія.

Построивъ зубцы съ прямыми боками, остается вычертить зубцы циклоидальные. Проведя радіусъ AMB такъ, чтобы AT было $= 0,8t$, соединить центръ O съ B и продолжить AT до пересѣченія C опредѣляющаго центръ C и радіусъ AC искомой дуги.

7. Внешнее и внутреннее зацепление по развертывающей.

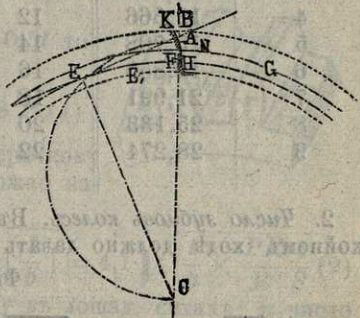
1. Въ точкѣ прикосновенія начальныхъ окружностей проводится прямая линія подъ угломъ 75° къ линіи центровъ. Круги, касательные къ этой прямой, чрезъ развертываніе ихъ даютъ форму зубцовъ; части зубцовъ внутри круговъ будутъ радіальныя прямыя. Наименьшее число зубцовъ для равныхъ колесъ 14, а для неравныхъ для меньшаго 11. Зубцы по развертывающей имѣютъ свойство, что можно увеличивать до известной степени разстояніе между осями колесъ, не нарушая точности сѣпленія; это свойство нейтрализуетъ вредное дѣйствіе изнашивания подшипниковъ.

2. *Приближенное начертаніе помощью дугъ круга.* Фиг. 99. S и S_0 окружности ограничивающія выступы и дно впадинъ зубцовъ. Проведемъ ab , касательную въ b къ окружности S_0 и отложивъ прямую $bc = 0,5 ab$, опишемъ изъ b радіусомъ ab дугу ad до пересѣченія ея съ продолженіемъ прямой bc и изъ c радіусомъ cd дугу df ; adf будетъ грань зуба. При мелкихъ зубахъ весь обводъ ихъ можно описывать одною дугою изъ b радіусомъ ab .



3. Фиг. 100 даетъ другой способъ замѣны развертывающей двумя дугами круга (для колесъ менѣе 56 зубцовъ). Дѣлаютъ $АН = АВ$ и на $СА$ описываютъ полукругъ; чрезъ A проводятъ подъ угломъ 75° къ BC линію; ея пересѣченіе въ E съ полукругомъ даетъ центръ дуги зуба, проходящей чрезъ A и лежащей между верхнимъ и начальнымъ кругами. Точка E_1 пересѣченія EN съ основнымъ кругомъ есть центръ кривизны для бока зуба между основнымъ и начальнымъ кругами. Отсюда зубецъ заканчивается короткою радіальною частью.

Фиг. 100.



4. Для колесъ болѣе чѣмъ съ 56 зубцами кругъ ножекъ зубцовъ менѣе основнаго круга. Лежащая между ними часть бока зуба есть прямая радіальная и. При 56—72 кругъ ножекъ и основной совпадаютъ. При колесахъ болѣе чѣмъ о 72 зубцахъ кругъ ножекъ болѣе основнаго круга.

5. *Зацепленіе съ зубчатой рейкой.* Зубцы будутъ ограничены прямыми, наклоненными къ линіи зацепленія подъ угломъ 75° .

в. Расчетъ цилиндрическихъ зубчатыхъ колесъ.

1. *Соотношеніе между числомъ и шагомъ зубцовъ и радіусомъ колеса.* Пусть t шагъ, R радіусъ колеса и z число зубцовъ; тогда

$$2R = \frac{t}{\pi}; \quad z = \frac{\pi}{t} \cdot 2R; \quad \frac{t}{\pi} = \frac{2R}{z}; \quad t = \frac{2R\pi}{z}$$

ихъ. Напр. вмѣсто того, чтобъ дать колесамъ 36 и 54 зубца, при чемъ зубцы встрѣчались бы каждыя 3 и 2 оборота, берутъ 36 и 35 зубцовъ, при чемъ они будутъ встрѣчаться только каждыя 55 и 36 оборотовъ. При медленномъ вращеніи въ воротахъ наименьшее число зубцовъ бываетъ 14 и 11, въ домкратахъ до 4.

3. *Размѣры зубцовъ.* Фиг. 101 даетъ общую форму зубцовъ колесъ, начерченныхъ для большей общности на начальной прямой линіи.

Для обыкновенныхъ колесъ зубцы получаютъ слѣдующіе размѣры:

$$\begin{aligned} \text{Шагъ} & \dots \dots \dots t \\ \text{Толщина зуба } bd & \dots \dots \dots \delta = 0,475t = \frac{t}{2,1} \\ \text{Ширина промежутка } be & \dots \dots \dots l = 0,525t \\ \text{Высота зуба} & \dots \dots \dots h = 0,70t = 1,5\delta \\ \text{Высота головки надъ начальнымъ кругомъ} & h_1 = 0,30t \\ \text{Длина ножки ниже начального круга} & h_2 = 0,40t. \end{aligned}$$

Ширина зубцовъ, b параллельно оси колеса, измѣняется въ практикѣ отъ 2 до $4t$.

4. *Опредѣленіе шага.* Для вычисленія шага и изъ него толщины зубца берутъ самый опасный случай, когда давленіе P дѣйствуетъ на самый конецъ зубца. Пусть b ширина зубца въ мм, $h = 0,7 t$ высота зубца въ мм, f толщина ножки у обода въ мм, S допускаемое напряженіе на 1 кв. мм. сѣченія ножки въ килогр., то

$$Ph = \frac{bf^2}{6} S. \quad \text{Фиг. 102.}$$

Но такъ какъ приблизительно $f = 0,5t$ то будетъ

$$Ph = \frac{b \times (0,5t)^2}{6} S; \text{ откуда } Sbt = 16,8 P \quad (1)$$

Крѣпость зубца пропорціональна поперечному сѣченію его ножки. Это уравненіе можно написать такъ:

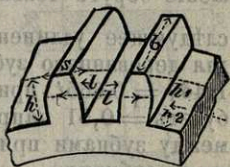
$$\frac{b}{t} t^2 = 16,8 \frac{P}{S}; \text{ откуда } t = 4,0 \sqrt{\frac{P}{S} \left(\frac{t}{b} \right)} = 4,1 \sqrt{\frac{t}{b} \times \frac{PR}{R} \frac{1}{S}} \quad (2)$$

Обозначимъ: N передаваемую работу въ лошадиныхъ силахъ; n число оборотовъ въ минуту; R радиусъ колеса въ мм; z число зубцовъ колеса; такъ какъ $P = 761200 \frac{N}{nR}$ и $R = \frac{z}{2} \frac{t}{\pi}$, то предъидущее

уравненіе преобразуется въ:

$$t = 3468 \sqrt{\frac{N}{SnR} \left(\frac{t}{b} \right)}; \quad (3) \quad t = 423 \sqrt[3]{\left(\frac{t}{b} \right) \frac{1}{zS} \frac{N}{n}} \quad (4); \quad t = 4,727 \sqrt[3]{\left(\frac{t}{b} \right) \frac{PR}{Z \cdot S}}$$

По Гарту $t = 47,72 \sqrt{\frac{N}{n \cdot R}}; R$ въ сантиметр., $b = 6\delta$.



5. Если колесо дано, то для вычисления допускаемого напряжения употребляют формулу 1. Если же даны давление на зубцы P , радиус R или число зубцов z , то для вычисления шага употребляют формулы 2, 3, 4 или 5. При этом принимают:

а) $\left(\frac{t}{b}\right) = \frac{1}{2}$ до $\frac{2}{5}$ при тихомъ ходѣ и равномерномъ давленіи на зубцы напр., колеса крановъ (для $v \leq 0,5$ т. въ сек., $S = 2,5$ klg.)

б) $\left(\frac{t}{b}\right) = \frac{2}{5}$ до $\frac{1}{3}$ при спокойномъ ходѣ и равномерномъ давленіи на зубцы, какъ въ колесахъ для машинъ орудій, въ спокойно идущихъ приводахъ.

в) $\left(\frac{t}{b}\right) = \frac{1}{3}$ до $\frac{1}{4}$ въ быстро идущихъ, тяжелыхъ приводныхъ колесахъ, въ прокатныхъ машинахъ.

6. Что же касается допускаемого напряжения S , то принимаютъ его тѣмъ менѣе, чѣмъ болѣе скорость v на окружности колеса *). Изъ опыта выведены слѣдующія величины S для чугунныхъ зубцовъ:

для $v = 0,5$	1	2	4	6	8	10	12	метрахъ
принимаютъ $S = 2,5$	2,2	2,1	2	1,7	1,6	1,5	1,3	килограмм.

7. Если же нужно устроить деревянные зубцы, то сначала вычисляютъ шагъ t для чугунныхъ зубцовъ, толщину зубца $\delta_{\text{ч}} = 0,475t$ и ширину зубца b для чугуннаго зубца, при чемъ допускаемое напряжение берутъ только $\frac{5}{6} S$ вмѣсто S , принимая въ соображеніе послѣдующее удлиненіе зубца. Теперь эта ширина удерживается и для деревяннаго зубца, но толщина его напротивъ берется $\delta_{\text{д}} = 1,4\delta_{\text{ч}} = 0,665t$, при чемъ напряжение въ ножкѣ деревяннаго зубца будетъ $= 0,51$ напряженія въ ножкѣ чугуннаго зубца. Если зазоръ между зубцами примемъ $= 0,05t_1$, тогда шагъ зацѣплеія съ деревянными зубцами

$t_1 = \delta_{\text{ч}} + \delta_{\text{д}} + 0,05t_1 = 0,475t + 0,665t + 0,05t_1$; откуда $t_1 = 1,2t$ и $\delta_{\text{ч}} = 0,395t_1$; $\delta_{\text{д}} = 0,553t_1$; зазоръ $= 0,052t_1$

*) Въ то время какъ въ Европѣ допускаютъ лишь 50 до 60 килограмметровъ въ секунду на 1 миллиметръ ширины колеса, въ Америкѣ даютъ 130 до 170 килограмметровъ, т. е. вдвое и втрое болѣе, при чемъ скорость бываетъ 20—17 метровъ въ секунду. Корлисъ объясняетъ это слѣдующимъ: 1) вывѣркой (центрированіемъ) колеса предъ раздѣленіемъ, 2) абсолютно [точнымъ] раздѣленіемъ зубцовъ и промежутковъ, 3) хорошею формою зубцовъ, при чемъ въ зацѣплении находится три шага, 4) абсолютно равными формами зубцовъ съ чертежомъ, 5) зубцы выстрагиваются на машинѣ; потому только чугунные зубцы по чугуннымъ, 6) провѣркой и центрированіемъ колеса послѣ раздѣленія. — Слѣд. возможность точной работы начинается и кончается центрированіемъ; точная работа и точное центрированіе есть необходимыя условія хорошаго зацѣплеія. Другая особенность американскихъ колесъ состоитъ въ употребленіи плоскихъ реберъ (вмѣсто крестообразныхъ ручекъ) для передачи давленія отъ втулки на зубчатый ободъ.

Длина зуба дѣлается $l_1 = 0,7t_1$. Въ случаѣ если оба колеса должны быть съ деревянными зубцами, то шагъ $t_1 = 0,655t + 0,655t + 0,05t_1$; откуда $t_1 = 1,4t$. Деревянные зубцы слѣдуетъ ставить на ведущемъ колесѣ, потому что въ немъ зацѣпленіе начинается отъ ножки зуба и идетъ къ головкѣ.

8. Въ колесахъ крановъ S принимается $= 2,5$ килогр. на 1 кв. мм. поперечнаго сѣченія чугунаго зуба; тогда

$$t = 2,74 \sqrt{\left(\frac{t}{b}\right) P} = 2,74 \sqrt{\left(\frac{t}{b}\right) \frac{(PR)}{R}} = 2318 \sqrt{\left(\frac{t}{b}\right) \frac{1}{R} \frac{N}{n}} =$$

$$3,61 \sqrt[3]{\left(\frac{t}{b}\right) \frac{PR}{z}} = 323 \sqrt[3]{\frac{t}{b} \frac{1}{z} \frac{N}{n}}$$

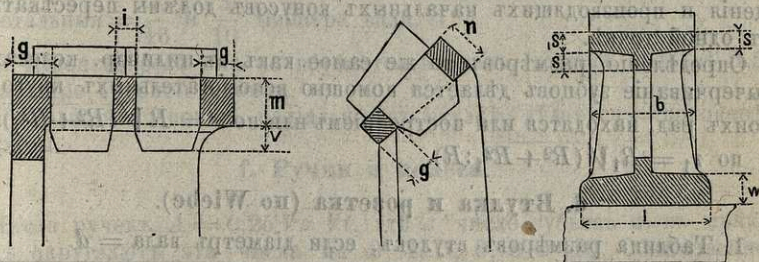
По Hart'y, если R въ сантиметрахъ:

$$\text{для кран. } t = 0,58 \sqrt[3]{\frac{PR}{z}}; \text{ при } b = 4d$$

$$\text{или } t = 0,5 + 0,16 \sqrt{P} \text{ при } b = 1,9t$$

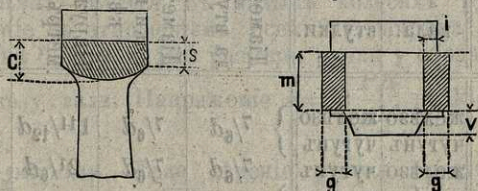
9. Въ колесахъ, подверженныхъ сильнымъ ударамъ, размеры будутъ гораздо болѣе, чѣмъ по предыдущимъ правиламъ; это въ особенности относится къ мельничнымъ приводамъ и прокатнымъ машинамъ, гдѣ величина t превосходитъ предыдущія въ 3 и болѣе разъ. Въ прокатныхъ машинахъ шагъ зацѣпленія t берется вообще около 125 мм. $= 5$ дюйм. а допускаемое напряженіе S не выше 0,8 килогр. на квадрат. мм.

Фиг. 103—105.



10. Допускаемая величина шага, отношеніе передачи, число зубцовъ и скорость на окружности. Шагъ выше 100 мм. не рекомендуется.

Фиг. 106—107.



мендуется. Если же вычисленіе даетъ большій шагъ, то увеличиваютъ сколько возможно радіусъ R колеса. При передачѣ отъ медленнаго движенія къ быстрому, гдѣ возможно, не превосходятъ

отношение $\psi = 4$ (самое большое 5—6). Въ обратномъ случаѣ число зубцовъ меньшаго колеса не менѣе 10. Въ воротахъ однако встрѣчаются желѣзныя шестерни съ меньшимъ числомъ зубцовъ. Ходъ будетъ спокойнѣе, если всегда задвѣляются одинъ и тѣ же зубцы. Скорость на окружности v при обыкновенномъ исполненіи не должна превышать 3-хъ метровъ; но при хорошемъ можетъ идти до 12 м. въ сек.

Рекомендуется радіусъ меньшаго изъ пары колесъ принимать

$$r = 720 \sqrt[3]{\frac{N}{n}} \text{ до } 720 \sqrt[4]{\frac{N}{n}}$$

т. е. около въ 6 разъ болѣе діаметра d_1 желѣзнаго вала, передающаго ту же работу

По Hart'y $r = d_1(5+i)$, гдѣ i отношение = $\frac{\text{большее число оборотовъ}}{\text{меньшее число оборотовъ}}$.

11. *Ободъ колеса.* Размѣры обода эмпирическіе. При отливныхъ зубцахъ: толщина обода на краю и ширина кольцевого ребра $s = 0,4t + 3$; толщина на срединѣ $s_1 = 1,2s$ (также на внѣшнемъ краѣ въ коническихъ колесахъ); если ободъ внутри округленный безъ ребра $s_1 = 1,5s$. При вставныхъ деревянныхъ зубцахъ: толщина щеки по радіусу $m = 2s$ (въ коническихъ $n = 2,4s$), по ширинѣ обода $g = s$ до $1,2s$. Длина хвоста деревяннаго зубца $v = 0,9s$ (сверхъ обода). Если зубцы двойные толщина промежуточнаго ребра $i = 0,5s$.

с. Коническія колеса.

Для правильнаго хода колесъ направленія ихъ зубцовъ, осей вращенія и производящихъ начальныхъ конусовъ должны пересѣкаться въ одной точкѣ.

Опредѣленіе размѣровъ то же самое какъ въ цилиндр. колесахъ; вычерчиваніе зубцовъ дѣлается помощію вспомогательныхъ круговъ, коихъ рад. находятся или построеніемъ или по $r = R \sqrt{(R^2 + R_1^2)} : R_1$ и по $r_1 = R_1 \sqrt{(R^2 + R_1^2)} : R$.

д. Втулка и розетка (по Wiebe).

1. Таблица размѣровъ втулокъ, если діаметръ вала = d .

Конструкція втулки.	Матеріаль		Діаметръ сѣд-ла втулки d'' .	Діаметръ вѣмки во втул. къ d'' .	Наружный діаметръ втулки D .	Длина втулки L .	Толщина стѣнокъ втулки δ .
	вала.	втулки.					
Разсверлен-ныя	желѣзо	желѣзо	$\frac{7}{6}d$	$\frac{7}{6}d$	$1\frac{11}{12}d$	$1\frac{1}{2}d$	$\frac{3}{8}d$
	чугунъ	чугунъ					
Устанавли-ваемые на клиньяхъ.	желѣзо	чугунъ	$\frac{7}{6}d$	$\frac{7}{6}d$	$2\frac{1}{6}d$	$1\frac{5}{8}d$	$\frac{1}{2}d$
	желѣзо	желѣзо	d	$\frac{5}{4}d$	$2d$	$1\frac{1}{2}d$	$\frac{3}{8}d$
	чугунъ	чугунъ					
	желѣзо	чугунъ	d	$\frac{5}{4}d$	$2\frac{1}{4}d$	$1\frac{5}{8}d$	$\frac{1}{2}d$
	дерево	чугунъ	d	$1\frac{13}{12}d$	$1\frac{11}{3}d$	$1\frac{13}{24}d$	$\frac{1}{8}d$

Примѣчаніе. Длина L зависитъ не только отъ d , но и отъ шир. колеса; въ таблицѣ даны наименьшія отношенія (вообще $L = 1,25b$).

Толщину стѣнокъ δ можно брать для желѣзныхъ и чугунныхъ валовъ $= 0,4(d + 10)$. Если не предполагается насаживанія въ горячемъ состояніи, можно сберечь матеріалъ внутри, давая втулкѣ только на краяхъ рабочія поверхности $0,66\delta$ шириною.

2. Для втулокъ на полые чугунные валы размѣры опредѣляются по таблицѣ по наружному диаметру вала и умножаютъ ихъ на множитель $1 - \left(\frac{d_1}{d}\right)^4$, гдѣ d наруж. діам. вала, d_1 его внутр. діаметръ.

3. *Розетки* суть втулки, снабженныя дискомъ, къ которому можно привинчивать ручки колеса. Пусть R длина ручекъ измѣренная отъ вала до точки приложенія силы; D и δ діаметръ и толщина втулки изъ предыдущей таблицы; b ширина диска въ радіальномъ направленіи отъ вѣншей окружности втулки; c толщина диска по направленію оси вала. Тогда: $b = \frac{1}{6} \left(R = \frac{1}{2} D \right)$, $c = \frac{1}{6} \delta + 13 \text{ mm.}$

Дискъ въ осевомъ направленіи снабжается ребрами, коихъ толщина всюду $= c$

е. Шпонки и клинья.

1. При разсверленныхъ втулкахъ врубныя желѣзныя шпонки дѣлаются шириною $= \frac{4}{9}$ діаметра желѣзнаго вала или $\frac{3}{9}$ діаметра чугуннаго вала, а остальные $= \frac{4}{16}$ и $\frac{3}{16}$ діаметра вала.

2. Шпонка, если она не врубается въ валъ, должна быть въ 1,5 раза шире врубной шпонки.

3. Толщина шпонки, радіально къ втулкѣ, дѣлается $=$ половинѣ ширины.

ф. Ручки и колеса.

Число ручекъ $A = 0,25 \sqrt{z} \sqrt{Vt}$, гдѣ z число зубьевъ и въ практикѣ округляютъ эти числа на 3, 4, 5, 6, 8 и 10. Обыкновенно дѣлаютъ такъ, что $\frac{z}{A}$ есть цѣлое число, а при колесахъ съ вставными

деревянными зубцами это даже необходимо для укрѣпленія ихъ.

Ручки овальнаго сѣченія. Въ малыхъ колесахъ ручкамъ даютъ овальное сѣченіе съ отношеніемъ осей 2:1; ширина ручки у вала $h = 2t$, толщина $0,5h = t$. Всѣ размѣры ручки у обода уменьшаются до $\frac{2}{3}$ размѣровъ у вала. Напряженіе $s = 2 \frac{PR}{Ah^3}$ въ klg. на кв. mm. сѣченія ручки.

Ручки съ ребрами. Если сѣченіе ручекъ крестообразное, то $h = 242 \sqrt[3]{\frac{N}{An}} = 2,71 \sqrt[3]{\frac{PR}{A}}$ при $s = 1,5 \text{ klg. на кв. mm.}$ (среднее отношеніе: $h = 2$ до $2,5t$) толщина главнаго ребра $= 0,2h$ или около $0,5t$. Высота ребра уменьшается къ ободу до $\frac{3}{4}$ высоты у

вала. Ширина бокового ребра у обода нѣсколько меньше b , у втулки равна или нѣсколько болѣе b ; а его толщина $= 0,17k$ или $0,4t$ или $0,8\delta$.

При двутавровомъ поперечномъ сѣченіи ручекъ дѣлають толщину обѣихъ вспомог. реберъ $= 0,25t$.

г. Всѣ зубчатыхъ колесъ.

Приблизительно по Reuleaux $G = bt^2 (6,25z + 0,04z^2)$ klg.

Для коническихъ и съ дерев. зубцами колесъ всѣ около $0,95G$.

Въ слѣдующей таблицѣ кромѣ вса даны P , t и $2R$; допускаемое напряженіе принято $s = 2$ klg. на кв. mm. и расчетъ сдѣланъ по $P = t^2 s \cdot 6$. Для колесъ съ дерев. зубцами, коихъ толщина $= 1,4$ толщины чугунныхъ (если для чугуна $s = 2$ klg., для дерева $s = 1$ klg.) будетъ $P = t^2 \cdot 4,32$ и вмѣстѣ съ тѣмъ шагъ $= 1,2$ даннаго въ таблицѣ шага.

Всѣ цилиндрическихъ колесъ съ чугунными зубцами.

Шагъ. mm.	Допускае- мое дав- леніе на зубецъ P въ klg.	Диаметръ $2R$ въ mm.	(Ширина $= 3$ шага). Всѣ.			
			11—72 Зубца.	73—1083.	109—1443.	145—1903.
25	208	7,95773	0,53	0,623	0,773	0,803
30	300	9,5493	0,6	1,10	1,25	1,39
35	408	11,1408	1,32	1,68	1,98	2,21
40	533	12,7324	2,3	2,60	2,93	3,28
45	675	14,3239	3,2	3,78	4,10	4,65
50	833	15,9155	4,56	5,18	5,62	6,45
55	1050	17,5070	5,96	6,80	7,68	8,46
60	1200	19,0986	7,76	8,88	10,00	11,10
65	1400	20,6901	9,7	11,00	12,40	13,95
70	1630	22,2817	12,2	14,00	15,80	17,40
75	1875	23,8732	15,0	17,00	19,20	21,30
80	2130	25,4648	18,0	21,20	23,40	26,05
85	2400	27,0563	22,4	25,00	28,40	31,50
90	2700	28,6479	26,5	30,00	33,80	37,10
95	3000	30,2394	30,2	35,10	39,60	44,00
100	3330	31,8310	35,8	40,80	45,90	51,00
105	3675	33,4225	40,4	47,30	53,10	58,80
110	4030	35,0141	46,3	54,40	60,90	68,00
115	4400	36,6056	54,0	62,20	70,10	77,40
120	4800	38,1972	62,0	71,00	80,00	87,50
125	5200	39,7887	70,0	80,00	90,00	99,50
130	5620	41,3803	78,5	90,00	101,50	112,00
135	6075	42,9718	88,0	100,00	112,80	125,00
140	6530	44,5634	98,0	112,50	126,50	140,00
145	7000	46,1549	109,0	125,00	140,00	155,50
150	7500	47,7465	120,0	138,00	155,00	172,00

Для конических колесъ вѣсъ около 0,92 вѣса даннаго въ таблицѣ.

Примѣръ 1. Пара зубчатыхъ колесъ должна передавать 20 лощ. силъ при 36 и 60 оборотахъ въ минуту. Определить главные размѣры колесъ съ чугунными зубцами.

Принимаемъ $z = 48$ зубцовъ на маломъ колесѣ.

$Z = 48 \frac{60}{36} = 80,7$ ближайшее 81 зубъ въ большомъ колесѣ;

$= 423 \sqrt[3]{\frac{N}{nZs} \left(\frac{t}{b}\right)}$ выбираемъ $\left(\frac{t}{b}\right) = \frac{1}{3}$ и предварительно $S = 2$

силогр.; тогда будетъ $t = 423 \sqrt[3]{\frac{20}{36 \cdot 81 \cdot 2} \cdot \frac{1}{3}} = 44,2$ мм. Примемъ $t = 15\pi = 47,10$ мм.

Радиусы колесъ $R = \frac{zt}{2\pi} = \frac{81}{2} \times 15 = 607$ мм; $r = \frac{Zt}{2\pi} = \frac{48}{2} \times 15 = 360$ мм.

Скорость $v = \frac{2r\pi n}{60} = 2261$ мм. = 2,261 м.; такъ что напряженіе $= 2$ klg. взято правильно; $b = 3t = 3 \times 47,10 = 145$ мм. ширина бода колеса.

$1 = 0,25 \sqrt{Z} \sqrt[4]{t} = 0,25 \sqrt{81} \sqrt[4]{47,1} = 0,25 \cdot 8,66 \cdot 2,72 = 5,89 =$ почти 6 ручекъ въ большомъ колесѣ; $h = 242 \sqrt[3]{\frac{N}{n} \frac{1}{A}} = 242 \sqrt[3]{\frac{20}{36} \cdot \frac{1}{6}} =$ почти 110 мм. высота и $0,2h = 0,2 \times 110 = 22$ мм. толщина главнаго ребра

$1 = 0,25 \sqrt{z} \sqrt[4]{t} = 0,25 \sqrt{48} \sqrt[4]{47,1} = 4,58$ почти 4 ручки въ маломъ колесѣ $h = 242 \sqrt[3]{\frac{N}{n} \frac{1}{A}} = 242 \sqrt[3]{\frac{20}{60} \cdot \frac{1}{4}} = 105$ мм. высота и $0,2h = 2 \cdot 105 = 21$ мм. толщина главнаго ребра.

Примѣръ 2. Давленіе на зубцы въ парѣ колесъ ворота $P = 100$ klg. Если разстояніе между осями обѣихъ колесъ 420 мм. и отношеніе передачи 5, то какъ велики главные размѣры этой пары колесъ?

$R + r = 420$; такъ какъ $R = 5r$, то $5r + r = 420$; $6r = 420$; $r = 70$ мм., $R = 350$.

$= 0,5 + 0,16 \sqrt{P} = 0,5 + 0,16 \sqrt{420} = 0,5 + 0,16 \cdot 20,5 = 3,58$ cent.

или же по $t = 4,1 \sqrt{\frac{P}{s} \cdot \left(\frac{t}{b}\right)} = 4,1 \sqrt{\frac{400}{2,5} \cdot \frac{1}{2}} = 36,8$, что согласуется съ первымъ результатомъ.

$\frac{2r\pi}{t} = \frac{2 \cdot 70 \cdot 3,14}{36} =$ почти 12 зуб. и точный $t = \frac{2r\pi}{Z} = 36,63$ мм.

Большое колесо содержит $5.12 = 60$ зубцовъ; $b = 1,9t = 68$ мм.

Примръ 3. Зубчатое колесо имѣть шагъ $t = 12\pi$ и 72 зубца при $b = 142$ мм. ширины. Какое давленіе можетъ выдерживать зубъ этого колеса, если прочное сопротивление $s = 1,8$ килограмма на кв. мм.?

По формулѣ $bt = 16,8 \frac{P}{s}$; откуда $P = \frac{bts}{17,8} = \frac{142.12\pi.1,8}{16,8} = 573$ кг.

Примръ 4. Отъ вала съ 36 оборотами въ минуту нужно передать 90 лш. силъ на валъ съ 80 оборотами, зубцы деревянные.

Беремъ $r = 720 \sqrt[3]{\frac{N}{n}} = 720 \sqrt[3]{\frac{90}{80}} = 748$ мм.; $v = \frac{2\pi n}{60} = \frac{2.748.\pi.80}{60} = 6263$ мм. = 6,263 метра слѣдов. $s = 1,7$ кил. и $t =$

$3468 \sqrt{\frac{N}{SnR} \frac{t}{b}} = 3468 \sqrt{\frac{90}{1,7 \times 80.748} \times \frac{1}{3}} = 60,7$ мм. Для деревянныхъ зубцовъ $t_1 = 1,2t = 1,2 \times 72,84 = 87,41$ мм.; кругло $t_1 = 23\pi = 72,22$ мм.

$z = \frac{2r\pi}{t} = \frac{2 \times 748}{23} = 65$ зубцовъ въ маломъ колесѣ;

$Z = 65 \times \frac{90}{36} = 163$ зубца въ большомъ колесѣ.

Такъ что радіусы будутъ

$r = \frac{z}{2\pi} t = \frac{65}{2} \cdot 23 = 747,5$ мм.; $R = \frac{Z}{2\pi} t = \frac{163}{2} \times 23 = 1874,5$ мм.

Толщина чугунаго зубца

$\delta_{\text{ч}} = 0,395t_1 = 0,395 \times 72,22 = 28,52 = \text{почти } 28\frac{1}{2}$ мм.

Толщина деревяннаго зубца

$\delta_{\text{д}} = 0,553t_1 = 0,553 \times 72,22 = 39,93 = \text{почти } 40$ мм.

Величина зазора

$s = 0,052t_1 = 0,052 \times 72,22 = 3,75 = \text{почти } 3,72$ мм.

$t_1 = 72,22$ мм.

Большое колесо можетъ быть въ то же время маховикомъ, въ ковомъ случаѣ скорость на окружности въ 6 метровъ является сколько малою. Если мы пожелаемъ бы скорость маховика сдѣлать $= 8$ метрамъ, то радіусъ дѣлительнаго круга шестерни $r = 1000$ а для маховика $R = 1000 \frac{80}{36} = 2222$ мм.

Н. Безконечный винтъ (колесо для червяка).

Обозначимъ: m крутящій моментъ на червякѣ (винтъ) въ klgm. ; m крутящій моментъ на червячномъ колесѣ въ klgm. ; Z число зубцовъ червячнаго колеса; r средній радіусъ червяка въ мм. ; t шагъ винта и также шагъ червячнаго колеса въ мм. , то не принимая въ соображеніе сопротивленіе отъ тренія: $\frac{M}{m} = Z$, а взявъ треніе винта вниманіе:

$$\frac{M}{m} = \frac{Z}{1 + \left(\frac{r}{t}\right)}$$

Чтобы ввести въ вычисленіе еще треніе шиповъ и треніе зубцовъ, наложимъ знаменатель на 1,15; тогда принимая въ соображеніе всѣ противленія:

$$\frac{M}{m} = \frac{Z}{\left(1 + \frac{r}{t}\right) 1,15}$$

Видимъ отсюда, что выгодно выбирать $\frac{r}{t}$ меньшее. Обыкновенно

берутъ $\frac{r}{t} = 1,6$ и тогда $\frac{M}{m} = \frac{Z}{3}$. Такъ какъ это отношеніе момен-

товъ есть лишь $\frac{1}{3}$ теоретическаго, то 66% употребляемой работы поглощается сопротивленіями отъ тренія въ механизмѣ. Для шага червячнаго колеса мы имѣемъ:

$t = 4,1 \sqrt{\frac{P}{S} \left(\frac{t}{b}\right)}$; подставляемъ $\frac{t}{b} = \frac{1}{2}$; $S = 2$ килогр. на 1 кв. мм., то

$$t = 2,05 \sqrt{P} = 2,05 \sqrt{\frac{PR}{R}} = 2,05 \sqrt{\frac{M}{R}}$$

гдѣ R мм. означаетъ радіусъ начальнаго круга червячнаго колеса.

Если $R = \frac{Zt}{2\pi}$, то

$$t = 2,05 \sqrt{\frac{M \cdot 2\pi}{Zt}}, \text{ откуда } t = 2,97 \sqrt[3]{\frac{M}{Z}}$$

Сгруппируемъ правила для построенія:

1) $Z = \frac{M}{m} \left(1 + \frac{r}{t}\right) 1,15$

2) $t = 2,97 \sqrt[3]{\frac{M}{Z}}$

3) Ширина червячнаго колеса $b = 2t$

4) $r = 1,6t$ обыкновенно; если возможно, то и меньше.

5) Радіусъ червячнаго колеса $R = \frac{Zt}{2\pi}$

Примръ. Рукоятка длин 320 мм. вращается силою 12 килогр. и работа помощію винта и червячнаго колеса передается на валъ, который закручивается моментомъ 46000 килограммметровъ. Опреѣлить главные размѣры червяка и его колеса?

Даны: $m = 320 \times 12 = 3840$; $M = 46000$.

$$1) Z = \frac{M}{m} \left(1 + \frac{r}{t}\right) 1,15 = \frac{46000}{3840} (1 + 1,6) 1,15 = 36 \text{ зубцовъ}$$

$$2) t = 2,97 \sqrt[3]{\frac{M}{Z}} = 2,97 \sqrt[3]{\frac{46000}{36}} = 32,2 = \text{почти } 11\pi = 34,54$$

мм. шагъ

$$3) b = 2t = 2 \cdot 34,54 = \text{почти } 69 \text{ мм. ширина червячнаго колеса}$$

$$4) r = 1,6t = 1,6 \times 34,54 = 56 \text{ мм. средній радіусъ червяка}$$

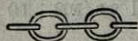
$$5) R = \frac{Z}{2} \cdot \frac{t}{\pi} = \frac{36}{2} \times 11 = 198 \text{ мм. радіусъ начальнаго круга червячнаго колеса.}$$

I. Передача движенія цѣпями.

Передача движенія цѣпями не охотно употребляется конструкторами, такъ какъ мало извѣстна и мало доступна. Часто также линіи

цѣпи вычерчивали и представляли какъ кругъ вмѣстѣ

Фиг. 108.



многоугольника, что было тѣмъ вреднѣе чѣмъ блокъ былъ меньше; часто также избранная форма зубцовъ

препятствовала правильному укладыванію. Слѣдующая

таблица содержитъ шагъ зацѣпленія и другія мѣры для такихъ цѣпей фиг. 108, изъ фабрики Kieffer'a въ Эренфельдѣ близъ Кельна, которая изготовляетъ такія передачи специально и имѣетъ много чугунныхъ моделей зубчатыхъ блоковъ. (См. таблицу на стр. 95).

К. Храповыя и тормозныя устройства.

А. Храповыя устройства.

Подъ названіемъ храповыхъ устройствъ подразумѣвается такъ приспособленіе, которое позволяетъ вращеніе вала въ одномъ направленіи, но препятствуетъ вращенію его въ другомъ направленіи. Различаютъ «зубчатыя храповыя колеса» или храповики и «трещотчатые храповыя колеса».

Толщина цѣпи ..	4,5	5	5	5	5	5	5	5,5	6	6	6	6	6,5	6,5	7	7	7,5
Шагъ	17,2	16	16	17	17	17	17	18,5	18	18	18,5	18,5	18	18	22,5	22,5	22,5
Дл. зв. цѣпи нар.	27	26	26	27	27	27	27	28,5	30	30	30,5	30,5	31	31	31	36,5	36,5
» » » внутр.	16,5	17	17	17	17	17	17	18	18	19	19	19	22,5	22,5	23	23	25
Нар. діам. блока	125	100	150	210	314	173	200	102	114	90	145	156	230	285	170	230	282
» ширина его	24	30	30	38	40	30	30	30	30	30	34	34	35	40	44	36	40
Число зубцовъ ..	10	7	12	18	28	15	17	7	8	7	11	12	18	23	11	17	21
Толщина цѣпи ..	8	8	8	8	8	8	9	9,5	9,5	10	10	10	10	10	10	10	11
Шагъ	20	20	20	22,5	22,5	25	30,5	30,5	31	31	27	24	24	24	24	33,5	30
Дл. зв. цѣпи нар.	36	36	36	36	38,5	43	50	50	51	44	44	44	44	44	44	55,5	52
» » » внутр.	27,5	27,5	27,5	27,5	26	26	28	31	31	31	33	33	33	33	33	36	36
Нар. діам. блока	186	285	320	880	260	276	112	345	360	142	120	120	190	262	350	468	610
» ширина его	41	43	52	50	42	42	45	50	50	46	50	52	53	59	53	53	58
Число зубцовъ ..	12	21	22	66	17	18	15	16	17	5	5	6	10	15	20	27	36
Толщина цѣпи ..	11,5	11,5	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14,5	14,5	16	16
Шагъ	28	28	35	35	35	35	35	35	35	35	35	36	36	39	41	45	45
Дл. зв. цѣпи нар.	51	51	61	61	61	61	61	61	61	61	61	62	62	67	70	77	77
» » » внутр.	38	38	43	43	43	43	43	43	43	43	43	40	40	43	45	54	54
Нар. діам. блока	200	540	170	238	261	370	370	386	980	1120	2000	358	380	190	203	215	280
» ширина его	65	75	70	75	80	70	70	70	80	90	90	63	60	65	70	94	94
Число зубцовъ ..	8	27	5	8	9	12	15	15	36	42	45	14	15	5	12	5	7
Толщина цѣпи ..	18	20	20	20	21	21	21	21	23	23	23	23	23	23	24 ¹	26	26
Шагъ	50	55	55	55	60	60	55	55	65	65	65	65	65	65	70	75	75
Дл. зв. цѣпи нар.	86	95	95	95	102	102	102	102	111	111	111	111	111	111	115	127	127
» » » внутр.	60	65	65	65	70	70	70	70	75	75	75	75	75	75	80	85	85
Нар. діам. блока	350	330	365	400	380	628	340	380	420	460	580	920	445	480	445	480	470
» ширина его	110	120	120	120	132	123	132	123	130	130	130	130	130	130	140	145	145
Число зубцовъ ..	9	7	8	9	8	15	8	15	6	7	8	9	12	20	8	7	8
Толщина цѣпи ..	18	20	20	20	21	21	21	21	23	23	23	23	23	23	24 ¹	26	26
Шагъ	50	55	55	55	60	60	55	55	65	65	65	65	65	65	70	75	75
Дл. зв. цѣпи нар.	86	95	95	95	102	102	102	102	111	111	111	111	111	111	115	127	127
» » » внутр.	60	65	65	65	70	70	70	70	75	75	75	75	75	75	80	85	85
Нар. діам. блока	350	330	365	400	380	628	340	380	420	460	580	920	445	480	445	480	470
» ширина его	110	120	120	120	132	123	132	123	130	130	130	130	130	130	140	145	145
Число зубцовъ ..	9	7	8	9	8	15	8	15	6	7	8	9	12	20	8	7	8

а. Зубчатые храповые колеса.

1) Храповое колесо съ вѣншнимъ зацѣпленіемъ фиг. 109. Пусть принятая точка вращенія храповой задержки или собачки, B центр храпового колеса, R наружный радиусъ его, то отпишемъ на Δ какъ на діаметръ кругъ, который пересѣчетъ окружность храпового колеса въ C . Въ этой точкѣ можетъ дѣйствовать собачка. Бока зубцовъ должны быть не радіальны, но касательны къ кругу радіуса $r = 0,33R$. Пусть P сила на окружности храпового колеса въ килограммахъ, b ширина зубца въ мм., t шагъ въ мм., h высота зубца въ мм., обыкновенно дѣлается

$$b = 0,5 t \text{ до } t \text{ и } h = 0,5 t \text{ до } 0,33 t.$$

Если напряженіе въ плоскости bt равно S на 1 кв.мм.,

$$bt = \frac{P}{S} \text{ фиг. 110}$$

для чугуна $S = 1 \text{ klg.}$ и $bt = P$; $t = 1,4 \sqrt{P}$

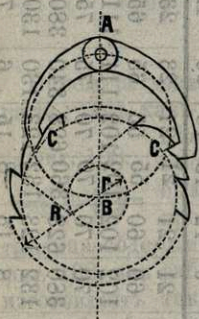
» железа $S = 2,5 \text{ klg.}$ и $bt = 0,4P$; $t = 0,89 \sqrt{P}$.

Меньше 20 зубцовъ не дѣлають, обыкновенно же $Z = 24$ до 30 зубцовъ.

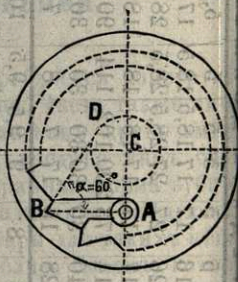
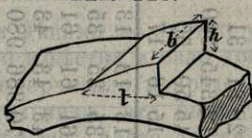
2) Храповое колесо съ внутреннимъ зацѣпленіемъ фиг. 111. Соединяемъ центръ колеса C съ принятой точкой вращенія A собачки

Фиг. 109.

Фиг. 111.



Фиг. 110.



прямую и проводимъ къ ней перпендикуляръ AB , то онъ и будетъ направленіе собачки. Откладываемъ BD подъ угломъ $\alpha = 60^\circ$ къ AB и описываемъ касательно къ BD кругъ; тогда всѣ бока зубцовъ въ ихъ продолженіи должны быть касательны къ этому кругу. Для опредѣленія шага служитъ та же формула, какъ для вѣншнаго зацѣпленія.

б. Трущиеся храповые колеса.

Трение вызывается здѣсь обыкновенно помощію тормазнаго башмака, который ставится на окружность колеса и укрѣпляется болтомъ на собачкѣ. При обозначеніяхъ, надписанныхъ на фиг. 112 и при коэффициентѣ тренія f нужно принимать

$$\tan \alpha \leq \frac{R}{R + m} f, \text{ если окружная поверхность цилиндрическая}$$

$\tan \alpha \leq \frac{R}{R+m} f \frac{1}{\sin \frac{\beta}{2}}$, если ободъ колеса имѣтъ клинообразное

сѣченіе, слѣдовательно, если поверхности соприкосновенія коническія съ угломъ β .

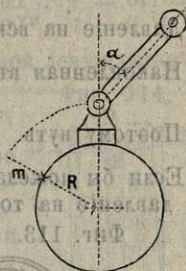
Мы видимъ, что конически оформленный тормозной ободъ лучше, чѣмъ ободъ съ цилиндрическою тормозною поверхностью.

Въ случаѣ, если тормозной башмакъ дѣйствуетъ на внутренней окружности колеса, то m будетъ отрицательно. Въ случаѣ, если тормознаго башмака совсѣмъ нѣтъ, такъ что собачка прямо лежитъ на окружности колеса, то въ предыдущей формулѣ надо сдѣлать $m=0$.

Храповыя колеса часто употребляются также, какъ подвигающія устройства (напр. въ пильныхъ мельницахъ, гдѣ они служатъ для того, чтобы періодически медленно подвигать тележку, на которой лежитъ распиливаемое дерево).

Трущіяся храповыя устройства предпочитаютъ зубчатымъ, потому что они не только равномернѣе подвигаютъ, но и работаютъ безъ шума.

Фиг. 112.



В. Тормозы.

а. *Щековые тормозы.* Колесо, вагонъ и пр. пусть находятся въ движеніи, то двигающейся массѣ соответствуетъ живая сила. Эта послѣдняя дѣйствіемъ тормоза должна быть либо исполнѣ, либо отчасти уничтожена и именно въ теченіе данного времени или на длинѣ опредѣленного пути. Пусть A живая сила, соответствующая массѣ тѣла, а та часть силы A , которая еще остается послѣ торможенія; k сила, которая нажимаетъ тормозныя щеки или тормозную ленту нормально къ трущейся поверхности; f коэффициентъ тренія и s путь, по длинѣ котораго работа A уменьшается до a , то треніе $=kf$, работа тренія $=kfs$; слѣдовательно,

$$kfs = A - a.$$

Примѣръ 1. Маховикъ вѣсомъ 2000 klg. и 4^m діаметромъ двигается съ среднею скоростью 12^m на окружности. Тормозныя щеки давятъ на окружность его такъ, что онъ останавливается послѣ двухъ оборотовъ. Какъ велика должна быть сила k , если $f=0,4$?

Живая сила обода $A = \frac{2000 \cdot 12 \cdot 12}{2 \cdot 9,81} = 14577 \text{ klgmet.}$ и $a=0$.

Путь $s = 2 \cdot 4 \cdot 3,14 = 25,12 \text{ met.}$

и искомое давленіе $k = \frac{14577}{0,4 \cdot 25,12} = 1450 \text{ klg.}$

Примръ 2. Желѣзнодорожный поѣздъ имѣетъ 90 тоннъ вѣсу и движется со скоростью 10 м. Нужно его остановить чрезъ заторможение 8 колесъ, имѣющихъ 1^м въ диаметръ. Каждая тормозная щека имѣетъ 200 кв. цент. трущейся поверхности и нажимается давленіемъ 25 klg. на 1 кв. цент. поверхности.

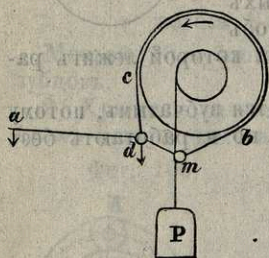
Давленіе на всю тормозную щеку $8 \times 200 \times 25 = 40000$ klg.

Накопленная въ поѣздѣ работа $\frac{90000.10.10}{2.9,81} = 458715$ klgmet.

Поэтому путь $S = \frac{A}{kf} = \frac{458715}{40000.0,4} = 22,9$ метра.

Если бы пожелали остановить поѣздъ на половинѣ этого пути, то давленіе на тормозныя щеки должно быть вдвое болѣе.

Фиг. 113.



б. **Ленточные тормозы.** Лента *mbed* изъ желѣза или стали охватываетъ тормозной блокъ, вращающійся по направленію стрѣлки вслѣдствіе опусканія груза *Q*, привѣшеннаго къ канату, свивающенуся съ барабана. Этотъ грузъ, приведенный къ окружности тормознаго колеса, пусть $= P = Qr : R$. Ленту нужно нажать къ колесу; это дѣлается рычагомъ *adm* съ точкою вращенія въ *m* фиг. 113.

1. **Расчетъ тормозной ленты.** Сила давить на рычагъ въ *a*. Отъ этого часть ленты *mb* получаетъ напряженіе $= T$ и часть *cd* натяженіе $= t$, то какъ извѣстно:

$$T = \frac{2,71828^{2\pi\mu}}{2,71828^{2\pi\mu} - 1} \times P = \frac{\tau}{\tau - 1} Q \frac{r}{R} = Fk \text{ и } t = T - P.$$

По натяженію *T* опредѣляется толщина ленты, а отъ *t* зависитъ сила на рычагъ при *a*. Допускаемое напряженіе въ лентѣ: желѣзной—2,5—4 klg.—стальной 6—8 klg. на кв. mm.

3. Тормазъ расположенъ такъ, что *T* проходитъ чрезъ неподвижную точку *m* вращенія тормознаго рычага (фиг. 113). При такомъ расположеніи тормозъ долженъ быть напряженъ всегда по направленію движенія. И усиліе для торможения

$$P = t \frac{l}{L} = \frac{1}{\tau - 1} Q \frac{r}{R} \frac{l}{L}, \text{ гдѣ } \tau = e^{\mu\alpha} = e^{2\pi\mu}.$$

Если колесо вращается въ направленіи обратномъ стрѣлкѣ, то необходимая для торможения сила

$$P_1 = T \frac{l}{L} = \frac{\tau}{\tau - 1} Q \frac{r}{R} \frac{l}{L}.$$

4. Таблица напряжений въ тормозной лентѣ.

Охватываніе $\varphi =$		Желѣзная лента по чугу- ному колесу $\mu = 0,18$.	Желѣзная лента съ дере- вянной прокладкой по чу- гунному колесу $\mu = 0,5$.
0,5	180°	$T = 2,30P'$; $t = 1,30P'$	$T = 1,30P'$; $t = 0,30P'$
$\frac{5}{8}$	225°	$T = 2,00P'$; $t = 1,00P'$	$T = 1,20P'$; $t = 0,20P'$
0,75	270	$T = 1,80P'$; $t = 0,80P'$	$T = 1,10P'$; $t = 0,10P'$
$\frac{7}{8}$	315°	$T = 1,60P'$; $t = 0,60P'$	$T = 1,10P'$; $t = 0,10P'$

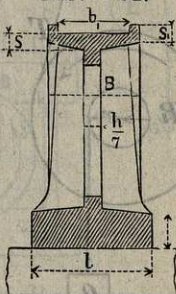
5. Размѣры тормозной ленты. Ширина тормозной ленты дѣлается

$$b = 1,8\sqrt{T + t} \text{ mm.}; \text{ толщина ленты } \delta = \frac{T}{3b} \text{ mm.,}$$

причемъ $k = 3 \text{ kg.}$ на кв. мм. Какъ скоро $\delta > 10 \text{ mm.}$, то ленту снабжаютъ деревянною прокладкой; но чтобъ лента оставалась достаточно гибкою, лучше дѣлать $\delta \leq 5 \text{ mm.}$ и $b \leq 80 \text{ mm.}$ Если же вычисленіе даетъ большую ширину, то слѣдуетъ уменьшить отношеніе $r : R$.

6. Размѣры тормознаго колеса. $B = \frac{5}{4}b$; $b_1 = 4 + b$; $S = 0,8\sqrt{P}$; $S_1 = 1,2S$. Число ручекъ $A = 2,5 + 0,14 \frac{R}{\sqrt{P'}}$. Высота ручки изъ слѣд. таблицы:

Фиг. 114.



$A =$	3	4	5	6	8	10
$h =$	$1,48\sqrt[3]{P'R}$	$1,34\sqrt[3]{P'R}$	$1,25\sqrt[3]{P'R}$	$1,16\sqrt[3]{P'R}$	$1,06\sqrt[3]{P'R}$	$0,97\sqrt[3]{P'R}$

Толщина главнаго ребра $\frac{h}{5}$, боковаго $\frac{h}{7}$. Длина втулки $l = B + 0,06R$; толщина втулки $W = 10 + \frac{h}{3}$. Радиусъ R для малыхъ и среднихъ подъемныхъ машинъ берутъ $= 200$ до 300 mm. Сила P' опредѣляется изъ $T - t = Qr : R$.

Примѣръ. Грузъ 3600 kg. спускается на канатѣ, свивающемся съ барабана 20^{cm} діаметромъ. Тормозное колесо имѣетъ 80^{cm} въ діаметрѣ и охвачено тормозною лентою на $\frac{3}{4}$ его окружности. Какъ велики натяженія T и t и какое нужно дать сѣченіе лентѣ?

Сила на окружности тормознаго колеса $3600 : 4 = 900 \text{ kg.}$

Охваченная дуга. $2\pi\varphi = \frac{3}{4}2\pi = \frac{3}{4} \cdot 2,3,14 = 4,71$.

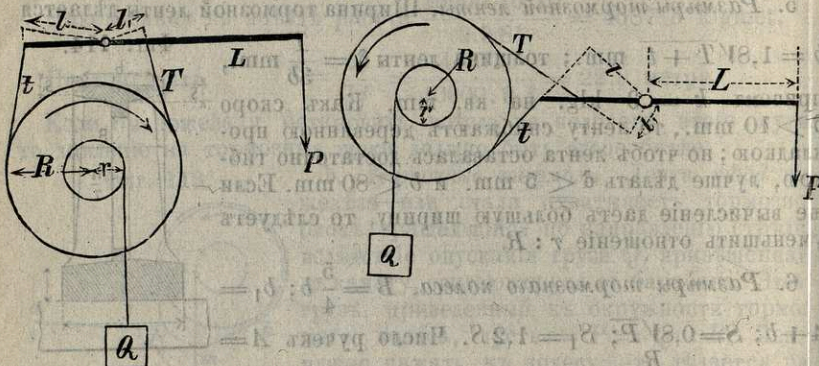
Коеффиціентъ тренія μ примемъ $= 0,5$; то $2\pi\varphi\mu = 2,355$.

А степень $2,71828^{2,355} = 2,718^{2,355} = 10,537$.

Натяжение $T = \frac{10,537}{10,537-1} P' = \frac{10,537 \cdot 900}{9,537} = 994 \text{ klg.}$ по таб-лицѣ $T = 1,1 P = 940$.
 $t = 994 - 900 = 94 \text{ klg.}$

Прочное сопротивление ленты примемъ $k = 250 \text{ klg.}$ на квадр. cent., то сѣчение ленты $= 994 : 250 = 3,98 \text{ кв. cent.}$ Примемъ ширину ленты $= 8 \text{ см.}$, толщина будетъ $0,498 \text{ см.}$

с. Дифференціальный тормозъ. (Фиг. 115 и 116) въ которомъ Фиг. 115—116.



оба конца тормозной ленты укрѣпляются къ рычагу по обѣ стороны точки вращения его, есть самый выгодный изъ ленточныхъ тормозовъ. Здѣсь

$$P = \frac{tl - Tl_1}{L} = \frac{l - \tau l_1}{\tau - 1} Q \frac{r}{R} \frac{1}{L}$$

Сдѣлаемъ $\frac{l}{l_1} = \tau$, то P будетъ $= 0$; въ этомъ случаѣ тормазъ будетъ самодействующій.

Примѣры: 1. Моментъ $Qr = 16800 \text{ klg. см.}$; $l : d = 1 : 10$. Тогда $t = PL : L$. Примемъ $P = 35 \text{ klg.}$ = усилие рабочаго; $t = 350 \text{ klg.}$ Прим. $\mu = 0,18$; $\alpha = 270^\circ$; $\mu\alpha = 0,18 \times 4,7 = 0,84$; $e^{\mu\alpha} = 2,71$; $84,0 = 2,31$ Радиусъ тормознаго колеса $R = Qr : t (e^{\mu\alpha} - 1) = 16800 : 350 (2,31 - 1) = 37 \text{ см.}$

2. Моментъ $= 12000 \text{ klgcm.}$ Примемъ $2R = 60 \text{ см.}$; сила на окружности будетъ $12000 : 30 = 400 \text{ klg.}$ Если $\mu = 0,18$ и $\alpha = 0,75$ $t = 0,8P = 320 \text{ klg.}$ (по таблицѣ). Отношеніе $L : l$ примемъ 13. Давленіе на рычагъ $T = 1,8 \times P = 1,8 \cdot 400 = 720 \text{ klg.}$; сила $P = 320 : 13 = 26 \text{ klg.}$, но $\delta bk = 729$. Примемъ $k = 300$ и $\delta = 0,1b$ то $\delta = \sqrt{0,243} = 0,5 \text{ см.}$ и $b = 10 \times 0,5 = 5 \text{ см.}$

3. Примемъ $2R = 1 \text{ м.}$; $\varphi = 0,8$; по стр. $T = 2,47$; Моментъ $= 23000 \text{ klg. см.} = Qr$. Для надежности увеличимъ его на 10% Для дифференціального тормазъ (принявъ $P = 10$, $L = 100$)

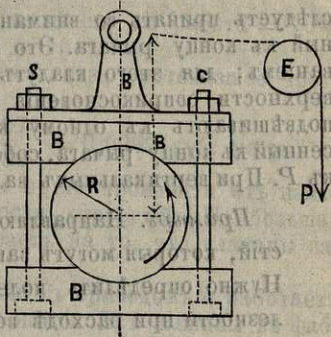
$$P = \frac{1,1 Qr (l - \tau l_1)}{(\tau - 1) R \cdot L} = \frac{1,1 \cdot 23000 (l - 2,47) l_1}{1,47 \times 50 \cdot 100} = 10;$$

$$l - 2,47 l_1 = \frac{1,50 \cdot 1,47}{1,1 \cdot 23} = \frac{73,5}{25,8} = 2,9.$$

Для $l_1 = 2l$ будет $l = 8$ см. Наибольшее натяжение въ лентѣ $T = \frac{1,1 \tau Q r}{(\tau - 1) R} = Fk 851$ klg. и наименьшее $t = \frac{1,1 Q r}{(\tau - 1) R} = 330$ klg; $\sqrt{t + T} = 34$, $b = 34.1,8 = 61$ mm. и $\delta = T : 3b = 851 : 183 = 4,6$; при $k = 4,5$ klg. получится $\delta = 3$ mm. (стальная).

Тормозный динамометръ (Прони). Этотъ аппаратъ служитъ для опредѣленія дѣйствительной (полезной) работы двигателей, водяного колеса, паровой машины и т. д. и чрезъ то даетъ средство сравнивать эту работу съ теоретической ихъ работой; точно также онъ служитъ для опредѣленія работы, потребляемой рабочими машинами или приводами. Динамометръ укрѣпляется на главномъ валу испытываемой машины и имѣетъ слѣдующія составныя части (фиг. 117).

Тормозное колесо R , щеки или подушки B изъ твердаго дерева, тормозной рычагъ D и винты S . Отъ конца тормознаго рычага идетъ канатъ на блокъ E , расположенный надлежащимъ образомъ, и къ канату укрѣпляется грузъ P .



Если теперь валъ машины вращается въ указанномъ направленіи, то чрезъ измѣненіе груза P и чрезъ постепенное нажатіе тормозныхъ подушекъ помощью винтовъ можно достигъ того, что аппаратъ приметъ положеніе, изображенное на фиг. 117, причемъ нагрузка рычага будетъ въ равновѣсіи съ треніемъ. Но какъ скоро это существуетъ, то значить вся работа, развиваемая машиною, употребляется на преодоленіе тренія и поэтому для опредѣленія работы машины нужно только опредѣлить работу тренія въ тормозѣ. Пусть P грузъ на концѣ рычага въ klg., а длина его плеча въ m.; n нормальное число оборотовъ вала машины въ минуту; R радіусъ тормознаго колеса въ m.; треніе на окружности колеса $= P \frac{a}{R}$. Такъ какъ

скорость на окружн. кол. $= \frac{2R\pi n}{60}$, то работа тренія $= P \frac{a}{R} \times \frac{2R\pi n}{60}$

куда работа $L = Pa \frac{2\pi n}{60}$ klgmet. или $N = \frac{2Pa\pi n}{60 \times 75}$ лошади. силъ.

Эта формула показываетъ, что при вычисленіи работы величина тормознаго колеса остается въ сторонѣ, ибо радіусъ R въ формулу не входитъ. Но въ практическомъ употребленіи аппарата величина колеса имѣетъ существенное вліяніе; а именно: треніе между колесомъ и подушками $= P \frac{a}{R}$, — это треніе, которое вызывается натягиваніемъ винтовъ, при маломъ радіусѣ R можетъ получиться столько, что будетъ весьма трудно натягивать винты достаточно сильно. Слѣдовательно, большое тормозное колесо облегчаетъ пользованіе аппаратомъ. Для употребленія рекомендуется

діаметръ 2*R* тормазнаго колеса дѣлать = 5 до 6 діаметрамъ вала;
ширину тормознаго » » = 1,5 діаметра вала

При этихъ размѣрахъ не происходитъ сколько нибудь замѣтнаго нагрѣванія трущихся поверхностей, къ которымъ, впрочемъ, нужно постоянно подводить мыльную воду. Собственный вѣсъ аппарата не имѣетъ вліянія.

Старые динамометры снабжались длиннымъ горизонтальнымъ рычагомъ. Здѣсь уравненіе $N = \frac{2Rapn}{60 \times 75}$ точно также примѣнимо, но

слѣдуетъ принять во вниманіе вѣсъ аппарата безъ колеса, отнесенный къ концу рычага. Это лучше всего сдѣлать прямымъ взвѣшиваніемъ; для этого кладутъ верхнюю подушку въ срединѣ ея поверхности соприкосновенія на острие, а свободный конецъ рычага подвѣшиваютъ къ одному концу коромысла вѣсовъ. Этотъ, отнесенный къ концу рычага, собственный вѣсъ нужно всегда прибавлять къ *P*. При вертикальныхъ валахъ собственный вѣсъ вліянія неимѣетъ.

Примѣръ. Направляющее колесо турбины имѣетъ 36 отверстій, которыя могутъ закрываться задвижками, клапанами и пр. Нужно опредѣлить полезную работу турбины и ея коэфф. полезности при расходѣ воды чрезъ 18, 27 и 36 направ. отверстій

При каждомъ опытѣ подводится къ турбинѣ столько воды, сколько могутъ израсходовать открытые каналы и опытъ продолжается до тѣхъ поръ, пока притокъ воды не сдѣлается постоянный.

Пусть паденіе при всѣхъ опытахъ 4^m
Длина рычага $a = 3^m$
Нормальное число оборотовъ турбины $n = 100$.

Для всѣхъ опытовъ величина $\frac{\pi a}{30,75} = \frac{3,1416 \times 3}{30,75} = 0,004189$.

Первый опытъ. 18 каналовъ турбины открыты

Пусть числа оборотовъ $n = 95 \quad 100 \quad 105$

Соотвѣствующая нагрузка $P = 44 \quad 42 \quad 39 \text{ klg.}$

Работа $= 17,59 \quad 17,58 \quad 17,15 \text{ лш. силъ.}$

Пусть количество воды = 0,570 куб. метр., то абсолютная работа воды $\frac{570,4}{75} = 30,4 \text{ лш. силы.}$ Коэфф. полезнаго дѣйствія турбины

для этихъ трехъ опытовъ $\frac{17,58}{30,4} = 0,578$; $\frac{17,59}{30,4} = 0,578$; $\frac{17,15}{30,4} = 0,564$,

т. е. турбина при ея норм. скорости даетъ 57,8% полезной работы.

Второй опытъ. 27 каналовъ турбины открыты.

Число обор.	Нагрузка. <i>P</i>	Полезная работа.	Количество воды.	Абсолютная работа.	Коэфф. полезнаго дѣйствія.
94	74 klg.	29,13	0,820	43,73	0,666
101	69,5	29,41	куб. метр.	лш. силы.	0,674
105	66	29,01	»	»	0,663

Турбина даетъ поэтому при нормальной скорости почти 67% полезной работы.

Третій опытъ. Всѣ 36 каналовъ турбины открыты.

96	99	39,82	1,075	57,33	0,695
100	96	40,11	кубич.	лошад.	0,700
107	87,5	39,09	метр.	силы.	0,682

Когда турбина работаетъ полною, полезная ея работа = 70% абсолютной работы воды.

При этихъ трехъ опытахъ количество воды, протекавшее чрезъ одинъ каналъ, было:

$$\frac{0,570}{18} = 0,0315; \quad \frac{0,820}{27} = 0,0304; \quad \frac{1,075}{36} = 0,0297 \text{ куб. метр.}$$

Эти величины очень близки. Разности могли произойти отъ измѣренія количества воды и отъ неравности отверстій. Наибольшая величина при первыхъ опытахъ указываетъ на то, что клапаны за-
пираются не вполне.

Четвертый опытъ. Турбина соединена съ приводомъ и работаетъ при полномъ притоки воды, какъ въ 3 опытѣ. Всѣ машины въ фабрикѣ остановлены. Тормазъ нагруженъ такъ, что имѣемъ: $n = 100$, $P = 82$ килогр. Получилось облегченіе или разгруженіе на $96 - 82 = 14$ klg. Поэтому приводъ поглощаетъ работу $40,11 \times \frac{14}{96} = 5,85$ лош. силъ.

Пятый опытъ. Все остается какъ въ 4 опытѣ, только присоеди-
нены еще машины одной мастерской и динамометръ соответственно разгруженъ. Пусть $n = 100$, $P = 50$ klg. Поэтому дальнѣйшее раз-
руженіе нажима = $96 - 14 - 50 = 32$; слѣдов., мастерская расхо-
удетъ $40,11 \times \frac{32}{96} = 13,37$ лош. силъ.

Шестой опытъ. Вся фабрика въ ходу. Пусть $n = 100$, $P = 8$ klg. Слѣд., динамометръ поглощаетъ $40,11 \times \frac{8}{96} = 3,34$ лош. силъ; по-
тому фабрика употребляетъ для производства $40,11 - 3,34 = 36,77$.

Седьмой опытъ. Если нагрузимъ динамометръ такъ сильно, что турбина остановится, то вся открытая турбина будетъ расходовать известное количество воды. Послѣ того, какъ уровень воды держится некоторое время постояннымъ, измѣряемъ количество воды; находимъ 1,115 куб. метр. Слѣдов., турбина во время остановки расходуетъ $1,115 - 1,075 = 0,040$ куб. м. или въ пропорціи 1,035:1 болѣе, чѣмъ при ея нормальной скорости вращенія.

Восьмой опытъ. Динамометръ снимаемъ, разобщаемъ турбину отъ привода и пускаемъ на турбину 1,075 куб. м. воды, какъ въ 3 опытѣ. Скорѣ скоро уровень воды установится на одной мѣрѣ, считаемъ число оборотовъ турбины. Находимъ 198. Слѣдов., турбина дѣлаетъ столько же порожнемъ ходѣ весьма приблизительно вдвое большее число оборотовъ, чѣмъ при ея наивыгоднѣйшей скорости.

V. Механизмъ кривошипа.

А. Кривошипъ.

а. Рукоятка.

Высота вала рукоятки надъ поломъ 1 до 1,1 м. (40 до 44 д.)

Радиусъ рукоятки для 2 рабоч. $R = 360 \text{ » } 450 \text{ » } \left(14 \frac{1}{2} \text{ » } 18 \text{ » } \right)$

» » 1 » $R = 300 \text{ » } 400 \text{ » } (12 \text{ » } 16 \text{ » })$

Длина ручки для 2 рабочихъ $l = 400 \text{ » } 480 \text{ » } \left(16 \text{ » } 19 \frac{1}{4} \text{ » } \right)$

» » 1 » $l = 300 \text{ » } 350 \text{ » } (12 \text{ » } 14 \text{ » })$

Толщ. руч. жел. или облож. дер. $d = 30 \text{ » } 45 \text{ » } \left(1 \frac{1}{4} \text{ » } 1 \frac{3}{4} \text{ » } \right)$

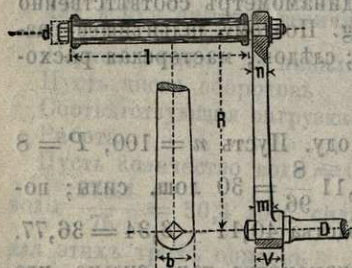
Толщина вала при 2 рабочихъ $D = 30 \text{ » } 35 \text{ » } \left(1 \frac{5}{8} \text{ » } 1 \frac{3}{4} \text{ » } \right)$

» » 1 » $D = 40 \text{ » } 45 \text{ » } \left(1 \frac{1}{4} \text{ » } 1 \frac{3}{8} \text{ » } \right)$

Толщина плеча рукоятки у вала для 2 раб. $\frac{45}{45} \text{ » } \left(1 \frac{3}{4} \text{ д. } \right)$

» » » » 1 » $\frac{35}{35} \text{ » } \left(1 \frac{3}{8} \text{ » } \right)$

Фиг. 118—119.



Или берутъ $m = 18 : 15$; $n = 15 : 18$
или $m = n = 20$; $v = 60 : 80$; $b = D + 10 \text{ mm.}$

Сила одного человѣка на рукояткѣ $p = 10 \text{ до } 15 \text{ килогр. (24 до 36 фунт.)}$

Скорость на окружности $v = 1 \text{ до } 0,6 \text{ метра } \left(3 \frac{1}{4} \text{ фут. до } 2 \text{ фут. } \right)$.

Двѣ рукоятки на одномъ валу выгоднѣе всего ставить подѣ 120° одна къ другой.

б. Кривошипъ.

1. Наибольшее давленіе въ шатунѣ есть также наибольшее давленіе напалецъ кривошипа, такъ что

$$P = Q \left(1 + 0,5 \left(\frac{r}{L} \right)^2 \right) \text{ килограмм.,}$$

если Q дѣйствующее на поршень давленіе въ килогр.; r длина кривошипа въ миллиметрахъ, L длина шатуна въ mm.

при $\frac{r}{L} = \frac{1}{4}$ $P = 1,03 Q$; при $\frac{r}{L} = \frac{1}{5}$ $P = 1,02 Q$; при $\frac{r}{L} = \frac{1}{6}$

$$P = 1,01 Q.$$

Для пальца кривошипа $i = 1,25$ и $d = 126\sqrt{P}$ для пальца из желѣза въ мм.
 $i = 1,40$ и $d = 1,1\sqrt{P}$ для пальца изъ литой стали, въ мм.

2) Желѣзный кривошипъ. Фиг. 120—121. Плечо кривошипа рассчитывается по сложному сопротивленію, на сгибаніе и на скручиваніе. Это сложное сопротивление можно замѣнить идеальнымъ сгибающимъ моментомъ

$$M_1 = \frac{3}{8} Pr + \frac{5}{8} P \sqrt{r^2 + c^2}$$

гдѣ c разстояніе середины пальца отъ средней плоскости плеча кривошипа.

Высоту плеча h принимаютъ на взглядъ такъ, чтобы $i = 1,15D$ до $3D$ и тогда вычисляють толщину плеча по формулѣ

$$b = \frac{6M_1}{Sh^2}$$

причемъ $S = 6$ килогр. для желѣза; $s = 8$ килогр. для литой стали.

Втулкѣ пальца плечо суживается до $i_1 = 0,66i$. Далѣе $m = 1,5d$ $\delta = 0,5d$ для втулки пальца и $w = 0,45D$ при $s = 2w$; $w = 0,42D$ при $s = 2,5w$; $w = 0,4d$ при $s = 3w$ для втулки вала.

Проще брать по

Фиг. 122—123.

Фиг. 122—123.

Фиг. 122—123.

Фиг. 122—123.

Фиг. 122—123.

Фиг. 122—123.

Фиг. 122—123.

Фиг. 122—123.

Фиг. 122—123.

Фиг. 122—123.

Фиг. 122—123.

Фиг. 122—123.

Фиг. 122—123.

Фиг. 122—123.

Фиг. 122—123.

Фиг. 122—123.

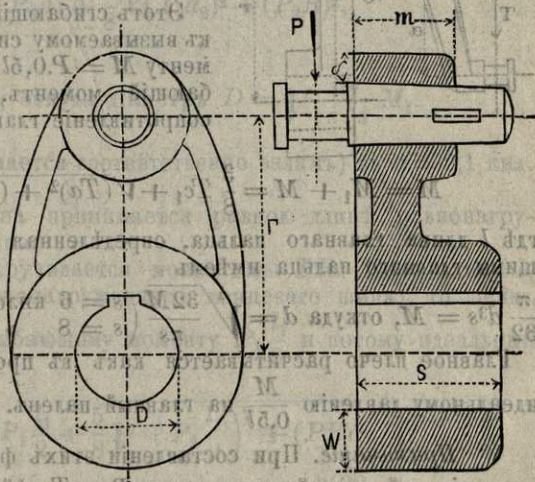
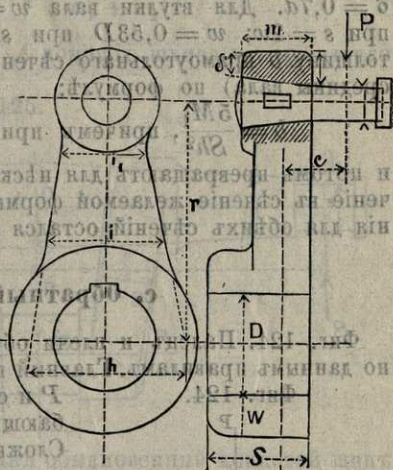
Фиг. 122—123.

Фиг. 122—123.

Фиг. 122—123.

Фиг. 122—123.

Фиг. 122—123.



хъ 0,40 и малыхъ 0,45D при длинѣ D; въ желѣзнопровкатныхъ шинахъ 0,40D и $b = 1,25$ толще, чѣмъ дано выше. Для воздухо-

дувныхъ и водоподъемныхъ машинъ прямого дѣйствія достаточно 0,8*d*, какъ толщины кривошипа.

Такъ какъ наибольшая толщина поршневого стержня изъ мелкозернистаго желѣза или изъ обыкновенной стали для большихъ машинъ $d = 0,084 \sqrt{P}$ и для малыхъ $0,09 \sqrt{P}$ въ сант., то можно вообще брать: $d_1 = 1,25d$ для толщины пальца изъ литой стали.

3. Чугунный кривошипъ. Фиг. 122—123. Для втулки пальца $m = 2d$, $\delta = 0,7d$. Для втулки вала $w = 0,65D$ при $s = 2w$; $w = 0,56D$ при $s = 3w$; $w = 0,53D$ при $s = 3w$. Прежде всего вычисляютъ толщину b прямоугольнаго сѣченія плеча (избравъ r и ширину h середины вала) по формулѣ:

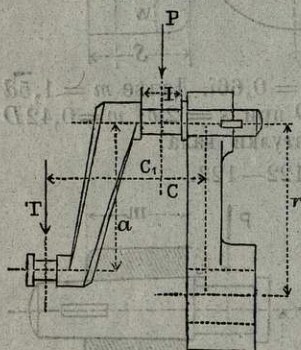
$$b = \frac{5M_1}{Sh^2}, \text{ причемъ принимаютъ } s = 3 \text{ килограмм.}$$

и потомъ превращаютъ для нѣсколькихъ мѣстъ прямоугольное сѣчение въ сѣченіе желаемой формы такъ, чтобы моментъ сопротивленія для обѣихъ сѣченій остался одинъ и тотъ же.

с. Обратный кривошипъ.

Фиг. 124. Палецъ и плечи обратнаго кривошипа рассчитываются по даннымъ правиламъ. Главный палецъ подвергается сгибанію силою P и сгибанію и крученію силою T ; сгибающій моментъ Tc и скручивающій Ta .

Фиг. 124.



Сложное сопротивленіе силъ T можно выразить идеальнымъ сгибающимъ моментомъ.

$$M_1 = \frac{3}{8} Tc_1 + \frac{5}{8} \sqrt{(Ta)^2 + (Tc_1)^2}.$$

Этотъ сгибающій моментъ прибавляется къ вызываемому силою P сгибающему моменту $M = P \cdot 0,5l$ и даетъ идеальный сгибающій моментъ, выражающій полное сопротивленіе главнаго пальца

$$M = M_1 + M = \frac{3}{8} Tc_1 + \sqrt{(Ta)^2 + (Tc_1)^2} + 0,5Pl,$$

гдѣ l длина главнаго пальца, опредѣленная по силѣ P . Для толщины главнаго пальца имѣемъ

$$\frac{\pi}{32} d^3 s = M, \text{ откуда } d = \sqrt[3]{\frac{32M}{\pi s}} \begin{cases} s = 6 \text{ килогр. для желѣза.} \\ s = 8 \text{ } > \text{ для литой стали} \end{cases}$$

Главное плечо рассчитывается какъ въ простомъ кривошипѣ, идеальному давленію $\frac{M}{0,5l}$ на главный палецъ.

Примѣчаніе. При составленіи этихъ формулъ взять неблаприятный случай, когда силы P и T дѣйствуютъ по одному направленію.

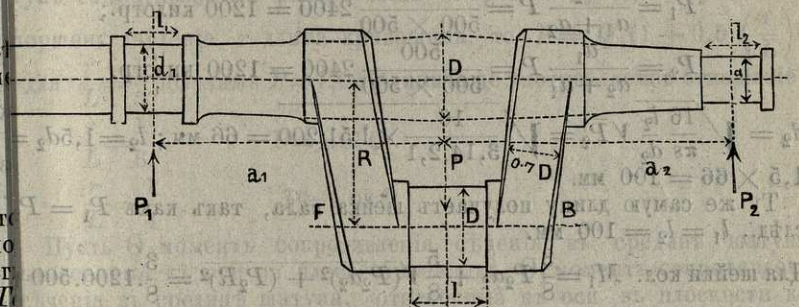
д. Колѣнчатый валъ.

Пусть P килограмм. наибольшее давленіе въ шатунѣ есть также наибольшее давленіе на шейку D ; R длина колѣна въ миллиметр.; a_1 разстоянія шейки колѣна отъ подшипниковъ, то давленіе на ба подшипника:

$$P_1 = \frac{a_2}{a_1 + a_2} P; P_2 = \frac{a_1}{a_1 + a_2} P.$$

Передача силы происходитъ при A помощью шкива или зубчатого колеса.

Фиг. 125.



Шипъ P_2 . Онъ рассчитывается какъ обыкновенный концевой шипъ и напряженіи матеріала 2,1 килограм. на 1 кв.др. миллиметр. Шейка колѣна P . Она сгибается моментомъ $P_2 a_2$ и скручивается моментомъ $P_2 R$; слѣдовательно, сгибается идеальнымъ моментомъ

$$M_1 = \frac{3}{8} P_2 a_2 + \frac{5}{8} V (P_2 a_2)^2 + (P_2 R)^2,$$

$$\frac{\pi}{32} D^3 s = M_1; \text{ откуда діаметръ } D = \sqrt[3]{\frac{32}{\pi \cdot s} M_1}.$$

Напряженіе s принимается соотвѣтственно валамъ) въ $s = 2,1$ кил. 1 кв. мм.

Длина l шейки колѣна принимается равною длинѣ равнонагруженного концеваго шипа.

Шейка P_1 . Она скручивается моментомъ PR . Если длина l_1 редѣлена (длина равнонагруженного концеваго шипа), то шейка противляется еще сгибающему моменту $P_1 \frac{l_1}{2}$ и потому идеальный сгибающій моментъ

$$m_1 = \frac{3}{8} P_1 \frac{l_1}{2} + \frac{5}{8} V \left(P_1 \frac{l_1}{2} \right)^2 + (PR)^2$$

$$\frac{\pi}{32} d_1^3 s = m_1; \text{ откуда діаметръ } d_1 = \sqrt[3]{\frac{32}{\pi s} m_1}$$

Валь вѣ подшипника скручивается моментомъ PR и рассчитывается по даннымъ для валовъ. Плечо колѣна B сильнѣе всего напряжено въ концѣ у шейки колѣна; плечо F въ концѣ у вала. Однако въ практикѣ неудобно придавать колѣну соответствующія этому формы; пропорціонируютъ плеча по отношеніямъ фиг. 125, причемъ они выходятъ достаточно крѣпкими. Можно также увеличивать постепенно размѣры обѣихъ частей вала отъ шиповъ до діаметра шейки колѣна, гдѣ хватается шатунъ.

Примѣръ. Расчитать желѣзный колѣнчатый валь для $P = 2400$ килогр.; $a_1 = a_2 = 500R = 250$ мм.

$$P_1 = \frac{a_2}{a_1 + a_2} P = \frac{500}{500 + 500} 2400 = 1200 \text{ килогр.};$$

$$P_2 = \frac{a_1}{a_2 + a_1} P = \frac{500}{500 + 500} 2400 = 1200 \text{ килогр.}$$

$$d_2 = \sqrt{\frac{16}{\pi s} \frac{l_2}{d_2} V P_2} = \sqrt{\frac{16}{3,14 \cdot 2,1} \times 1,51 \cdot 200} = 66 \text{ мм.}; l_2 = 1,5 d_2 = 1,5 \times 66 = 100 \text{ мм.}$$

Ту же самую длину получаетъ шейка вала, такъ какъ $P_1 = P_2$; слѣд., $l_1 = l_2 = 100$ мм.

$$\text{Для шейки кол. } M_1 = \frac{3}{8} P_2 a_2 + \frac{5}{8} V (P_2 a_2)^2 + (P_2 R)^2 = \frac{3}{8} \cdot 1200 \cdot 500 +$$

$$\frac{5}{8} V (1200 \cdot 500)^2 + (1200 \cdot 500)^2 = 645000; D = \sqrt[3]{\frac{32}{\pi \cdot s} M_1} = \sqrt[3]{\frac{32}{\pi \cdot 2,1} 645000} = 145 \text{ мм.}$$

Разсматривая шейку колѣна какъ концевой шипъ, діаметръ шейки былъ бы:

$$D_1 = \sqrt{\frac{16}{\pi s} \frac{l}{a} V P} = \sqrt{\frac{\pi \cdot 2,1}{16} 1,5 \cdot 2400} = 92 \text{ мм. при } l = 92 \cdot 1,5 = 138 \text{ мм. длины.}$$

Эту же длину даютъ шейкѣ колѣна; слѣд., $l = 138$ мм. Для второй шейки вала $m_1 = \frac{3}{8} P_1 \frac{l_1}{2} + \frac{5}{8} V \left(P_1 \frac{l_1}{2} \right)^2 + (PR)^2 = \frac{3}{8} \cdot 1200 \cdot 50$

$$\frac{5}{8} V (1200 \cdot 50)^2 + (2400 \cdot 250)^2 = 397500; d_1 = \sqrt[3]{\frac{32}{\pi \cdot s} m_1} = \sqrt[3]{\frac{32}{\pi \cdot 2,1} 397500} = 124 \text{ мм.}$$

Внѣшнее продолженіе вала по моменту $PR = 2400 \cdot 250 = 600000$ по таблицамъ получаетъ діаметръ $d_3 = 115$ мм. Въ случаѣ, если этомъ концѣ насаживается маховикъ, то берутъ діаметръ въ 1,25 болѣе, т. е. $115 \cdot 1,25 = 145$ мм.; въ каковомъ случаѣ нужно взять и $d_1 = 145$ мм.

В. Шатунъ.

Въ новѣйшее время почти исключительно дѣлается изъ стали или изъ желѣза и получаетъ б. ч. круглое сѣченіе, въ очень быстроходныхъ машинахъ, напр. локомотивахъ, прямоугольное или тавровое съ округленіемъ вверху и внизу; тавровое сѣченіе получается изъ прямоугольнаго на продольносверлильной машинѣ. Чугунные шатуны встрѣчаются только въ старыхъ машинахъ и имѣютъ крестообразное сѣченіе. Въ лѣсопильных станкахъ употребляются иногда деревянные шатуны прямоугольнаго сѣченія и дѣлаются лучше всего изъ ясени.

I. *Опредѣленіе размѣровъ шатуна.* Пусть L длина между серединами подшипниковъ въ метр., P сила въ килогр, съ которою шатунъ сопротивляется раздробленію и Q килогр. дѣйствующее на поршень давленіе, r длина кривошина, то $P = Q (1 + 0,5 \left(\frac{r}{L}\right)^2)$

для $\frac{r}{L} = \frac{1}{5}$ получимъ $P = 1,02 Q$ (наичаще употребляемое отношеніе)

$$\frac{r}{L} = \frac{1}{6} \quad P = 1,01 Q$$

$$\frac{r}{L} = \frac{1}{4} \quad P = 1,03 Q$$

Пусть Θ моментъ сопротивленія сѣченія въ срединѣ шатуна, отнесенный къ оси въ плоскости шиповъ, Θ_1 моментъ сопротивленія сѣченія въ срединѣ шатуна, отнесенный къ оси въ плоскости качанія, E модуль упругости на кв. мм., s коэффициентъ прочности въ плоскости качанія, s_1 коэффициентъ прочности въ плоскости шиповъ, то для плоскости качанія:

$$P = \frac{\pi^2}{s} \times \frac{\Theta E}{L^2} \times \frac{1}{1000000};$$

$$\Theta = \frac{1000000 P s L^2}{\pi^2 E};$$

$$s = \frac{\pi^2 \Theta E}{1000000 P L^2}$$

для плоскости шиповъ:

$$P = \frac{4\pi^2}{s_1} \times \frac{\Theta_1 E}{L^2} \times \frac{1}{1000000};$$

$$\Theta_1 = \frac{1000000 P s_1 L^2}{4\pi^2 E};$$

$$s_1 = \frac{4\pi^2 \Theta_1 E}{1000000 P L^2}$$

Практика машиностроенія въ отношеніи коэфф. прочности шатуновъ представляетъ очень значительныя разности. А именно:

$s=30$ до 70 въ пароводныхъ машинахъ

$s=30$ до 50 въ малыхъ постоянныхъ машинахъ

$s=12$ до 25 въ большихъ и среднихъ машинахъ, среднее $s=18$.

$s=10$ до 16 въ локомотивахъ

Слѣдующія формулы даютъ поперечное сѣченіе въ срединѣ шатуна:

а) *Круглое сѣченіе*. Для желѣза и стали: $D = 3,2 \sqrt[4]{sRL^2}$ мм;
 $s = \frac{104,8D^4}{PL^2}$; $s_1 = 4s$;

для чугуна $D = 3,8 \sqrt[4]{sPL^2}$ мм; $s = \frac{208,5D^4}{PL^2}$; $s_1 = 4s$.

Круглые желѣзные шатуны въ концѣ у поползушки дѣлаются $1,05d$;
у кривошипа $1,1d$; въ маленькихъ машинахъ на обоихъ концахъ $1\frac{1}{6}d$,
гдѣ d діаметръ стержня поршня. Толщина на срединѣ $1,05d + \frac{1}{90}L$
до $1,05d + \frac{1}{80}L$ и въ скороходныхъ машинахъ $1,05d = \frac{1}{70}L$.

б) *Прямоугольное сѣченіе*. Для стали и желѣза: $h = 3,5 \sqrt[4]{sPL^2}$ мм;
 $b = 0,416h$; $s = \frac{164,5h^4}{PL^2}$; $s_1 = 0,7s$;

для ясени: $h = 7,2 \sqrt[4]{sPL^2}$ мм; $b = 0,416h$; $s = \frac{2687h^4}{PL^2}$; $s_1 = 0,7s$.

Прямоугольные желѣзные шатуны у поползушки дѣлаются высотой
 $\frac{1}{6}$ до $1\frac{1}{5}d$ и толщиной 0,75 до $0,7d$; у кривошипа $\frac{1}{6}$ до $1\frac{1}{5}d_1$ (d_1
діаметръ пальца кривошипа) при $0,8d$ толщины, гдѣ d діаметръ
стержня поршня.

Въ шатунахъ прямоугольнаго сѣченія въ скороходныхъ машинахъ,
принимая въ соображеніе изгибъ (вслѣдствіе ускоренія ихъ массъ)
въ плоскости качанія дѣлають $n = \frac{10}{7} s_1$, что достигается при $b =$
 $0,416h$.

с) *Крестообразное сѣченіе*. Для чугуна: Прежде всего опредѣ-
ляютъ діаметръ D мм. необходимаго круглаго сѣченія и превра-
щаютъ его въ равносильное крестообразное по формулѣ

$$H = 0,87D \sqrt[4]{\frac{1}{\left(\frac{H}{b}\right)^3 + \frac{H}{b} - 1}},$$

гдѣ H высота ребра, b ширина его, $\frac{H}{b}$ выбираемое между ними от-
ношеніе

$\frac{H}{b}$	4	5	6	7	8
b	$0,304D$	$0,260D$	$0,228D$	$0,201D$	$0,183D$
H	$1,216D$	$1,300D$	$1,368D$	$1,407D$	$1,464D$

Если дано поперечное сечение, то измѣряютъ $\frac{H}{b}$, опредѣляютъ по-
мощію этой таблицы соответствующую величину D и по формулѣ
а) опредѣляютъ соответствующую надежность.

Примѣръ 1. Желѣзный шатунъ въ 2100 мм. длиною долженъ
передавать давленіе 12000 килогр. Каковы должны быть его раз-
мѣры при 18 кратной надежности?

а) при кругломъ поперечномъ сѣченіи:

$$D = 3,2 \sqrt[4]{sPL^2} = 3,2 \sqrt[4]{18 \cdot 12000 \cdot 2,1^2} = 100 \text{ мм. діаметръ}$$

б) при прямоугольномъ сѣченіи:

$$h = 3,5 \sqrt[4]{sPL^2} = 3,2 \sqrt[4]{18 \cdot 12000 \cdot 2,1^2} = 110 \text{ мм. высота}$$

$$b = 0,417h = 0,417 \cdot 110 = 46 \text{ мм. ширина.}$$

Примѣръ 2. Какія размѣры должно дать шатуну 1-го при-
мѣра, если нужно сдѣлать изъ чугуна и съ крестообразнымъ
сѣченіемъ?

$$\text{Идеальный діаметръ } D = 3,84 \sqrt[4]{sPL^2} = 3,84 \sqrt[4]{18 \cdot 12000 \cdot 2,1^2} = 120 \text{ мм.}$$

$$\text{Высота ребра (выбравъ } \frac{H}{d} = 5) \quad H = 1,3D = 1,3 \cdot 120 = 156 \text{ мм.}$$

$$\text{Толщина } b = 0,260 D = 0,260 \cdot 120 = 31 \text{ мм.}$$

Примѣръ 3. Желѣзный шатунъ паровой машины имѣетъ
діаметръ въ срединѣ $D = 132$ мм. при длинѣ 1580 мм. На ка-
кую надежность онъ рассчитанъ, если давленіе $P = 28000$ килогр.?

$$s = \frac{D^4}{105PL^2} = \frac{132^4}{105 \cdot 28000 \cdot 1,58^2} = 41 \text{ кратная надежность.}$$

Примѣръ 4. Деревянный шатунъ горизонтальной лѣсопилки
сопротивляется давленію 550 килогр. Если длина его = 3,2 метра
и надежность въ плоскости качанія $s = 16$, то каковы будутъ
размѣры прямоугольнаго сѣченія?

$$h = 7,2 \sqrt[4]{sPL^2} = 7,2 \sqrt[4]{16 \cdot 550 \cdot 3,2^2} = 125 \text{ мм.; } b = 0,417h = 0,417 \cdot 125 = 52 \text{ мм.}$$

Примѣръ 5. Товарный локомотивъ имѣетъ діаметръ цилиндра
440 мм.; шатунъ имѣетъ длину 1550 мм. и прямоугольное сѣ-
ченіе (сверху и снизу округленное) $h = 90$ мм. и $b = 40$ мм.
Какъ велика надежность шатуна, если наибольшее дѣйствующее
давленіе пара принимается 8 атмосферъ?

$$\text{Наибольшее давленіе на поршень } Q = \frac{\pi}{4} \times 44^2 \times 1,8 = 12160 \text{ килогр.}$$

Давленіе на шатунъ $P = Q(1 + 0,5\lambda^2) = 12160(1 + 0,5 \cdot 0,2^2) =$
почти 12400 килогр.

$$\text{Для плоскости качанія } P = \frac{\pi^2}{s} \times \frac{\Theta \cdot E}{L^2} \frac{1}{1000000}; \text{ слѣдовательно,}$$

$$s = \frac{\pi^2 \Theta E}{PL^2 1000000} = \frac{\pi^2 \frac{40 \cdot 90^3}{12} \cdot 20000}{12401 \cdot 1,55^2 \cdot 1000000} = 16,1.$$

Для плоскости шиповъ

$$s_1 = \frac{4\pi^2 \Theta_1 E}{PL^2 1000000} = \frac{4\pi^2 \frac{90 \cdot 40^3}{12} \cdot 20000}{12400 \cdot 1,55^2 \cdot 1000000} = 12,7.$$

Примръ 6. Въ томъ же самомъ локомотивѣ находящееся въ срединѣ ведущее колесо соединено съ переднимъ и съ заднимъ колесами. Длина обоихъ шатуновъ 1,85 метровъ и сѣченіе на срединѣ 75 мм. высотой и 33 мм. толщиной. Какова надежность шатуновъ?

Сила на ведущемъ шатунѣ была 12400 килогр.

$$\text{Сила на соединительныхъ шатунахъ } \frac{12400}{3} = 4133 = \text{почти } 4140$$

килогр.

Для плоскости качанія

$$s = \frac{\pi^2}{P} \times \frac{\Theta E}{L^2} \times \frac{1}{1000000} = \frac{\pi^2 \frac{33 \cdot 75^3}{12} \cdot 20000}{4140 \cdot 1,85^2 \cdot 1000000} = 16,16.$$

Для плоскости шиповъ

$$s_1 = \frac{4\pi^2}{P} \times \frac{\Theta_1 E}{L^2} \times \frac{1}{1000000} = \frac{4\pi^2 \frac{75 \cdot 33^3}{12} \cdot 20000}{4140 \cdot 1,85^2 \cdot 1000000} = 12,5.$$

Слѣд., соединительные шатуны имѣютъ почти ту же надежность, какъ и ведущій.

Примръ 7. Испытанный тавровый соединительный шатунъ локомотива имѣетъ въ срединѣ размѣры: $h_0 = 80$ мм.; $b =$

10 мм.; $B = 47$ мм.; $c = 15$ мм.; $L = 2450$ мм.

$P = 4950$ килогр. Определить его надежность.

$$\text{Для плоскости качанія: } \Theta = \frac{47 \cdot 80^3 - 37 \cdot 50^3}{12} = \text{почти } 1620000 \text{ и}$$

$$\text{надежность}$$

$$s = \frac{\pi^2}{P} \times \frac{\Theta E}{L^2} \times \frac{1}{1000000} = \frac{\pi^2 \cdot 1620000 \cdot 20000}{4950 \cdot 2,45^2 \cdot 1000000} = 10,7 \text{ кратная.}$$

$$\text{Для плоскости шиповъ: } \Theta_1 = \frac{2 \cdot 15 \cdot 47^3 + 59 \cdot 10^3}{12} = 263724$$

$$s_1 = \frac{4\pi^2}{P} \frac{\Theta_1 E}{L^2} \frac{1}{1000000} = \frac{4\pi^2 \cdot 263724 \cdot 20000}{4950 \cdot 2,45^2 \cdot 1000000} = 7 \text{ кратная надеж-}$$

ность.

II. Головка шатуна. Различают «открытыя головки съ скобами» «глухія или закрытыя» изъ одного куска съ шатуномъ. Закрытыя

головки предпочитаютъ открытымъ, потому что крѣпче и дешевле.—Фиг. 126—127

представляетъ открытую головку для концеваго шипа пальца); единица относительныхъ размѣровъ $d_1 = 1+5$ при d мм. толщины пальца. Дѣлаютъ:

$e = 2e$, если $e = 3+0,07d$;

$b = 0,8e$; $g = d + 2b$;

$f = 0,22d_1$; $f = 0,32d_1$;

$k = 0,56d_1$; $m = 0,4d_1$;

$n = 0,2d_1$; $\delta = 0,17d_1$;

$h = 0,11d_1$; $p = 2h$.

Фиг. 128—129 представ-

ляетъ закрытую головку для концеваго шипа. Такая головка въ скобѣ бѣлается почти на $10\frac{0}{10}$ толще, чѣмъ открытая; и потому $c = 0,24d_1$

$f = 0,35d_1$; остальные

размѣры какъ въ открытой

головкѣ. Если $d > 120$ мм.,

потребляютъ часто 2 чеки,

размѣръ коихъ $k = 0,34d_1$;

$s = 0,14d_1$. При s встав-

ляется коробка для смазки

укрѣпляется 2 винтиками.

Предъидущія соотношенія

предполагаютъ шипы сталь-

ные, длиною $l = 1,4d$. При

меньшей длинѣ берутъ f

немного болѣе. Впрочемъ,

послѣ того какъ головка про-

порціонирована и вычисле-

на, весьма полезно опредѣ-

лить натяженіе въ скобѣ.

Если разсматривать части

на обоихъ концахъ сложенными вмѣстѣ и нагруженными равно-

ѣрно, то $P \frac{g}{8} = s \frac{pf^2}{6}$, откуда $s = P \frac{g}{8} \frac{6}{pf^2}$ килогр. напряженія на

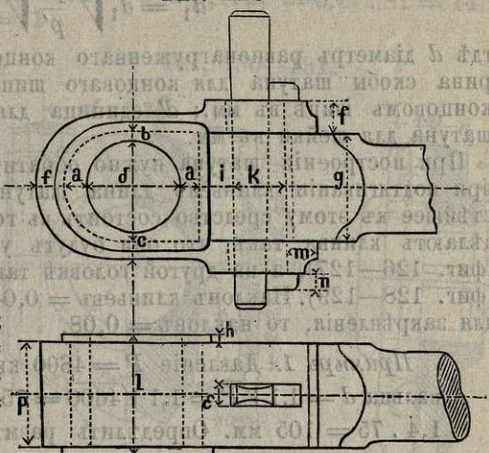
1 кв. мм. Это напряженіе не должно превосходить 6 килограммовъ.

Растягивающее усиліе въ обѣихъ частяхъ s всегда менѣе и именно

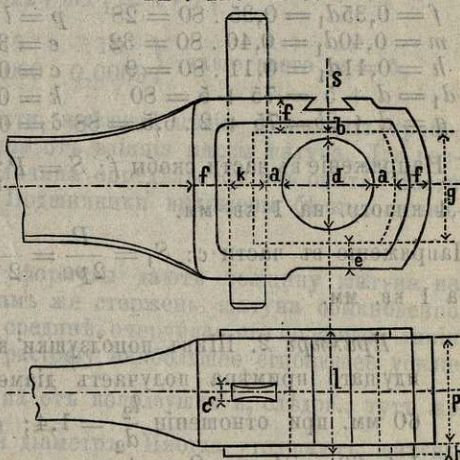
$2pc S_1 = P$, откуда $S_1 = \frac{P}{2pc}$.

Данныя выше соотношенія годятся также для шеекъ или шиповъ,

Фиг. 126—127.



Фиг. 128—129.



укрѣпленныхъ обоими концами, если примемъ единицу для относительныхъ размѣровъ:

$$d_1' = d_1 \sqrt{\frac{p}{p'}} \sqrt{\frac{d'}{d}},$$

гдѣ d діаметръ равнонагруженнаго концоваго шипа въ мм.; p ширина скобы шатуна для концоваго шипа въ мм.; d_1 единица при концовомъ шипѣ въ мм.; d' единица для шейки, p' ширина скобы шатуна для шейки въ мм.

При построеніи шатуна нужно обратить вниманіе на то, чтобы при подтягиваніи клиньевъ длина шатуна не увеличивалась. Простѣйшее къ этому средство состоятъ въ томъ, что въ одной головкѣ дѣлаютъ клинья такъ, что они будутъ увеличивать длину шатуна (фиг. 126—127), а на другой головкѣ такъ, чтобы они ее уменьшали (фиг. 128—129). Наклонъ клиньевъ $= 0,04$; но если имѣется винтъ для закрѣпленія, то наклонъ $= 0,08$.

Примѣръ 1. Давленіе $P = 4600$ килогр. Діаметръ стального пальца $d = 1,1 \sqrt{P} = 1,1 \sqrt{4600} = 75$ мм. при длинѣ $l = 1,4d = 1,4 \cdot 75 = 105$ мм. Опредѣлить размѣры закрытой головки шатуна и напряженія въ скобѣ?

$$\begin{aligned} d &= 75; l = 105 & i &= 0,5d_1 = 0,5 \cdot 80 = 40 \\ b &= 0,8e = 0,8 \cdot 8 = 6,5 & n &= 0,20d_1 = 0,20 \cdot 80 = 16 \\ f &= 0,35d_1 = 0,35 \cdot 80 = 28 & p &= l - 2h = 105 - 2 \cdot 9 = 87 \\ m &= 0,40d_1 = 0,40 \cdot 80 = 32 & e &= 3 + 0,07d_1 = 3 + 0,07 \cdot 75 = 8 \\ h &= 0,11d_1 = 0,11 \cdot 80 = 9 & c &= 0,24d_1 = 0,24 \cdot 80 = 19 \\ d_1 &= d + 5 = 75 + 5 = 80 & k &= 0,56d_1 = 0,56 \cdot 80 = 45 \\ g &= d + 2b = 75 + 2 \cdot 6,5 = 88 & \delta &= 0,17d_1 = 0,17 \cdot 80 = 14. \end{aligned}$$

Напряженіе въ части скобы f : $S = P \frac{g}{8} \frac{6}{pf^2} = 4600 \frac{88}{8 \cdot 87 \cdot 28^2} = 4,4$ килогр. на 1 кв. мм.

Напряженіе въ части c : $S_1 = \frac{P}{2pc} = \frac{4600}{2 \cdot 87 \cdot 19} =$ почти 1,4 килогр. на 1 кв. мм.

Примѣръ 2. Шипъ поползушки къ пальцу кривошипа предѣдущаго примѣра получаетъ діаметръ $d_2 = 0,8d = 0,8 \cdot 75 = 60$ мм. при отношеніи $\frac{l_2}{d_2} = 1,4$; слѣдовательно, $l_2 = 1,4d_2 = 1,4 \cdot 60 = 84$ мм. Опредѣлимъ главные размѣры открытой головки шатуна и напряженія въ скобѣ:

$$d_2 = 60; l_2 = 84; d_1 = 80; e = 0,07d_2 + 3 = 3 + 0,07 \times 60 = \text{почти } 7.$$

Примемъ h немного меньше, чѣмъ въ пальцѣ, напр., $h = 8$; то ширина скобы $p' = l_2 - 2h = 84 - 2 \times 8 = 68$; такъ что единица для размѣровъ

$$d_1' = d_1 \sqrt{\frac{p}{p'}} \sqrt{\frac{d'}{d}} = 80 \sqrt{\frac{87}{68}} \sqrt{\frac{60}{75}} = 81 \text{ мм.}$$

$$\begin{aligned} b &= 0,8e = 0,8 \times 7 = \text{почти } 6 & n &= 0,2d_1' = 0,5 \cdot 81 = 16 \\ f &= 0,32d_1' = 0,32 \cdot 81 = 26 & c &= 0,24d_1' = 0,24 \cdot 81 = 19 \\ m &= 0,40d_1' = 0,40 \cdot 81 = 32 & k &= 0,56d_1' = 0,56 \cdot 81 = 45 \\ g &= d_2 + 2b = 60 + 2 \cdot 9 = 72 & \delta &= 0,17d_1' = 0,17 \cdot 81 = 14 \\ i &= 0,5d_1' = 0,5 \cdot 81 = 41 \end{aligned}$$

Напряжение в части

Фиг. 130—131.

скобы f : $S = P \frac{g}{8 p_1 f_2} =$

$4600 \cdot \frac{72}{8 \cdot 68 \cdot 26_2} = 5,4 \text{ ки-}$

логр. на 1 кв. мм.

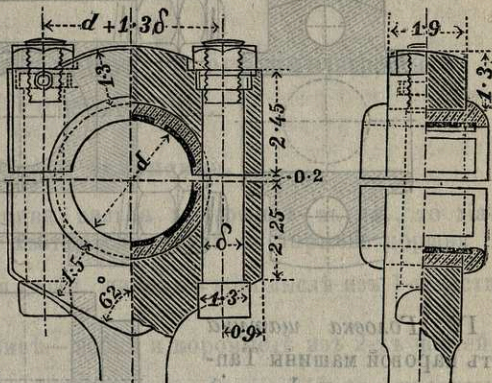
Напряжение в части
скобы c : $S_1 = P \cdot 2p'e =$

$\frac{4600}{2 \cdot 68 \cdot 19} = 1,8 \text{ килогр.}$

на 1 кв. мм.

III. Головка шатуна
для паровых машин.

Здесь болты замѣняютъ
кобу (фиг. 130—131). Если
диам. этихъ болтовъ, то



$$\delta = 0,0022 \sqrt{m P_1} = k \sqrt{P_1}$$

$$\left. \begin{aligned} m &= 4 & 5 & 7,5 & 10 \\ k &= 0,0044 & 0,0049 & 0,0060 & 0,0069 \end{aligned} \right\} \text{ чаще всего } m = 5,$$

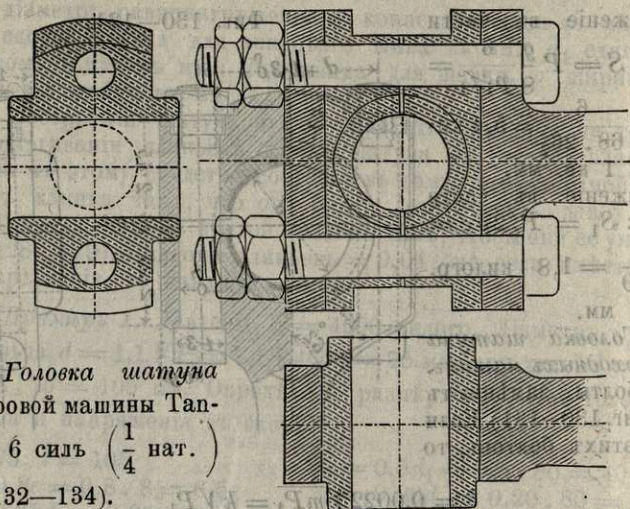
где m коэффициентъ надежности, имѣющій цѣлю восполнить прене-
регаемые усилія, происходящія отъ вліянія массы шатуна. Для раз-
ныхъ родовъ машинъ, его величина опредѣляется изъ опыта. Части
головки пропорціональны δ . Подшипники выложены бѣлымъ метал-
ломъ или же баббитомъ.

Примѣчаніе. Предыдущія формулы даютъ толщину шатуна на
серединѣ его длины; къ концамъ же стержень шатуна обыкновенно
уменьшается до 0,7 толщины на срединѣ, очерчивая его по кривой линіи
или же двумя прямыми. По Грасгофу наибольшее сгибающее усиліе
сводится на $\frac{6}{10}$ длины шатуна отъ ползушки и, слѣдов., тутъ же
нуженъ быть его наибольшій діаметръ. Иногда утолщаютъ шатунъ
постепенно отъ ползушки до пальца кривошипа и для машинъ
паровыхъ такое устройство предпочтительнѣе, чѣмъ утолщеніе
серединѣ. Иногда берутъ діаметръ шатуна по діаметру поршня:
для чугунныхъ шатуновъ сѣченіе на срединѣ 0,056 площади поршня;
шатуны локомотивовъ имѣютъ $\frac{1}{5}$ до $\frac{1}{6}$ діаметра поршня, а шатуны
паровыхъ машинъ $\frac{1}{8}$ до $\frac{1}{6}$ діаметра поршня.

С. Стержень поршня.

Стержень поршня дѣлается большею частью стальной и рассчитывается по формуламъ раздробленія длинныхъ стоекъ. Для обыкновеннаго давленія пара, до 5 атмосферъ, діаметръ стержня поршня

Фиг. 132—134.



IV. Головка шатуна
отъ паровой машины Тап-
пуге въ 6 силъ ($\frac{1}{4}$ нат.)
(фиг. 132—134).

веннаго давленія пара, до 5 атмосферъ, діаметръ стержня поршня
 $d = \frac{1}{7}D$ (D = діаметру цилиндра). Если стержень нагруженъ на
ибольше, когда поршень находится въ мертвыхъ точкахъ; если n =
давленіе на поршень въ атмосферахъ, L длина стержня, то

$$\frac{1}{s} \frac{2\pi^2\Theta E}{L^2} = P = 0,01n \frac{\pi}{4} D^2,$$

откуда при $s = 26,5$ кратной надежности, при $\Theta = \frac{\pi}{64} D^4$ и $E =$
20000 для желѣза и стали

$$\frac{d}{D} = 0,0573 \sqrt{\frac{L}{D} \sqrt{n}}$$

Отсюда вычислена слѣдующая таблица для $\frac{d}{D}$:

$\frac{L}{D}$	$n=3$	$n=4$	$n=5$	$n=6$	$n=7$	$n=8$
1,5	0,093	0,099	0,105	0,110	0,114	0,118
2,0	0,107	0,115	0,121	0,127	0,132	0,138
2,5	0,120	0,128	0,136	0,142	0,148	0,153

Укрѣпляемый въ поршнѣ конецъ стержня большею частію, а при употребленіи клина всегда, утолщается, затачивается на конусъ и пришлифовывается. Клинь всегда стальной и размеры его выбираются такъ, чтобы усиліе срыванія было 4—5 klg. на 1 кв. мм. Ширина клина берется такъ чтобы, давленіе на единицу поверхности узкой стороны клина было 5—6 килогр. въ постоянныхъ машинахъ, 8—10 килогр. въ локомотивахъ.

Д. Коромысло (балансиръ) и его направленіе по Редтенбахеру.

Г. Части балансира.

а. *Шипы*. Если d толщина пальца кривошипа въ мм., то діаметръ шиповъ за которые хватаются шатунъ и стержень поршня

$$d_2 = 0,7d; \quad \frac{l_2}{d_2} = 1,25 \text{ при двойн. шинахъ и коромыслѣ изъ 1-й части}$$

$$d_3 = 0,64d; \quad \frac{l_3}{d_3} = 2 \text{ при шипѣ—шейкѣ и коромыслѣ изъ 2-хъ частей.}$$

Шипы, за которые подвѣшиваются тяги насосовъ и пр., рассчитываются по соответствующему давленію.

б. *Ось вращенія*. Если Q дѣйствующее на поршень давленіе въ килогр., G почти $= Q$ вѣсъ коромысла, то давленіе на ось вращенія $2Q + G = 3Q$ а давленіе на одинъ шипъ $1,5Q$, такъ что діаметръ шиповъ

$$\text{стальныхъ } d_1 = 1,26\sqrt{1,5Q} = 2\sqrt{Q} \text{ при отношеніи } \frac{l}{d} = 1,25$$

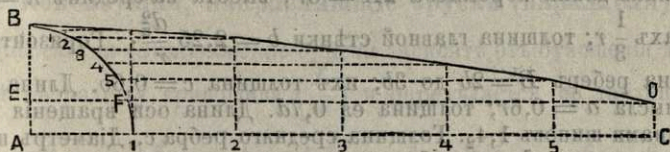
$$\text{железныхъ } d_1 = 1,35\sqrt{1,5Q}.$$

в. *Плечо коромысла*. Если L вся длина коромысла и онъ вычертъ по параболѣ, то сгибающій моментъ въ срединѣ

$$M = S \frac{d}{2} + \frac{G}{2} \times 0,4 \times \frac{L}{2} = 0,6SL.$$

Длина коромысла берется обыкновенно $L = 6r$ или болѣе. Высота гуннаго коромысла въ срединѣ $h = r$; высота желѣзнаго $h = 0,8r$.

Фиг. 135.

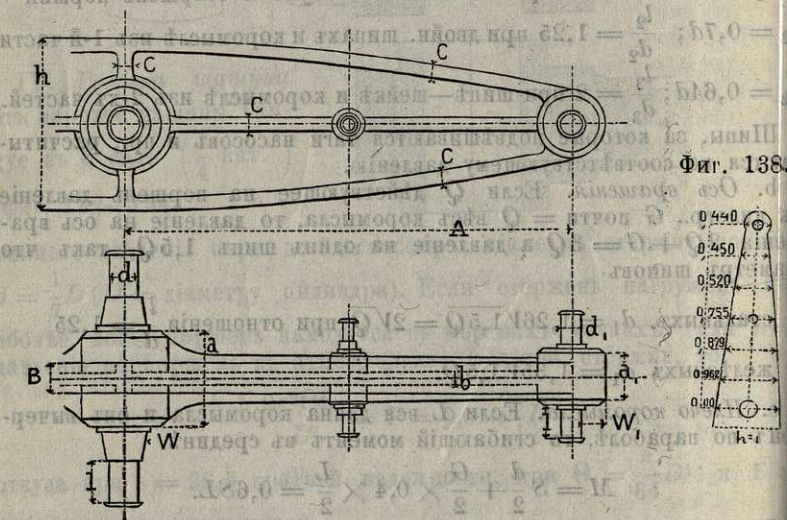


общее поперечное сѣченіе на срединѣ: $L, S = M$, откуда моментъ сопротивленія $Z = \frac{M}{S}$; здѣсь $S = 3$ килогр. на 1 кв. мм. чугуна, $S = 6$ килогр. для желѣза.

Для вычерчиванія коромысла употребляется слѣдующее построение — фиг. 135 AB половина высоты коромысла на срединѣ; $CD = \frac{1}{3} AB$ половина высоты коромысла на концахъ. Чертимъ изъ центра A радиусомъ AB дугу круга, которая пересѣкаетъ горизонтальную линію DE въ F . Часть дуги BF дѣлимъ на равныя части, напр. на 6, и на столько же частей половину длины коромысла; проводимъ черезъ послѣднія точки дѣленія вертикальныя, черезъ первыя горизонтальныя линіи и точки встрѣчи одинаково занумерованныхъ вертикальныхъ и горизонтальныхъ линій соединяемъ непрерывною кривою которая и опредѣлитъ искомый продольный профиль.

Для вычерчиванія продольнаго профиля желѣзныхъ коромыселъ пользуются надписанными на фиг. 138 относительными числами отнесенными къ высотѣ H на срединѣ.

Фиг. 136—137.



Фиг. 138.

По Редтенбахеру размѣры чугунаго коромысла опредѣляются по длинѣ r кривошипа и по діаметру d_k его шипа слѣдующимъ образомъ.

Полная длина коромысла $2A = 6r$; высота на срединѣ $h = r$, на концахъ $\frac{1}{3} r$; толщина главной стѣнки $b = 2,25 \frac{d_k^2}{r}$. Горизонтальная ширина реберъ $B = 2b$ до $3b$; ихъ толщина $c = 0,6b$. Длина втулки коромысла $a = 0,6r$; толщина ея $0,7d$. Длина оси вращения между серединами шиповъ $1,4_2$. Толщина среднего ребра c . Діаметръ шиповъ у оси коромысла $d = 1,27d_k$; на концахъ $d_1 = 0,7d_1$. Разстояніе середины шиповъ на концахъ $4,2d$; $a_1 = 0,35_2$.

Если чугунаго коромысло при большой ширинѣ состоитъ изъ 2 частей, то послѣдняя мѣра отбрасывается, толщина шиповъ на концахъ уменьшается до $0,6d_k$, а длина оси коромысла увеличивается на величину разстоянія между обѣими частями.

II. *Поверхность поползушки.* Изнашивание (стирание) скользящей поверхности предупреждают употреблением очень больших скользящих поверхностей или же помощью передвижных башмаков. Допускаемое давление на 1 площади берутъ:

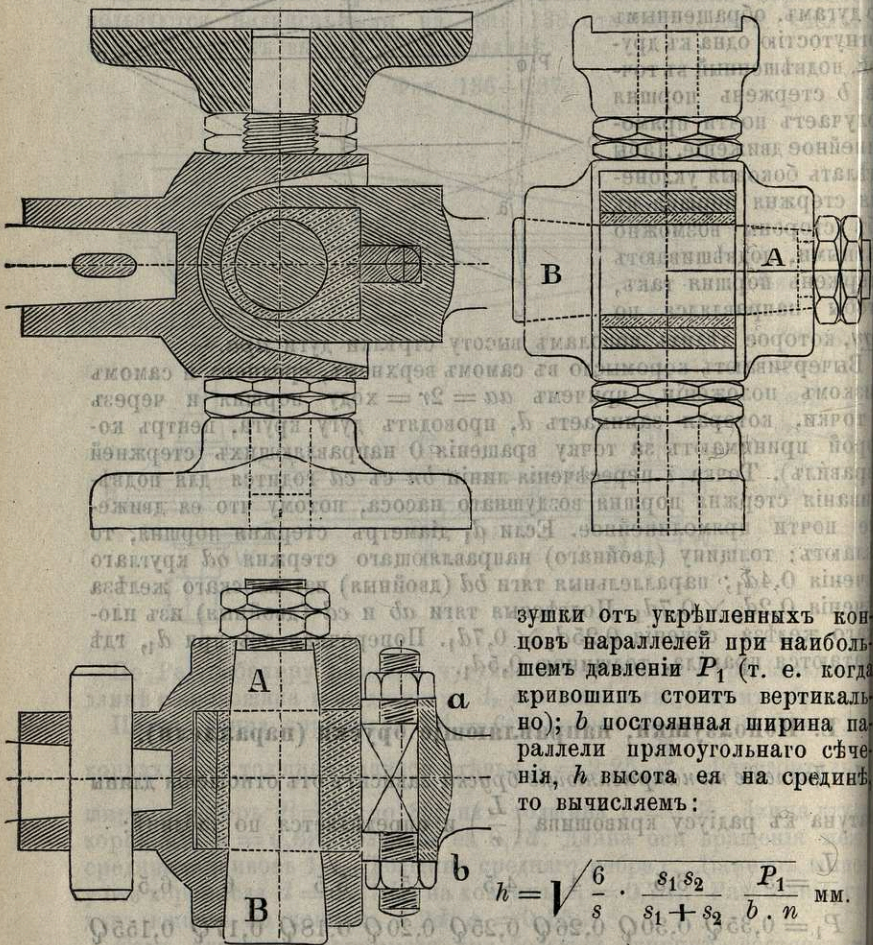
$p \leq 0,04$ килогр. на 1 кв. мм. при подвижных башмакахъ;

$p \leq 0,02$ » на 1 кв. мм. при неподвижных башмакахъ.

Величина же поверхности (башмака) скольжения $F = \frac{P_1}{p}$.

III. *Направляющие бруски (параллели).* Если n число параллелей, подпертыхъ только на концахъ; s_1 и s_2 разстоянія средин попол-

Фиг. 140—142.



зуски отъ укрѣпленныхъ концовъ параллелей при наибольшемъ давлении P_1 (т. е. когда кривошипъ стоитъ вертикально); b постоянная ширина параллели прямоугольного сѣченія, h высота ея на срединѣ, то вычисляемъ:

$$h = \sqrt{\frac{6}{s} \cdot \frac{s_1 s_2}{s_1 + s_2} \cdot \frac{P_1}{b \cdot n}} \text{ мм.}$$

причемъ допускаютъ: $s = 5$ килогр. на 1 кв. мм. для желѣза.
 $s = 2$ » » » » » чугуна.

IV. Формы поползушекъ очень разнообразны.

а) Поползушка для одного направляющаго бруска съ чугунной скользящею поверхностію; годится для машинъ, которыя вращаются всегда въ одномъ направленіи, въ которыхъ слѣдов., давленіе вѣт направляющіе направлено постоянно въ одну сторону (Фиг. 143—144).

б) Поползушка для двухъ направляющихъ брусковъ (Фиг. 145—146).

Болтъ вставляется на конусъ и закрѣпленъ винтомъ. Берутъ

$$\frac{l_k}{d_k} = 1,5 - 2 - 3; \text{ единица } VP + 5 \text{ мм.}$$

$k = 0,12; \delta = 0,25; s = n = o = 0,2; t = 0,3; d_1 = 0,36; y = 0,4$

$h = 0,45; a = 0,68; f = 0,72; N = c = 0,75; Q = 0,85; H = 1,1$

$P = z = 1,6.$

с) Поползушка для четырехъ направляющихъ брусковъ: фиг. 147—150.

V. Поползушки и головки шатуна отъ паровой машины Tangy въ 6 силъ, четверть натуры. Фиг. 140—142.

VI. Эксцентрикъ.

Если діаметръ пальца кривошипа увеличился бы на столько, что его окружность обнимала валъ кривошипа, тогда онъ (палецъ) переходитъ въ круглый дискъ, вращающійся не около своего центра но около оси вала, слѣдов., эксцентрично [Разстояніе между осью вала и центромъ эксцентрика назыв. Эксцентриситетомъ, радіусомъ эксцентрика или полуходомъ]. Этотъ дискъ охватывается кольцомъ изъ двухъ частей (эксцентриковыхъ скобъ), соединеннымъ съ тяго эксцентрика. Законы движенія остаются тѣ же, что въ кривошипѣ только вмѣсто длины кривошипа входитъ эксцентриситетъ. Потеря работы отъ тренія въ эксцентрикѣ гораздо болѣе, чѣмъ въ простомъ пальцѣ кривошипа, и простирается до 40 и даже до 50% всей передаваемой силы; поэтому эксцентрикъ годится только для передачи малыхъ силъ, преимущественно для золотниковъ паровыхъ машинъ питательныхъ насосовъ и пр. Дискъ почти всегда дѣлается чугуномъ, только при очень малыхъ размѣрахъ желѣзный съ латуннымъ или изъ бѣлаго металла прокладками въ скобахъ. Если эксцентриситетъ = r и діаметръ вала = d , то наименьшій допускаемый діаметръ диска

$$D = 12d + 2r + 0,0m^2.$$

Ширина диска дѣлается по крайнѣй мѣрѣ равною длинѣ l равнонагруженного концеваго шипа (пальца) изъ того же самаго матеріала. Толщина винтовъ для скобъ берется $\delta = 0,4l$ и во всякомъ случаѣ такая, чтобы діаметръ въ наръзкѣ былъ по крайнѣй мѣрѣ $\delta_1 = 0,67\sqrt{0,5P}$, если P давленіе въ килогр., передаваемое эксцентрикомъ. Далѣе $a = 5 + 0,07l$ и единица для относительныхъ размѣровъ скобъ, которыя разсматриваются какъ головка шатуна увеличеннаго шипа

$$d'_1 = d_1 \sqrt{\frac{d_1}{a}},$$

диаметр d диаметр равноугаруженного пальца въ мм.; d' диаметр эксцентрического диска въ мм.; $d^1 = d + 5$ единица для головки ватуна при увеличенномъ паль-
Фиг. 151—152.

$$46) \quad m = 3a; \quad n = 0,33d'; \\ s = 1,4\delta; \quad v = 0,6d'_1$$

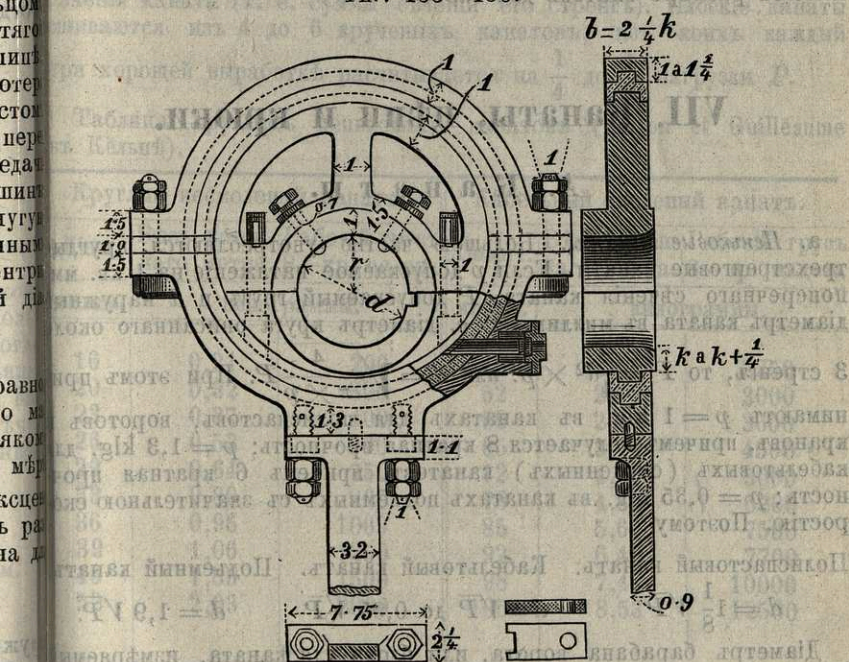
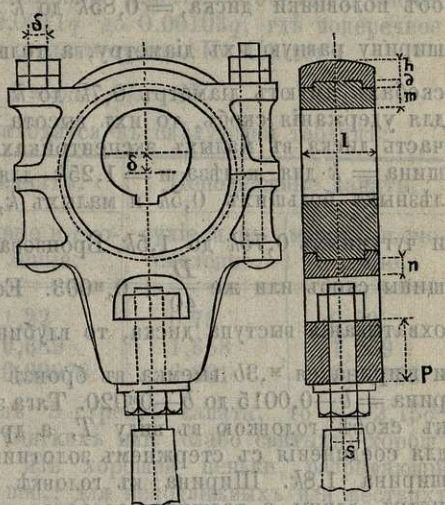
Фиг. 151—152 указываетъ пѣсообразнѣйшую форму скобъ эксцентрика, которыя охватываютъ своими закраинами дискъ и устраняютъ выливаніе смазки. Если нельзя надѣть дискъ чрезъ оонецъ вала, то составляютъ его изъ двухъ частей.

Такъ какъ давление P опредѣлить съ точностію довольно трудно, то Унвайнь для эксцентриковъ паровыхъ машинъ даетъ другую единицу относительныхъ размѣровъ (Фиг. 153—156).

$$k = c \sqrt{Pa},$$

гдѣ p давление пара въ килогр. кв. сантим., а площадь золот-

Фиг. 153—156.



и с коэффициентъ, измѣняющійся отъ $\frac{1}{80}$ до $\frac{1}{100}$ для постоянныхъ

и для пароводныхъ машинъ и отъ $\frac{1}{100}$ до $\frac{1}{120}$ для локомотивовъ. Толщина диска $b = 2k$ до $2,25k$. Діаметръ болтовъ, соединяющихъ обѣ половинки диска, $= 0,85k$ до k и чека этихъ болтовъ имѣть ширину равную ихъ діаметру, а толщину $= \frac{1}{4}$ діаметра; винты въ скобахъ имѣють діаметръ $0,7k$ до k . Если дискъ имѣть закраины для удержанія скобъ, то ихъ высота $0,4k$ и толщина $0,3k$. Меньшая часть диска въ малыхъ эксцентрикахъ дѣлается желѣзная; ея толщина $= k$ для желѣза и $= 1,25k$ для чугуна. Толщина скобъ желѣзныхъ большихъ $0,5k$ и малыхъ k , бронзовыхъ $0,625k$ до $1,25k$ и чугунныхъ $0,75k$ до $1,5k$. Бронзовая прокладка толщиной $\frac{1}{5}$ толщины скобъ или же $\frac{D}{40} + 0,003$. Если скобы съ закраинами для охватыванія выступа диска, то глубина выемки $= \frac{5}{7}$ толщины бронзы и ширина ея $0,3b$ выемка въ бронзѣ имѣть ту же глубину, но ширина $= b - 0,0015$ до $b - 0,0020$. Тяга эксцентрика часто укрѣпляется къ скобѣ головкою въ виду T , а другой конецъ имѣть глазокъ для соединенія съ стержнемъ золотника; толщина у глазка $0,55k$ и ширина $1,8k$. Ширина къ головкѣ T увеличивается на $0,004$ на метръ длины, а толщина остается постоянною. Болты головки имѣють размѣръ винтовъ для скобъ.

VII. Канаты, цѣпи и крюки.

А. Канаты.

а. *Пеньковые канаты.* Большею частію употребляются круглые трехстренговые канаты. Если p допускаемое натяженіе на 1 кв. мм. поперечнаго сѣченія каната, P допускаемый грузъ и d наружный діаметръ каната въ миллим., т. е. діаметръ круга описаннаго около

3 стренгъ, то $P = \frac{\pi}{4} d^2 \times p$. или $d = \sqrt{\frac{4}{\pi \times p} P}$. При этомъ при-

нимають $p = 1$ klg. въ канатахъ для полиспастовъ, воротовъ и крановъ, причѣмъ получается 8 кратная прочность; $p = 1,3$ klg. для кабельтовыхъ (смоленныхъ) канатовъ, причѣмъ 6 кратная прочность; $p = 0,35$ klg. въ канатахъ подъемныхъ съ значительною скоростію. Поэтому:

Полиспастовый канатъ. Кабельтовый канатъ. Подъемный канатъ.

$$d = 1\frac{1}{8} \sqrt{P} \quad d = \sqrt{P} \text{ до } 0,95 \sqrt{P} \quad d = 1,9 \sqrt{P}.$$

Діаметръ барабана ворота, или блока для каната, измѣряемый до середины каната, принимаютъ для мягкихъ канатовъ $D = 6d$ до

8 d при небольшой скорости и при непостоянном употреблении, а для жестких канатов 12 до 16 d ; $D=50d$ въ рудничныхъ подъемныхъ машинахъ при сильномъ употреблении.

Вѣсъ G погоннаго метра несмоленаго каната $=0,00072d^2$; смоленаго $=0,00078d^2$ и плоскаго $=0,0011q$ до 0,00103 q , гдѣ поперечное сѣченіе каната въ квадратныхъ миллиметрахъ. По Hütte:

$$d = a\sqrt{P}; P = bd^2; G = cd^2$$

Коэффициенты a , b и c находятся въ слѣдующей таблицѣ:

Коеффициенты.	Двигающіеся канаты.		Неподвижные канаты.	
	сухіе и несмоленные.	мокрые и смоленные.	сухіе и несмоленные.	мокрые и смоленные.
a	1,04	1,22	0,78	0,89
b	0,918	0,689	1,658	1,269
c	0,00065	0,00078	0,001	0,00113

Если δ толщина каждой изъ 3 стренгъ каната, то $d=2,15\delta$. Для канатовъ, двигающихся (мягкихъ или слабо свитыхъ) хорош^о выработанныхъ и сдѣланныхъ изъ хорошей пеньки, разрывающій грузъ отъ 8 до 9 klg. на кв. мм.; для неподвижныхъ или жесткихъ (сильно скрученныхъ) канатовъ отъ 12 до 13 klg. на кв. мм. сѣченія каната (т. е. суммы сѣченій его стренгъ). Плоскіе канаты сшиваются изъ 4 до 6 крученыхъ канатовъ, изъ коихъ каждый при хорошей выработкѣ рассчитывается на $\frac{1}{4}$ до $\frac{1}{6}$ нагрузки P .

Таблица круглыхъ пеньковыхъ канатовъ (Felten et Guilleaume въ Кельнѣ).

Круглый несмоленный канатъ.			Кабельный смоленный канатъ.		
Діам.	Вѣсъ погоннаго метра.	Рабочій грузъ 8—кр. вадеж.	Діамет.	Вѣсъ погоннаго метра.	Рабочій грузъ 6—кр. надеж.
миллм.	килограммы.		миллм.	килограммы.	
16	0,21	200	46	1,65	2250
20	0,32	300	52	2,13	3000
23	0,37	400	59	2,67	3600
26	0,53	500	65	3,70	4500
29	0,64	750	72	4,00	5000
33	0,80	900	78	4,80	6200
36	0,96	1009	85	5,60	7500
39	1,06	1250	92	6,40	7700
46	1,55	1500	98	7,46	10000
52	2,03	2000	105	8,53	12500

Для большихъ поднимаемыхъ грузовъ употребляютъ плоскіе пеньковые канаты.

Таблица плоских смоленых пеньковых канатов (Felten et Guilleaume).

Поперечное сѣчен.	Вѣсь погонн. метра.	Разрывающій грузъ.	Подним. грузъ 8кр.надеж.	Поперечное сѣчен.	Вѣсь погонн. метра.	Разрывающій грузъ.	Поднимаем. грузъ 8кр.надеж.
мм.	килограммы.			мм.	килограммы.		
92.23	2,35	13500	1000	157.33	5,60	34000	2400
105.26	3,04	18000	1300	157.36	6,24	37000	2700
118.26	3,36	20000	1500	183.36	7,20	43000	3000
130.29	4,26	25000	1800	183.39	7,84	47000	3300
130.33	4,80	28000	2000	200.44	9,25	57000	4000
144.33	5,28	31000	2200	250.46	12,10	76000	5000

б. *Проволочные канаты.* Если δ толщина проволоки въ мм., i число проволокъ въ кругломъ или плоскомъ канатѣ, p допускаемое растягивающее усиліе на 1 кв. мм. поперечнаго сѣченія проволоки въ килогр., P допускаемая нагрузка каната въ кил., то

$$P = \frac{\pi}{4} \delta^2 i p \text{ или } \delta = \sqrt[4]{\frac{4}{\pi p} \times \frac{P}{i}}$$

Изъ круглыхъ проволочныхъ канатовъ 36 проволочный, состоящій изъ 6 стренгъ по 6 проволокъ, есть самый употребительный. Изъ плоскихъ проволочныхъ канатовъ самый употребительный есть 144 проволочный, состоящій изъ 6 стренгъ по 24 проволоки. Если проволоки въ стренгахъ и самые стренги скручены на пеньковыхъ стержняхъ, то для обыкновеннаго 6 стренговаго каната, если

$i =$	36	48	54	60	66	72
$d : \delta =$	8,00	10,25	11,33	12,80	13,25	14,20

По Reuleaux допускаемое напряженіе для желѣзныхъ круглыхъ и плоскихъ канатовъ $p=9$ klg. на квадр. мм. (въ каждой проволоки); поэтому:

Для каната въ 36 пров. Для каната въ 144 пров.

$$\delta = \frac{1}{16} \sqrt{P}; P = 256 \delta^2. \quad \delta = \frac{1}{32} \sqrt{P}; P = 1024 \delta^2.$$

(О проволочныхъ канатахъ для передачи движенія смотри 73 стр.). Вѣсь проволочнаго каната на погонный метръ среднее

$$G = 0,0075 i \delta^2.$$

Обозначимъ L длину свободно висящаго (не навитаго) каната въ метр. то

$$\frac{\pi}{4} \delta^2 i p = P_1 + L \cdot G = P_1 + L \cdot 0,0075 i \delta^2.$$

Проволочные канаты (Felten & Guillaume въ Кельнѣ).

К р у г л ы е к а н а т ы.

Изъ желѣза, выкованнаго на древесн. углѣ.						Литая сталь.				
Диаметръ.	Число проволокъ.	Толщина проволоки.	Вѣсъ на погон. м.	Разрывающій грузъ.	Подним. грузъ при 250 м. глубины.	Разрывающій грузъ.	Подним. грузъ при 300 м. глубины.			
mm.	локъ.	mm.	kg.			kg.				
7	24	0.9	0.21	1200	100	2200	200			
8	36	0.9	0.32	1800	150	3200	300			
10	42	0.9	0.38	2100	200	3800	350			
11	36	1.2	0.48	2500	250	5500	500			
13	42	1.2	0.58	3000	300	6400	600			
15	36	1.5	0.75	4200	400	8500	750			
16	42	1.5	0.85	5000	500	12000	1000			
18	36	1.9	1.07	6300	600	15000	1200			
20	42	1.9	1.28	7400	700	17000	1300			
22	49	1.9	1.53	8600	800	19000	1500			
23	36	2.5	1.70	11000	900	23000	1800			
25 {	42	2.5	2.13	12600	1000	25000	1900			
	84	1.9	2.40	14700	1200	33000	2500			
28	42	2.7	2.40	14700	1200	32000	2500			
30 {	49	2.5	2.50	14700	1200	32000	2500			
	36	3.1	2.55	16200	1250	29000	2200			
	114	1.9	3.20	20000	1800	46000	3600			
33 {	42	3.1	3.04	19000	1700	34000	2500			
	36	3.5	3.20	20000	1800	35000	2500			
35 {	72	2.5	3.52	21600	1900	46000	3500			
	49	3.1	3.72	22000	1900	40000	2900			
38 {	42	3.5	3.98	23300	2000	41000	2900			
	84	2.5	4.00	25000	2100	55000	4300			
38	98	2.5	4.64	29000	2400	64000	5000			
40 {	49	3.5	4.80	27500	2200	48000	3500			
	114	2.5	5.44	34200	2600	75000	5700			
43 {	84	3.1	5.60	37000	2800	68000	5200			
	133	2.5	6.90	40000	3000	86000	6500			
45	114	3.1	8.00	51000	4000	90000	6600			
50 {	133	3.1	9.28	60000	5000	108000	8000			
	114	3.5	10.30	64000	5000	113000	8200			
Толщина проволоки каната				0.9	1.2	1.5	1.9	2.5	3.1	3.5
Мм. англійскаго калибра:				20	18	16	15	13	11	10

Плоскіе канаты.

Изъ желѣза, выкованнаго на древесн. углѣ.							Литая сталь.	
Ширина.	Толщина.	Число проволокъ.	Толщина проволокъ.	Вѣсъ на погон.м.	Разрывающій грузъ.	Подним. грузъ при 250 м. глубины.	Разрывающій грузъ.	Подним. грузъ при 300 м. глубины.
mm.			mm.		kg.		kg.	
40	8	144	0.9	1.07	3600	300	13300	10000
55	11	144	1.2	1.60	7200	600	22000	15000
65	13	120	1.5	2.66	13000	1000	29200	20000
75	16	144	1.5	3.50	16000	1200	35000	25000
90	16	168	1.5	4.10	18500	1400	40000	30000
75	14	120	1.9	3.68	21000	1500	49000	35000
80	17	144	1.9	4.25	25000	1700	58000	45000
100	20	168	1.9	5.10	29000	2000	68000	50000
110	20	196	1.9	5.84	34000	2500	80000	60000
125	20	224	1.9	6.67	39000	2800	90000	65000
135	22	256	1.9	8.00	45000	3500	102000	70000
130	23	168	2.5	7.97	50000	4000	108000	80000
150	23	196	2.5	9.30	58800	4500	117000	99000
170	23	224	2.5	10.70	67000	5000	130000	100000
175	28	256	2.5	14.50	77000	5500	150000	110000

Кабельные канаты.

Диаметръ.	Число проволокъ.	Толщина проволокъ.	Вѣсъ на погонный метръ.	Разрывающій грузъ.	Рабочій грузъ.
mm.		mm.		kg.	
25	114	1.5	2.25	8000	2000
30	114	1.9	3.20	13000	3200
33	133	1.9	4.00	15000	3800
35	84	2.5	4.00	16800	4000
40	114	2.5	5.90	23000	5500
43	133	2.5	6.72	26000	6000
45	234	1.7	6.90	24000	6000
48	152	2.5	7.84	30000	7500
50	294	1.9	9.00	34000	8000
50	133	3.1	9.30	40000	10000
60	234	2.3	11.50	39000	9000
60	133	3.5	12.00	50000	12000
65	294	2.3	13.90	50000	12000
65	152	3.5	13.90	57000	14000
72	294	2.5	16.00	58000	14000
75	294	2.7	17.60	68000	17000
75	343	2.5	17.60	68000	17000

если P_1 есть подвѣшенный грузъ въ килогр. Отсюда

$$P_1 = \delta^2 i \left(\frac{\pi}{4} p - 0,0075 L \right) \text{ или } \delta = \sqrt{\frac{P}{i \left(\frac{\pi}{4} p - 0,0075 L \right)}} \text{ или}$$

$$i = \frac{P_1}{\delta^2 (0,785 p - 0,0075 L)}.$$

По горному управленію въ Дортмундѣ число проволокъ стального каната опредѣляется изъ

$$i = \frac{P_2}{\delta^2 (\alpha + 0,0075 L)},$$

гдѣ δ толщина проволоки въ мм.; P_2 полная нагрузка (Bruttoförderlast), въ *klg.*; L длина каната въ м. отъ барабана до мѣста выполненія; $\alpha = 15$ для подъема людей (6-я прочность). Самое экономическое изнашивание каната получится, если канатъ имѣетъ въ новомъ состояніи 10-ую прочность; тогда для стали $\alpha = 10$ и для желѣза $\alpha = 5$.

Для подъемныхъ канатовъ $P_2 + LG = 0,10B$; для кабельныхъ $P_2 + LG = \left(\frac{1}{6} \text{ до } \frac{1}{5} \right) B$, гдѣ B разрывающій грузъ въ *klg.*

Барабаны подъемныхъ машинъ для проволочнаго каната должны имѣть радіусъ:

$R =$ по крайней мѣрѣ 55δ при умѣренномъ употребленіи $= 70\delta$.

$R = 800\delta$ до 1200δ при сильномъ употребленіи $= 100 - 130\delta$.

Чѣмъ болѣе діаметръ барабана, тѣмъ болѣе время службы каната.

В. Цѣпи.

а) Цѣпи съ овальными звѣньями.

1. Построеніе звѣна цѣпи по Грасгофу (Фиг. 157). Если BC и AC двѣ полуоси средней линіи цѣпнаго звѣна, то проводимъ AB , дѣлаемъ $AE = BC - AC$; далѣе $BD = DE$ и проводимъ DM перпендикулярно къ AB . Полученныя точки M и M_1 будутъ центры дугъ круга, изъ коихъ состоитъ средняя линія звѣна цѣпи.

Фиг. 157.

2. Формы цѣпей (d —толщина цѣпнаго желѣза).

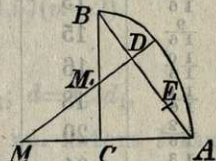
Широкая или нѣмецкая цѣпь (фиг. 158)

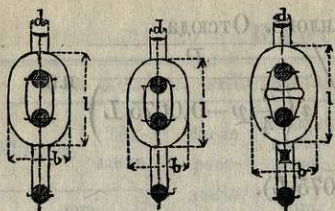
$l = 5,5d$; $b = 3,5d$; иногда $l = 6d$ до $6,5d$.

Узкая или англійская цѣпь (фиг. 159) $l = 4,6d$; $b = 3,5d$. Цѣпь съ распорками (фиг. 160) $l = 5d$; $b = 3,75d$. Здѣсь d мм. обозначаетъ толщину желѣза этихъ цѣпей.

Цѣпи съ крючками имѣютъ только загнутыя, а не сваренныя звѣнья; поэтому употребляются мало и только для малыхъ силъ. Цѣпи съ чугунными распорками служатъ преимущественно какъ якорныя.

3. Расчетъ цѣпей. Цѣпи рассчитываются большею частію на





Фиг. 158—160.

пробный грузъ, который для открытых цѣпей безъ распорокъ = 14 кл. на 1 кв. мм., для цѣпей съ распорками = 17 килогр. на 1 кв. мм. Пусть d толщина цѣпнаго желѣза въ мм., P пробный грузъ въ килогр.; G вѣсъ 100 погонныхъ метровъ цѣпи въ килогр.; k соответствующее напряженіе въ килогр. на кв. мм.; тогда

	$d =$	$P =$	$G =$	$k =$
Нѣмецкія цѣпи . . .	$0,211\sqrt{P}$	$22,0d^2$	$1,90d^2$	14
Англійскія цѣпи . . .	$0,211\sqrt{P}$	$22,0d^2$	$2,26d^2$	14
Цѣпи съ распорками.	$0,194\sqrt{P}$	$26,7d^2$	$2,35d^2$	17

Дѣйствительная нагрузка P_1 цѣпей принимается равной $\frac{1}{2}P$ (пробнаго груза) и менѣе (т. е. допуск. напряженіе = 6 *klg.* для открытых цѣпей и = 7 *klg.* для цѣпей съ распорками). Радиусъ барабановъ или блоковъ для цѣпей (измѣренный до середины цѣпи):

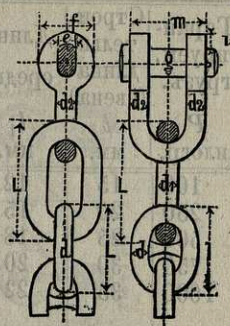
$$R = 10 \text{ bis } 12 d.$$

Таблица горныхъ, корабельныхъ и крановыхъ цѣпей (англійскія цѣпи).
(Schlieper Sohn in Iserlohn).

Таблица цѣпнаго желѣза d .		Вѣсъ на каждые 100 метр. килогр.	Гарантируем. P_1 подъемная сила килограмм.	Пробная P килограмм.	Предѣльная растягив. сила. килогр.	Окружност. равносил. пеньк. кан. миллим.
Рейнлан. дюйм.	миллим.					
$\frac{3}{16}$	6,5	80	500	1000	2000	—
$\frac{4}{16}$	7	108	760	1500	3000	—
$\frac{5}{16}$	9	160	925	1850	3700	59
$\frac{6}{16}$	10	223	975	1950	3900	85
$\frac{7}{16}$	11	320	1250	2500	5000	105
$\frac{8}{16}$	13	413	1950	3900	7800	124
$\frac{9}{16}$	15	540	2250	4500	9000	144
$\frac{10}{16}$	16	640	2955	5850	11700	163
$\frac{11}{16}$	18	763	3500	7000	14000	183
$\frac{12}{16}$	20	913	4375	8750	17500	203
$\frac{13}{16}$	21	1040	5175	10350	20700	222
$\frac{14}{16}$	23	1200	5725	11450	22900	242
$\frac{15}{16}$	25	1390	6575	13150	26300	262
1	26	1600	7375	14750	29500	281
$1\frac{1}{4}$	33	2400	11250	22500	45000	353
$1\frac{1}{2}$	40	3520	15000	30000	60000	418

Если цѣпь должна быть признана годною, то она должна разрываться только при $4P_1$. Каждая цѣпь перед доставкой испытывается и нагружается пробнымъ грузомъ $2P$; слѣдовательно, испытывается на половину разрывающаго груза или на двойную допускаемую нагрузку.

Для соединенія концовъ цѣпей служатъ скобы (фиг. 161—162). Между скобой и самой цѣпью всегда помѣщается одно длинное звено безъ распорки, облегчающее выниманіе скобы. Если толщина d желѣза соединяемыхъ цѣпей берется за единицу, то $L=6,5d$; $f=2,8d$; $m=4d$; $g=1,6d$; $d_2=1,3d$; $d_1=e=1,2d$; $i=0,8d$.



в. Шарнирная цѣпи (Галля).

Шарнирная цѣпь Галля. (Фиг. 163—165) въ новѣйшее время употребляется съ большимъ успѣхомъ въ воротахъ и кранахъ, тогда какъ прежде она служила только для передачи движенія. Она допускаетъ употребленіе очень малыхъ блоковъ (барабановъ). Блоки здѣсь зубчатые и зубцы хватаются за болты шарнировъ. Для радіуса R начального круга зубчатаго блока при данной длинѣ l звеньевъ и избранномъ числѣ Z зубцовъ имѣемъ

Фиг. 163—165.

$R=0,5l \cdot \sin\left(\frac{180}{Z}\right)$

Пусть: P пробный грузъ въ кило, δ толщина пластинъ въ мм., b ширина пластинокъ въ мм., d_1 толщина шиповъ въ мм., d толщина ср. болта въ мм., l_1 длина ср. болта въ мм., m число пластинокъ (четное), то по Reuleaux:

$d_1=0,2 \frac{m+2}{m+1} \sqrt{P}$; $\delta=0,35 \frac{m+2}{m+1} \sqrt{P}$; $\frac{d_1}{\delta}=0,57(m+2)$.

Далѣе:

$$m = \frac{1}{3} \sqrt[3]{P}; l_1=6+1,67d; l=5+2,8d_1; d=1,2d_1.$$

Зубчатый блокъ для цѣпи при радіусѣ R въ мм. имѣетъ l какъ шагъ; поэтому:

$P=$	250—3000	4000—20000	болѣе 20000
$Z=$	8	9	10
$R=$	1,31 l	1,36 l	1,63 l

Холостые направляющіе блоки имѣютъ 16 до 20 зубцовъ. Напряженіе въ цѣпи берутъ между 8 и 16 kg . на кв. мм.

Таблица шарнирных цѣпей Галля (von Zobel in Schmalkalden).

Гарантируемый грузъ. P килогр.	Строительная длина (звена) l мм.	Длина средн. l_1 мм.	Толщ. болта. d мм.	Толщина шиповъ. d_1 мм.	Число пластинокъ. m	Толщина пластинокъ. δ мм.	Ширина пластинокъ. b мм.	Вѣсъ погоннаго метра килогр.
100	15	12	5	4	2	1,5	12	0,70
250	20	15	7,5	6	2	2	15	1,00
500	25	18	10	8	2	3	18	2,00
750	30	20	11	9	4	2	20	2,70
1000	35	22	12	10	4	2	26	3,77
1500	40	25	14	12	4	2,5	30	5,00
2000	45	30	17	14	4	3	35	7,10
3000	50	35	22	17,5	6	3	38	11,11
4000	55	40	24	21	6	4	40	16,50
5000	60	45	26	23	6	4	46	19,00
7500	70	50	32	28	8	4,5	52	31,50
10000	80	60	36	32	8	4,5	60	34,00
15000	90	70	40	37	8	5,3	70	45,40

Звенья рассчитываютъ на растяженіе, предполагая равномерное распределеніе груза P на всѣ пластинки, то для самого слабаго мѣста, гдѣ сидятъ болты, вызываемое напряженіе матеріала

$$m(b-d_1)\delta p = P, \text{ откуда } p = \frac{P}{(b-d_1)\delta m} \text{ килогр. на 1 кв. мм.}$$

При подстановкѣ въ эту формулу соответствующихъ величинъ изъ таблицы, получаемъ $p=8$ до 8,6 килограмм.

Опыты надъ разрываніемъ этихъ цѣпей показали, что сначала разрываются внутреннія пластинки, что равномерное распределеніе груза на всѣ пластинки не существуетъ и что внутреннія пластинки нагружены сильнѣе, чѣмъ наружныя. Жельзо для пластинокъ берется самаго лучшаго качества; шипы болтовъ не должны стоять слишкомъ плотно и должны быть легко расклепаны или залепаны. Коэффициентъ прочности разрыву по этимъ опытамъ былъ 4 или 5 кратный.

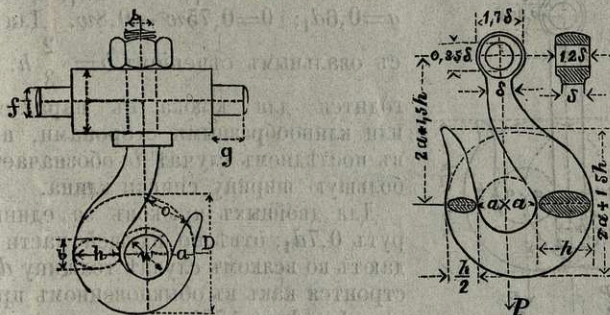
с. Крюки для канатовъ и цѣпей.

Крюки рассчитываются всегда на сложное сопротивленіе (растягиваніе и сгибаніе).

Обозначимъ (фиг. 166 и 168): P наибольшій поднимаемый грузъ въ $kg.$, $w=2a$ ширина крючка въ мм.; $\delta=d_1$ толщина крюка на верхнемъ концѣ въ мм.; h высота сѣченія шейки крюка въ мм.; d толщина цѣпнаго жельза или діаметръ каната въ мм.; то $d_1=$

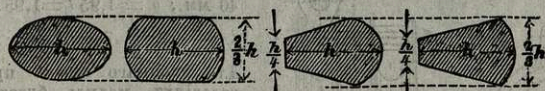
$\delta = 0,67\sqrt{P}$; а также при наибольшемъ напряженіи матеріала въ шейкѣ крюка 10 *klg.* на кв. мм.

Фиг. 166—168.



1) Для поперечнаго сѣченія (фиг. 169 и 170):

Фиг. 169—172.



$$\frac{h}{\delta} = 1,86\sqrt{0,625 + \frac{a}{h}}$$

$a : h =$	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60
$h : \delta =$	1,88	1,92	1,97	2,01	2,05
$a : \delta =$	0,752	0,864	0,985	1,105	1,230

Большую частію употребляется отношеніе $w : h = 1$ или $a : h = 0,5$ ричемъ $h = 1,95\delta$. Концы крюка противъ шейки дѣлаются круглый діаметромъ $a = 0,5h$ и потомъ сѣченія постепенно переходятъ одно въ другое.

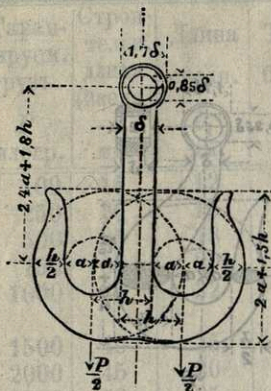
2) Для рациональнаго поперечнаго сѣченія (фиг. 171—172):

$$\frac{h}{\delta} = 1,74\sqrt{0,625 + \frac{a}{h}}$$

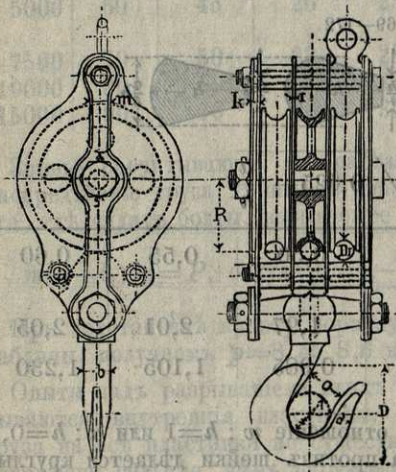
$a : h$	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60
$h : \delta$	1,74	1,78	1,82	1,86	1,90
$R : \delta$	0,694	0,801	0,910	1,023	1,140

Въ крюкахъ для цѣпей $a = d$ до $1,5d$; въ крюкахъ для канатовъ $a = 0,75d$ до d .

Фиг. 173.



Фиг. 174.



Крюкъ, обнимающій все тѣло крюка, получаетъ диаметр $D=2a+1,5h=4,88d_1$.

Для прочихъ размѣровъ относительная единица есть d_1 ; $u=2d_1$; $f=0,8d_1$; $g=0,6d_1$; $0=0,75w-0,8w$. Для крюка

съ овальнымъ стѣченіемъ $b=\frac{2}{3}h$. Она же

годится для крюка съ параллельными или клинообразными сторонами, причемъ въ послѣднемъ случаѣ b обозначаетъ наибольшую ширину спинки клина.

Для двойныхъ крюковъ за единицу берутъ $0,7d_1$; отвѣсно идущей части крюка даютъ во всякомъ случаѣ толщину d_1 и строятся какъ въ обыкновенномъ простомъ крюкѣ. (Фиг. 173).

Примѣръ. Опредѣлить размѣры крюка для груза $P=3600$ вѣдлогр.

$\delta=d_1=0,67\sqrt{P}=0,67\sqrt{3600}$ = почти 40 мм.; $h=1,95d_1=1,95\cdot 40=78$ мм.;

$b=\frac{2}{3}h=\frac{2}{3}\cdot 78=52$ мм.; $u=h=78$ мм.

Для двойнаго крюка при тѣхъ же условіяхъ модуль будетъ $0,7\times d_1=0,7\times 40=28$ мм. и предполагая $u=u=2u$, найдемъ $u=1,95\cdot 28=54$ мм.; $D=u+1,5h=54+15\times 54=(4,88\cdot 28)=136$ мм.; $\frac{h}{2}=\frac{78}{2}=39$ мм.

Единица для пропорціонирования полиспаста есть диаметр d оси блоковъ, которая рассчитывается на сгибаніе. Тогда дѣлаютъ $m=1,4d$; $k=0,3d$.

Блоки для канатовъ, коихъ радиусъ опредѣляется по диаметру каната ($R=3-4D_1$), раздѣляются одинъ отъ другаго

железными пластинами; къ нимъ упираются втулки блоковъ. Толщина

пластинъ $i=0,2$ см. + $\frac{D_1}{15}$; при цѣпяхъ съ диаметромъ δ въ цѣп-

номъ желѣзѣ: $i=0,2$ см. + $\frac{\delta}{4}$.

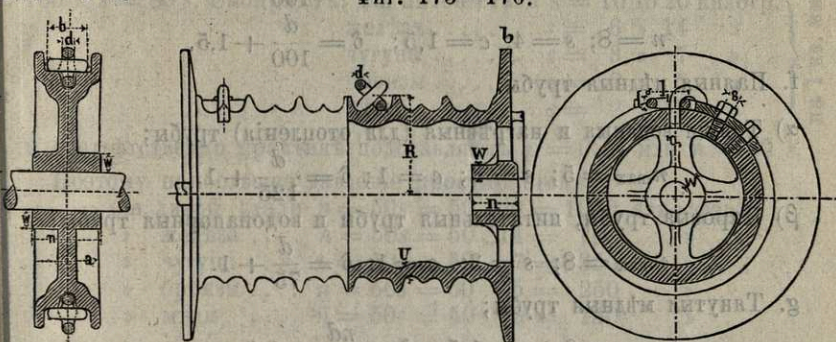
IV. Барабаны и блоки для цѣпей. Они получаютъ хорошее практическое выполненіе, если радиусъ $R=10d-12d$, измѣренный до середины цѣпи. Для хорошаго укладыванія цѣпи на барабанъ онъ обтачивается и получаетъ либо простую канавку (фиг. 174) или же двойную (фиг. 175), причемъ звѣнья укладываются подъ угломъ 45° къ оси барабана и не подвергаются изгибу. Для цѣпнаго блока (фиг. 174) принимаютъ: $b=3,5d$; $c=0,75d$; $w=0,5D$ (D =диаметръ оси); $n=5,5d$; $a=5,5a+0,75$ см. Для цѣпнаго *)

*) На стр. 135 на фиг. 175 вмѣсто буквы b должно читать L .

барабана (фиг. 176) берутъ: $I = d$; $n = 1,15d$ и s почти $= d$, если d діаметръ цѣпнаго желѣза.

Фиг. 174.

Фиг. 175—176.



Для Галевской цѣпи блокъ (фиг. 163) получаетъ самое меньшее 8 зубцовъ, при большихъ грузахъ 10 зубцовъ.

VIII. Трубы.

I. Трубы съ низкимъ внутреннимъ давленіемъ до 10 атмосферъ.

Если δ толщина стѣнокъ трубы въ мм., d ея внутренній діаметръ въ мм.; n атмосферъ избытокъ внутренняго давленія надъ вѣшнымъ, $p = 0,01 n$ внутренній перевѣсъ давленія въ килогр., s допускаемое напряженіе матеріала на квадр. мм. въ килогр., c постоянная величина, то вообще

$$\delta = \frac{d}{2} \times \frac{p}{s} + c \text{ или } \delta = \frac{d}{200} \frac{n}{s} + c.$$

а. Чугунныя газопроводныя трубы до 5 атмосферъ перевѣса давленія; $n = 5$; $s = 2$; $c = 8$

$$\delta = \frac{d}{80} + 8.$$

Примѣчаніе. Нормальная таблица чугунныхъ трубъ, составленная обществомъ нѣмецкихъ инженеровъ, приведена въ отдѣлѣ таблицъ.

б. Чугунныя паровыя и толстыя водопроводныя трубы, а также цилиндры воздушныхъ насосовъ:

$$n = 8; s = 2; c = 12; \delta = \frac{d}{50} + 12.$$

с. Чугунныя паровыя цилиндры и ставы насосовъ:

$$n = 10; s = 2; c = 16; \delta = \frac{d}{40} + 16.$$

д. Тянутыя желѣзныя газовыя и водопроводныя трубы. Онѣ встрѣчаются въ торговлѣ до $d = 150$ мм. при толщинѣ стѣнокъ:

$$\delta = \frac{d}{12} + 2.$$

е. Клепаная или паяная желѣзные трубы для отопленія:

$$n = 5; s = 4; c = 1,5; \delta = \frac{d}{160} + 1,5$$

$$n = 8; s = 4; c = 1,5; \delta = \frac{d}{100} + 1,5.$$

ф. Паяная мѣдные трубы:

α) Тонкія водяныя и нагрѣвныя (для отопленія) трубы;

$$n_{\max} = 5; s = 3; c = 1; \delta = \frac{d}{125} + 1.$$

β) Паровыя трубы, питательныя трубы и водонапорныя трубы;

$$n_{\max} = 8; s = 3; c = 1; \delta = \frac{d}{75} + 1.$$

г. Тянутыя мѣдные трубы;

$$s = 3; c = 1,5; \delta = \frac{nd}{600} + 1,5.$$

н. Латунныя трубы,

α. Тонкія латунныя трубы:

$$n_{\max} = 5; s = 2; c = 1; \delta = \frac{d}{80} + 1.$$

β) Толстыя латунныя трубы:

$$n_{\max} = 8; s = 2; c = 1; \delta = \frac{d}{50} + 1.$$

і. Свинцовыя трубы. Онѣ встрѣчаются отъ $\delta = 3$ до 6 мм. и до $d = 60$ мм. внутри и по Genieys'у принимаютъ $\delta = \frac{nd}{200} + 4,5$ причемъ $s = 1$ и $c = 4,5$.

к. Клепаные паровые котлы, паровыя и водопроводныя трубы:

α) Изъ листового желѣза:

$$s = 4; c = 2; \delta = \frac{nd}{200} + 2.$$

β) Изъ листовой стали (литой):

$$s = 5,5; c = 2; \delta = \frac{nd}{200} + 2.$$

II. Трубы съ высокимъ внутреннимъ давленіемъ. Исправленная Грасгофомъ формула Ляме для опредѣленія толщины стѣнокъ даетъ:

$$\delta = \frac{1}{2} d \left[\sqrt{\frac{4s + 3p}{4s - 5p}} - 1 \right] = \frac{d}{2} \left[\sqrt{\frac{4s + 0,03n}{4s - 0,05n}} - 1 \right]$$

или при данныхъ размѣрахъ:

$$s = \frac{5 \left(\frac{d}{2} + \delta \right)^2 + 3 \left(\frac{d}{2} \right)^2}{4 \left[\left(\frac{d}{2} + \delta \right)^2 - \left(\frac{d}{2} \right)^2 \right]} \times p = \frac{5 \left(\frac{d}{2} + \delta \right)^2 + 3 \left(\frac{d}{2} \right)^2}{4 \left[\left(\frac{d}{2} + \delta \right)^2 - \left(\frac{d}{2} \right)^2 \right]} \times 0,01n.$$

При этомъ p должно быть всегда меньше $\frac{4}{5} s$ или n меньше $\frac{4}{5} \times 100 \times s = 80 s$. Выбираютъ: для литой стали $s = 10$ до 20 килогр. }
 желѣза $s = 6 \gg 14 \gg$ }
 чугуна $s = 3 \gg 7 \gg$ }
 бронзы $s = 2 \gg 5 \gg$ }
 мѣди $s = 2 \gg 3 \gg$ } на 1 кв. мм.

и соответственно практикѣ подставляютъ $p = 0,5s$ или $n = 50 s$.

Поэтому наибольшее давленіе простирается:

для литой стали $n = 50s = 50 \cdot 20 = 1000$ атмосферъ

» желѣза $n = 50s = 50 \cdot 14 = 700$ »

» чугуна $n = 50s = 50 \cdot 7 = 350$ »

» бронзы $n = 50s = 50 \cdot 5 = 250$ »

» мѣди $n = 50s = 50 \cdot 3 = 150$ »

Примѣръ 1. Поршень гидравлическаго пресса имѣетъ 300 мм. въ діаметрѣ, а чугунный цилиндръ имѣетъ внутри ширину $d = 340$ мм. Если поршень долженъ выдерживать давленіе 180000 килогр., то какова должна быть толщина стѣнокъ прессоваго цилиндра? Далѣе какова должна быть толщина стѣнокъ бронзоваго насоснаго цилиндра, если послѣдній имѣетъ внутренний діаметръ = 25 мм?

а) Прессовый цилиндръ. $\frac{\pi}{4} \times 300^2 \times n \times 0,01 = 180000$ килогр.

$$n = \frac{180000 \times 4}{\pi \cdot 300^2 \times 0,01} = 260 \text{ атмосфер.}; \delta = \frac{d}{2} \left[\sqrt{\frac{4s + 0,03n}{4s - 0,05n}} - 1 \right]$$

Такъ какъ $n = 50s$ употребительно, то $260 = 50s$, откуда $s = \frac{260}{50} = \text{почти } 5 \text{ килогр.}$

$$\delta = \frac{1}{2} \cdot 340 \left[\sqrt{\frac{4 \times 5 + 0,03 \cdot 260}{4 \times 5 - 0,05 \cdot 260}} - 1 \right] = 170 \text{ мм.}$$

б) Цилиндръ насоса. Условіе $n < 80s$; $n = 65s$ беремъ и тогда

$$s = \frac{260}{65} = \frac{260}{65} = 4 \text{ килогр.}$$

$$\delta_1 = \frac{d_1}{2} \left[\sqrt{\frac{4s + 0,03 \cdot n}{4s - 0,05n}} - 1 \right] = \frac{25}{2} \left[\sqrt{\frac{4 \cdot 4 + 0,03 \cdot 260}{4 \cdot 4 - 0,05 \cdot 260}} - 1 \right] = 23 \text{ мм.}$$

Примѣръ 2. Для подниманія Конвейскаго моста въ Англіи былъ употребляемъ гидравлическій прессъ, коего діаметръ поршня былъ = 457 мм.; внутренний діаметръ цилиндра 508 мм. при толщинѣ стѣнокъ 222 мм. Бронзовый прессовый насосъ имѣетъ цилиндръ 27 мм. шириною при толщинѣ стѣнокъ 27 мм. Если давленіе на поршень пресса достигаетъ 660000 килогр.,

то каково напряженіе матеріала въ цилиндрахъ пресса и насосномъ?

α) Прессовый цилиндръ $\frac{\pi}{4} \times 457^2 \cdot n \cdot 0,01 = 660000$; $n = 402$ атмосфер.

$$s = 0,01n \frac{5\left(\frac{d}{2} + \delta\right)^2 - 3\left(\frac{d}{2}\right)^2}{4\left[\left(\frac{d}{2} + \delta\right)^2 - \left(\frac{d}{2}\right)^2\right]} = 0,01 \cdot 402 \frac{5 \cdot 476^2 + 3 \cdot 254^2}{4[476^2 - 254^2]} = 8,4 \text{ килогр.}$$

β) Насосный цилиндръ. $\delta = 27$; $\frac{d}{2} = 13,5$

$$s_1 = 0,01 \cdot 402 \cdot \frac{5 \cdot 40,5^2 + 3 \cdot 13,5^2}{4(40,5^2 - 13,5^2)} = 6 \text{ килогр.}$$

Примѣръ 3. Примѣнимъ эти формулы къ гидравлическимъ прессамъ, которые были употреблены при поднятіи трубъ моста «Британія».

Внутренняя ширина прессового цилиндра = 560 мм.

Диаметръ поршня преса = 510 мм.

Поперечное сѣченіе поршня = 2043 квадр. сант.

Вѣсъ, который былъ поднимаемъ прессовымъ цилиндромъ = 1161500

$$\text{килогр., слѣдовательно, давленіе на 1 кв. сант. } p = \frac{1161500}{2043} = 568 \text{ килогр., а на одинъ квадрат. миллиметръ } 5,68 \text{ килогр.}$$

Толщина стѣнокъ цилиндра была = 134 мм.

$$s = \frac{5(280 + 134)^2 + 3 \cdot 280^2}{4[(280 + 134)^2 - 280^2]} \cdot 5,68 = 6,13 \text{ килогр. на 1 квадрат. мм.}$$

По формулѣ Ляме $e = \frac{d}{2} \left(\sqrt{\frac{s+p}{s-p}} - 1 \right)$ получили бы $s = 13,77$ килогр., т. е. внутренній слой прессового цилиндра выдерживаетъ натяженіе 13,77 килогр. на 1 квадрат. мм. Сопротивленіе чугуна разрыву 12,30 килогр. Но такъ какъ разрывъ не произошелъ, то или матеріалъ былъ превосходныхъ качествъ или формула Ляме не вѣрна. Допуская напряженіе одинаковымъ во всѣхъ цилиндрическихъ слояхъ стѣнки, то по формулѣ $e = \frac{dr}{2s}$ получили бы $s = 11,87$ килогр.

Многіе строители дѣлаютъ толщину стѣнокъ въ сильныхъ прессахъ равною половинѣ внутренняго діаметра. При $d = 2\delta$, находимъ $p = \frac{12}{23}s = \text{почти } 0,5s$.

III. Трубы, подвергающіяся наружному давленію. Если d внутренній діаметръ трубы въ мм., p наружное давленіе въ килогр. на кв. мм., n тоже давленіе въ атм., E модуль упругости на кв. мм.,

C_1 постоянная прибавочная величина, s допускаемая надежность, толщина стѣнокъ:

$$\delta = d \sqrt[3]{\frac{0,151 sp}{E}} + C_1 \text{ или } \delta = d \sqrt[3]{\frac{0,00152 sp}{E}} + C_1.$$

1) Желѣзные трубы:

$$s=5; C_1=1,5; E=20000; \delta=0,0067d \sqrt[3]{n+1,5}$$

2) Чугунные трубы:

$$s=5; C_1=4; E=10000; \delta=0,00913d \sqrt[3]{n+4}$$

3) Латунные трубы:

$$s=5; C_1=1,8; E=6400; \delta=0,01d \sqrt[3]{n+1,8}$$

4) Мѣдные трубы:

$$s=5; C_1=1,8; E=10700; \delta=0,0088d \sqrt[3]{n+1,8}$$

Свинцовые трубы:

$$s=5; C_1=3; E=500; \delta=0,02477d \sqrt[3]{n+3}.$$

Выведенная изъ опытовъ Ферберна формула о сопротивленіи трубъ внутреннему давленію дана въ перв. части. Если l длина трубы между 2 укрѣпляющими кольцами въ мм., то при 5-кратной надежности ($s=5$) получаемъ толщину стѣнокъ Корнваллійской (дымогарной) трубы:

$$\delta = 0,0027 \sqrt[n]{nld} \text{ въ мм.}$$

Примръ. При $d=800$ мм., $n=5$, $l=5$ метр.=5000 мм.

имѣемъ:

$$\delta = 0,0067d \sqrt[3]{n+1,5} = 0,0067 \cdot 800 \sqrt[3]{5+1,5} = 9,1 + 1,5 = 11 \text{ мм.};$$

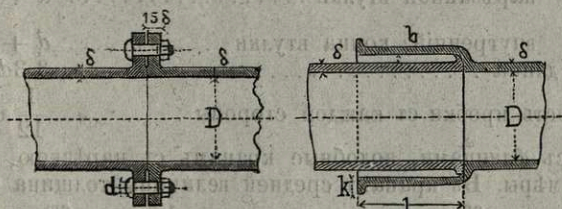
по Ферберну $\delta = 0,0027 \sqrt[n]{nld} = 0,0027 \sqrt[5]{5 \cdot 5000 \cdot 800} = \text{почти } 12 \text{ мм.}$

Соединенія трубъ. Желѣзные трубы снабжаются на обоихъ концахъ винтовой наръзкой и соединяются посредствомъ навинчиваемыхъ на нихъ муфтъ равной толщины δ и длиной $0,4d + 40$ мм.

Трубы съ флянцами. Фиг. 177. Между дырами для болтовъ и нажимнымъ краемъ фланцовъ можно не дѣлать рабочихъ плоскостей.

Трубы съ муфтами. Фиг. 178. Уплотняющій матеріалъ пакля

Фиг. 177—178.

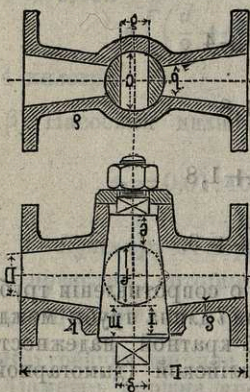


свинецъ; $l = 0,11D + 70$ мм; $k = 0,0025D + 20$ мм; $b = 0,07D + 5$ мм.

IX. Краны, клапаны и вентили.

Въ большей части случаевъ дѣлаются изъ бронзы, только при большихъ размѣрахъ иногда изъ чугуна.

Фиг. 179—180.



Краны. Толщина δ стѣнокъ (фиг. 179—180) для чугуннаго корпуса крана = толщинѣ чугунной трубы + 3 мм.; бронзоваго корпуса только 0,7 δ . Наклонъ ключа (пробки крана)

на каждой сторонѣ $\frac{1}{9}$. Средній діаметръ проб-

ки 1,33 D . Проходъ въ пробкѣ продолговатый, чтобъ уменьшить толщину пробки. Флянцы, какъ въ трубахъ. Единица для относительн. размѣровъ есть діаметръ D трубы $a=b=0,6D$; $c=1,33D$; $e=0,7D$; $f=1,2D$; $g=0,6D$; $i=0,7D$; $k=0,1D+5$ мм. для чугуна; $k=0,6D+3$ мм. для бронзы; $m=0,75D$. Длина крана $L=2,5D+100$ мм. если $D>50$ мм. и $L=3,5D+45$ мм. $D>50$ мм.

Маленькіе краны снабжаются съ одного конца наружною наръзкою, а съ другаго втулкою съ наръзкою; большіе краны снабжаются лекалами или флянцами на обоихъ концахъ. Размѣры малыхъ бронзовыхъ крановъ съ наръзкою на концахъ по Унвайну.

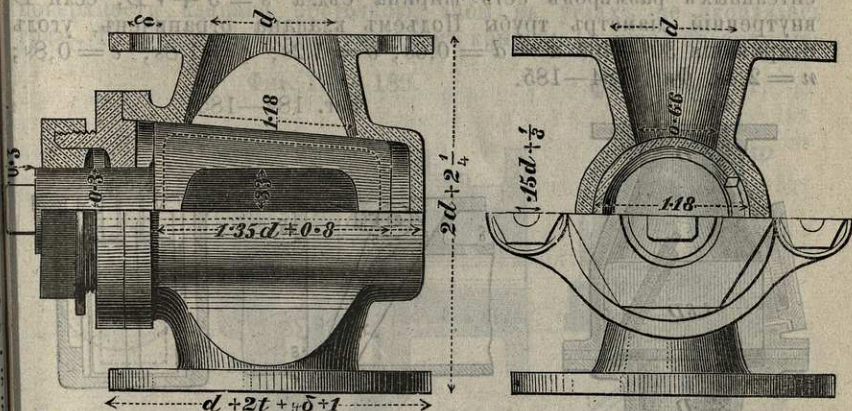
Діаметръ прохода для воды въ кранѣ	d
» » корпуса на срединѣ	1,15 d
Высота отверстія въ пробкѣ	1,3 d
Ширина » »	0,6 d
Вся длина конической части пробки	2,5 d до 3 d
Квадратъ для ключа	0,7 d
Высота квадрата	0,4 d
Толщина металла (стѣнокъ)	0,2 d + 0,15. cm
Діаметръ удерживающаго винта	0,35 d
» наръзанной втулки	$d + 0,75$. cm
» внутренней, конца втулки	$d + 0,5$. cm
Полная длина	3,3 d
Коничность пробки съ каждой стороны	$\frac{1}{12}$ до $\frac{1}{9}$

Краны съ флянцами, подобные кранамъ съ наръзкою, получаютъ те же размѣры. Въ кранахъ средней величины толщина получается

изъ $t = \frac{1}{8} \sqrt{d} + 0,5$ для чугуна и изъ $t = \frac{1}{12} \sqrt{d} + 0,5$ для бронзы.

Большіе краны для паровыхъ котловъ, гдѣ всякая случайность

имѣла бы опасныя послѣдствія, дѣлаются закрытыя съ сальниками. Ихъ размѣры почти не разнятся отъ данныхъ выше. Фиг. 181—182. Фиг. 181—182.



Диаметръ прохода для воды	d	cm
Толщина пробки бронзовой	$0,12 \sqrt{d} + 0,3$	cm
» » чугунной	$0,18 \sqrt{d} + 0,6$	cm
» корпуса бронзового	$0,18 \sqrt{d} + 0,3$	cm
» » чугунного	$0,25 \sqrt{d} + 0,6$	cm

Можно уменьшить толщину корпуса до толщины пробки въ тѣхъ мѣстахъ, которыя не должны обтачиваться.

Диаметръ пробки на срединѣ	$1,18d$	
Размѣры отверстия въ пробкѣ	$1,18d \times 0,66d$	cm
Перекрытіе пробки вверху и внизу	$1,18d + 1,0$	cm
Глубина сальниковой коробки	$\frac{1}{8}d + 1,2$	cm
Высота нажимной крышки	$\frac{1}{20}d + 0,6$	cm
Диаметръ винтовъ крышки	$\frac{1}{8}d + 0,3$	cm
Наклонъ пробки съ каждой стороны	$\frac{1}{12}$	

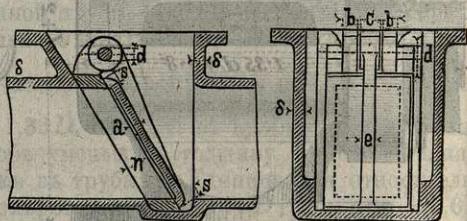
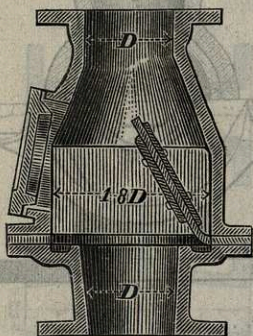
Клапаны бываютъ 1) вращающіеся при открываніи; 2) подъемные; 3) скользящіе или золотники.

Фиг. 183 представляетъ простѣйшую форму клапана, состоящаго изъ кожаного кружка, съ мѣдными или же чугунными накладками для приданія клапану прочности и достаточнаго для быстрого закрытія вѣса..

Въ воздушныхъ насосахъ подножные клапаны дѣлаются всецѣло бронзовые, потому что кожа здѣсь не держится. Единица для относительныхъ размѣровъ есть ширина сѣдла $s = 5 + \sqrt{D}$, если D внутренний диаметръ трубы. Подъемъ клапана ограниченъ, уголъ открыванія $30^\circ - 40^\circ$ $a = d = 0,6s$; $b = 1,2s$; $c = 1,8s$; $e = 0,8s$; $n = 2,4s$. Фиг. 184—185.

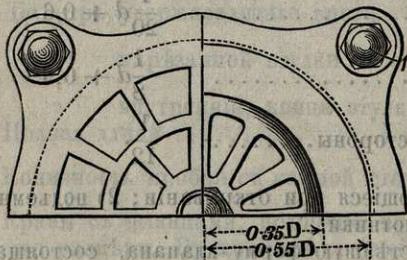
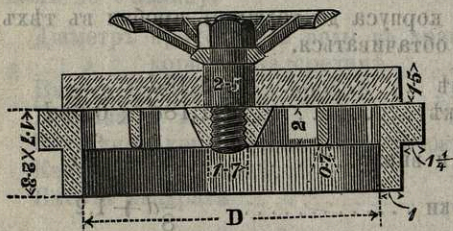
Фиг. 183.

Фиг. 184—185.



Круглые каучуковые клапаны. Очень употребительный для холодильниковъ и насосовъ клапанъ состоитъ изъ каучуковаго кружка, удерживаемаго въ центрѣ болтомъ; клапанъ опирается на рѣшетку. Чтобы клапанъ не поднимался слишкомъ высоко, надъ нимъ укрѣпляютъ рѣшетчатую тарелку (Фиг. 186 и 187). Каучукъ не долженъ быть слишкомъ тонокъ; толщина 0,020 до 0,022 достаточна; отверстія рѣшетки должны быть довольно малыя, дабы не было сильнаго изгиба каучука. Клапаны средняго размѣра этого типа работаютъ лучше большихъ и потому предпочитаютъ употреблять нѣсколь-

Фиг. 186—187.



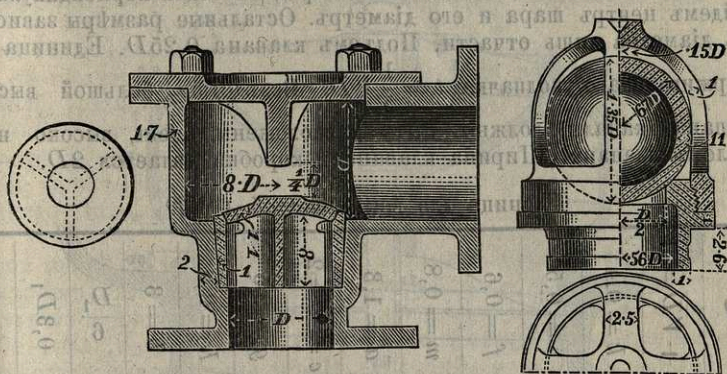
ко клапановъ 0,18 до 0,24 діам., чѣмъ одинъ большой.

Подъемные клапаны или вентили имѣютъ весьма различную форму; простѣйшая есть дискъ, обыкновенно бронзовый, край котораго (плоскій или коническій) опирается на круглое бронзовое сѣдло. Ось этихъ клапановъ вообще вертикальна, такъ что ихъ вѣсь стремится закрыть клапанъ; но можно располагать ихъ иначе при условіи закрыванія пружиною.

Фиг. 188—189 представляет коническій клапанъ. Подъемъ и опусканіе направляется тремя крылышками, приточенными въ цилиндръ части сѣдла. Эти крылышки должны быть отдѣлены отъ опорной поверхности клапана проточкою, дабы въ углахъ не скоплялась грязь. Подъемъ ограниченъ выступомъ крышки. Опорная поверхность

Фиг. 188—189.

Фиг. 190—191.



должна быть узкая, потому что ее легче притереть; однако она должна представлять достаточную поверхность, чтобы не скоро избивалась ударами клапана. При диаметръ D клапана ширина сѣдла $s = 4 + \sqrt{D}$ мм. Если оно коническое, то наклонъ его опредѣляется такъ, что проекція кольца сѣдла $= \sqrt{D}$; слѣдовательно, малые клапаны будутъ болѣе коничны, чѣмъ большіе. По Уланду проекція $s = 4$ до 6 мм. Наклонъ обыкновенно 45° къ оси, но бываетъ 50° — 55° . Клапанная коробка должна быть устроена такъ, чтобы отверстіе для выливанія сверху клапана находилось выше верхушки клапана, если онъ поднять, дабы не было бокового давленія отъ обратнаго тока жидкости, что имѣло бы слѣдствіемъ медленное закрываніе клапана. Подъемъ клапана долженъ быть $= 0,25D$. Большой подъемъ есть неудобство, ибо клапанъ при паденіи приобретаетъ значительную скорость и даетъ сильные удары, производящіе сотрясеніе и быстрое разбиваніе клапана и его сѣдла; поэтому подъемъ ограничивается до наименьшей величины, хотя это увеличиваетъ сопротивление проходу.

Если D_1 наибольшій диаметръ клапана въ мм., то внутренній диаметръ клапанной коробки D_2 надъ клапаномъ.

$$D_2 = \sqrt{D^2 + D_1^2} \text{ мм.}$$

Всѣ насосныхъ клапановъ долженъ быть тѣмъ больше, чѣмъ больше скорость жидкости. По Финку:

Средняя скорость въ М	0,60	0,80	1	1,25	1,5	1,75	2
Вѣсъ клапана на 1 кв. ст.							
Площади его въ килогр.	0,007	0,0115	0,0185	0,029	0,042	0,0575	0,075

Конические клапаны съ крыльями поднимаются или давлѣніемъ самой жидкости или отъ руки; въ послѣднемъ случаѣ они открываются и запираются помощію стержня съ винтомъ.

Фиг. 190—191 представляетъ шаровой клапанъ, часто употребляющійся въ насосахъ большой скорости. Шаръ для легкости часто дѣлается пустой. Ширина сѣдла s и его наклонъ берутся по предѣидущимъ даннымъ; потомъ возставивъ на срединѣ сѣдла перпендикуляры, найдемъ центръ шара и его діаметръ. Остальные размѣры зависятъ отъ діаметра лишь отчасти. Подъемъ клапана $0,25D$. Единица для удерживающаго колпачка $t = \frac{1}{5} \sqrt{D}$. Вслѣдствіе большой высоты клапана, каналы должны быть расположены очень высоко надъ сѣдломъ клапана. Ширина клапанной коробки дѣлается $2D$.

Единица для вентилей $= 5 + \sqrt{D}$

D	$5 + \sqrt{D} = 1$	$k = 0,4$	$i = 0,5$	$f = 0,6$	$m = 0,8$	$a = 1,3$	$c = 2$	$g = 2,5$	$h = 2,8$	$b = 3$	$\frac{D_1}{6}$	$0,3D_1$	$1,5D_1$
100	15	6	8	9	12	20	30	38	42	45	17	30	150
125	16	6,5	8	10	13	21	32	40	45	48	21	38	188
150	17	7	9	10,5	14	22	34	43	48	51	25	45	225
175	18	7	9	11	14,5	23,5	36	45	50	54	29	53	262
200	19	7,5	10	11,5	15	25	38	48	54	57	33	60	300
225	20	8	10	12	16	26	40	50	56	60	38	68	338
250	21	8,5	11	12,5	17	27	42	53	59	63	48	75	375
275	22	9	11	13	18	28,5	44	55	62	66	46	82	412
300	23	9,5	11,5	14	18,5	30	46	58	64	69	50	90	450

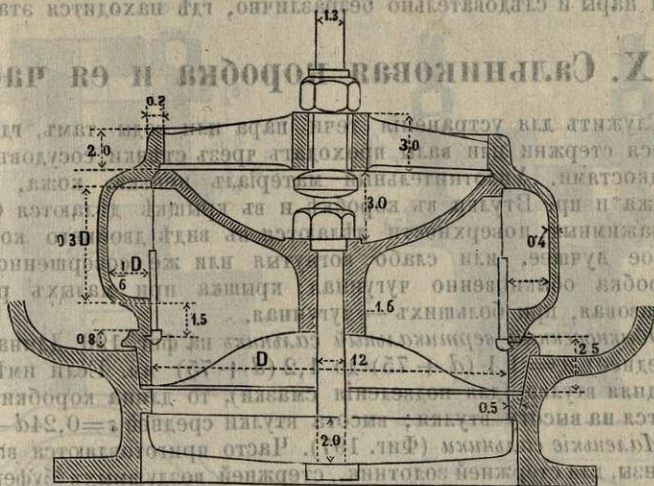
Двухъ опорные клапаны или вентили. Для парораспределенія состоятъ изъ двухъ одинъ надъ другимъ лежащихъ плоскихъ или коническихъ, чугунныхъ или бронзовыхъ клапановъ отлитыхъ вмѣстѣ. Величина опорныхъ поверхностей опредѣляется по предѣидущему, единица $= 5 + \sqrt{D}$. Подведеніе пара съ боку, отведеніе снизу.

Подъемъ $= \frac{1}{8}D - \frac{3}{16}D$. Если возможно, ставятъ клапанъ столь глубоко, чтобъ не было боковаго давленія отъ входящаго и уходящаго пара. Стержень клапана бронзовый толщиною 1,6. Средній діаметръ клапана $D_1 \geq D$; D діаметръ трубы. Клапаны до $D = 250$ мм. получаютъ 4 ребра, для большихъ берутъ 6 реберъ (фиг. 192).

Трубчатые клапаны. Подведеніе пара снизу, отведеніе сбоку. Подъемъ $= \frac{1}{8}D - \frac{3}{16}D$. Чтобъ сдѣлать вліяніе расширенія отъ теп-

лоты безвреднымъ для плотнаго заширанія, соединяють оба сѣкла трубкой (съ продольными прорѣзами) изъ того же матеріала, какъ

Фиг. 192.

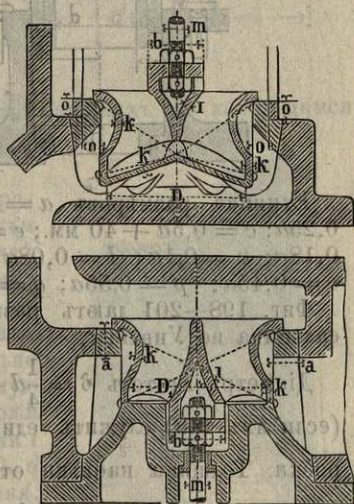
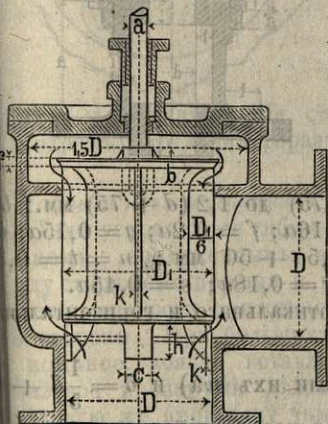


150 вентиль. Сумма площадей прорѣзовъ $\geq$ сѣченія трубы (фиг. 193).

188 Это вліяніе температуры столь же хорошо уничтожается вентилем
225 Кольмана (фиг. 194—195). Такъ какъ уголъ конуса при вершинѣ при

Фиг. 193.

Фиг. 194—195.



расширеніи отъ нагрѣванія неизмѣняется и общія вершины двухъ
совпадающихъ коническихъ поверхностей совпадаютъ даже и при

неравномъ расширеніи, то всѣ точки, лежащія въ совпадающихъ поверхностяхъ, будутъ соприкасаться и должно получиться плотное запираніе. Поэтому эти винты оформляются такимъ образомъ, что вершина верхней пары конусовъ совпадаетъ съ вершиною нижней пары и слѣдовательно безразлично, гдѣ находится эта точка.

Х. Сальниковая коробка и ея части.

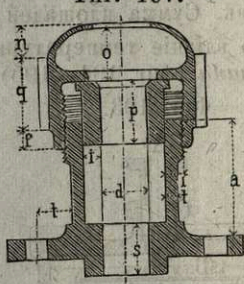
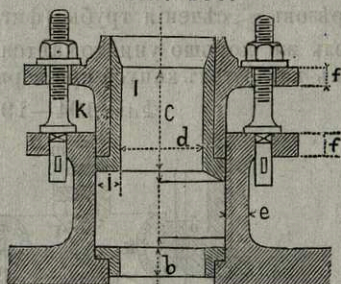
Служить для устраненія течи пара или воды тамъ, гдѣ движущіеся стержни или валы проходятъ чрезъ стѣнки сосудовъ съ этими жидкостями. Уплотнительный матеріалъ пенка, кожа, бумага, пряжа и пр. Втулки въ коробки и въ крышки дѣлаются бронзовыя и нажимныя поверхности дѣлаются въ видѣ двойнаго конуса, что самое лучшее, или слабо вогнутыя или же совершенно плоскія. Коробка обыкновенно чугунная; крышка при малыхъ размѣрахъ бронзовая, при большихъ — чугунная.

Обыкновенный вертикальный сальникъ на фиг. 196. Длина коробки (среднее) $a = 1,1(d + 75)$ до $1,2(d + 75)$ мм. Если имѣется еще средняя втулка (для подведенія смазки), то длина коробки увеличивается на высоту втулки; высота втулки средней $z = 0,24d + 40$ мм.

Маленькіе сальники (Фиг. 197). Часто приготавливаются вполнѣ из бронзы, для стержней золотник., стержней воздушныхъ буферовъ и т.

Фиг. 196.

Фиг. 197.



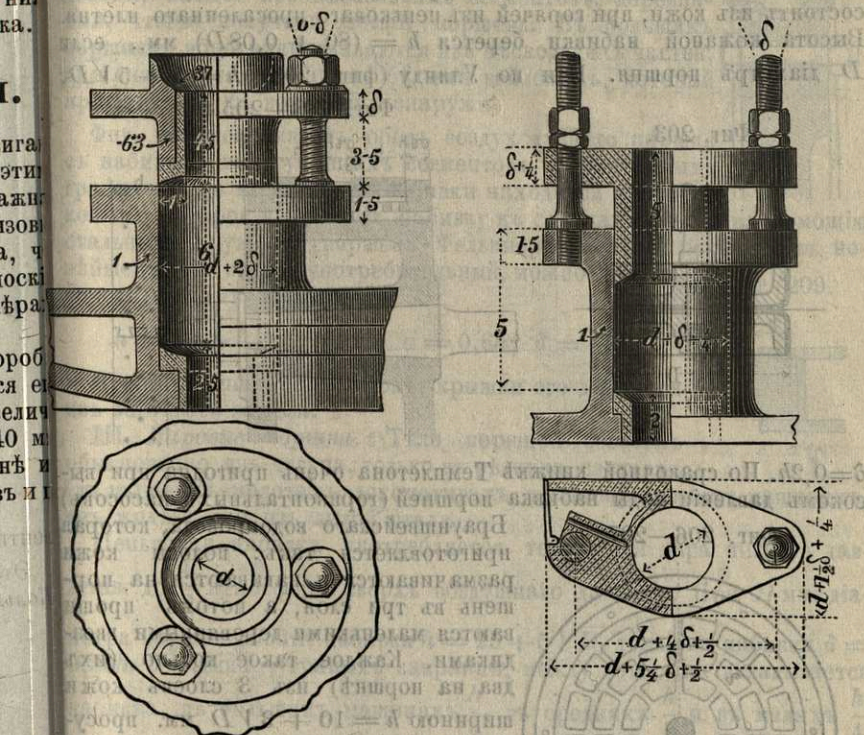
Единица размѣровъ $a = 1,1(d + 75)$ до $1,2(d + 75)$ мм.; $b = 0,25a$; $c = 0,5a + 40$ мм.; $e = f_1 = 0,16a$; $f = 0,2a$; $g = 0,15a$; $h = 0,18a$; $k = 0,1a$; $l = 0,08a$; $m = 0,5a + 50$ мм.; $n = t = 0,3a$; $o = 0,45a$; $p = 0,55a$; $q = 0,65a$; $r = 0,18a$; $s = 0,45a$.

Фиг. 198—201 даютъ размѣры вертикальнаго и горизонтальнаго сальника по Унвайну.

Диаметръ винтовъ $\delta = \frac{1}{4}d + 0,6$ (если ихъ два) и $\delta = \frac{1}{5}d + 0,6$ (если ихъ три) служить единицей для построенія сальниковой коробки. Толщина набивки отъ $\frac{1}{2}\delta$ до δ ; но при толстыхъ стержняхъ меньше. Длина коробки 5δ до 8δ . Толщина ея фланцевъ 1,25 δ до 1,5 δ ; для крышки δ при чугунѣ и 1,5 δ при бронзѣ. Длина крышки $\frac{3}{4}$ до $\frac{4}{5}$ длины коробки. Толщина коробки не должна быть $< \frac{1}{5}d$.

Длина бронзовой гарнитуры почти $2,5\delta$; но если сальник

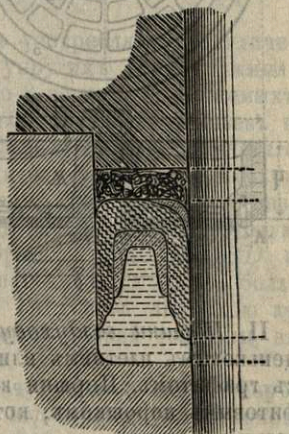
Фиг. 198—201.



ужить для направлѣнія стержня (въ машинахъ съ качающимся цилиндромъ), то длина гораздо больше.

Фиг. 202.

м.; b — набивка изъ прессованной кожи (Бра-
5а; 4а). Течи устраняются гибкимъ кожаныѣмъ
= 0,3, пальцемъ, проложеннымъ въ проточкѣ
жду стержнемъ поршня и цилиндромъ;
тапливание жидкости прижимаетъ кожу въ
бѣ стороны. При большихъ размѣрахъ
кожаное кольцо вставляютъ кольцо
бронзовое и снаружи дѣлаютъ круглую
бронзовую же прокладку тамъ, гдѣ кожа
болѣе подвергается истиранію. Если t
ержня — высота параллельно движенію поршня;
1,25 δ — диаметръ поршня, то по Welch'у:
крыш = $0,156R^{0,279}$ и $d = 2,5t$. Ширина коль-
< $\frac{1}{5}$ — по радиусу = d . Фиг. 202.

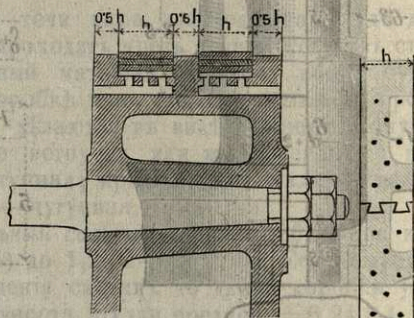
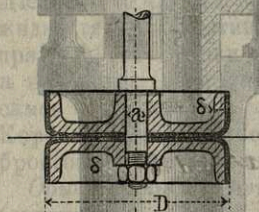


ХІ. Поршни.

I. *Насосные поршни.* Набивка при холодной водѣ (ниже 30°C) состоитъ изъ кожи, при горячей изъ пеньковаго просаленнаго плетня. Высота кожаной набивки берется $h = (80 + 0,08D)$ мм., если D діаметръ поршня. Или по Улянду (фиг. 203) $h = 5 + 5\sqrt{D}$;

Фиг. 204—205.

Фиг. 203.



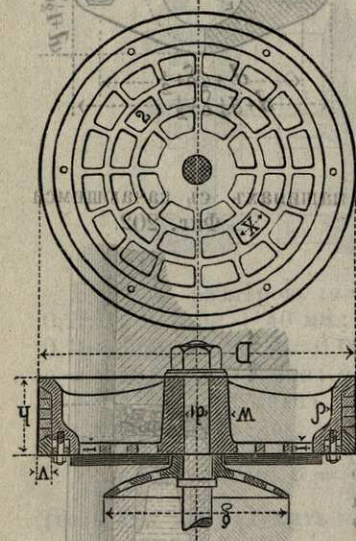
$\delta = 0,2h$. По справочной книжкѣ Темплетона очень пригодна при высокомъ давленіи воды набивка поршней (горизонтальныхъ насосовъ) Брауншвейскаго водопровода, которая

Фиг. 206—207.

приготавливается такъ: полосы кожи размачиваются и навиваются на поршень въ три слоя, а потомъ прошиваются маленькими деревянными гвоздиками. Каждое такое кольцо (ихъ два на поршнѣ) изъ 3 слоевъ кожи шириною $h = 10 + 3\sqrt{D}$ мм. просушивается при умѣренномъ нагрѣваніи и при постоянномъ поворачиваніи надъ горящимъ древеснымъ углемъ и потомъ обтачивается по мѣрѣ. Каждое кольцо на дѣйствиіе прижимается водою къ стѣнкамъ цилиндра и служитъ 4 года.

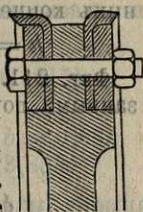
Высота пеньковой набивки берется $h = 40 + 0,1D$ при толщинѣ $\delta = 10 + 0,03D$.

Поршни съ каучуковымъ клапаномъ (фиг. 206—207); $h = 5 + 5\sqrt{D}$; $w = 0,24h$; $\delta = 0,12h$; $i = 0,11h$; $g = 2,1h$; $x = 0,4h$; $z = 0,24h$; $v = 0,18h$.



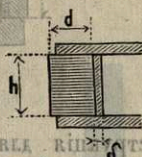
II. *Поршни воздухоудныхъ машинъ.* Они уплотняются кожей, пеньковымъ плетнемъ или суконною набивкою, пропитанною клеемъ съ графитомъ. Поршни воздухоудныхъ машинъ смазываются графитовымъ порошкомъ, который бросаютъ въ цилиндръ чрезъ всасывающіе клапаны.

Фиг. 208 показывает сечение обода воздухоудного поршня съ кожаныиъ уплотняющимъ воротникомъ. Оба окружныя Фиг. 208. кольца, каждое изъ нѣсколькихъ сегментовъ, деревянные, чтобы получить легкій поршень. Въ большихъ поршняхъ воротники шиваются изъ нѣсколькихъ частей; они снабжаются крѣпкимъ бѣлымъ войлокомъ, который пришивается къ воротнику снаружи.



Фиг. 209 показываетъ ободъ воздухоудного поршня съ набивкою изъ суконныхъ сегментовъ, пропитанныхъ графитомъ на клею; сзади набивки находится желѣзное кольцо, которое нажимаетъ набивку къ стѣнкамъ цилиндра помощью стальныхъ пружинъ (поршень Фелькнера). Этотъ поршень, въ новейшее время весьма употребительный, можно строить по слѣдующимъ даннымъ: Фиг. 209.

$$h = 10 + 2,5 \sqrt{D} \text{ мм.}; d = 0,6h; \delta = \frac{1}{12}h.$$



Чтобы поршень былъ легокъ, крышки его дѣлаются изъ листового желѣза.

III. Паровые поршни. Тѣло поршней состоитъ обыкновенно изъ чугуна, только въ рѣдкихъ случаяхъ (въ паровыхъ молотахъ, локомотивахъ, желѣзнодорожныхъ машинахъ) изъ желѣза или изъ литой стали.

Пеньковая набивка употребляется только для пара низкаго давления, до $\frac{1}{2}$ атмосферы сверхъ воздушнаго давления. При D мм. діаметра поршня высота набивки $h = 25 + 5 \sqrt{D}$, толщина набивки $\delta = 0,25h$. Толщина чугунныхъ закраинъ, между которыми вкладывается набивка, въ большихъ машинахъ $\frac{h}{6}$, въ среднихъ $\frac{h}{5}$ и въ малыхъ $\frac{h}{4}$.

Набивка состоитъ изъ сильно просаленного пеньковаго плетня, навиваемаго между закраинами поршня; одна закраина подвижная для нажиманія набивки.

При парахъ высокаго давления слѣдуетъ употреблять металлическую набивку. Она состоитъ изъ 2 или 3 упругихъ (самопружинающихся) металлическихъ колецъ или изъ 2 до 3 колецъ, нажимаемыхъ къ стѣнкамъ цилиндра помощью распорныхъ пружинъ, клиньевъ и винтовъ. Набивочныя кольца дѣлаются большею частію изъ мягкаго чугуна, иногда изъ мягкой пудлинговой стали или изъ бронзы. Кольца обтачиваются на нѣсколько большій діаметръ, чѣмъ цилиндръ, разбиваются и укорачиваются, чтобы концы не упирались. Общую высоту металлической набивки можно брать $h = 40 + 0,08D$ и $= 0,05D$ въ мм. Толщина чугунной крышки дѣлается $0,33h$; большею частію крышка плоская, но выгодно ее дѣлать выпуклою къ ридинѣ. Въ малыхъ поршняхъ крышка всюду равной толщины, въ большихъ къ срединѣ утолщается до $0,44h$.

Фиг. 210. Чугунный поршень съ двумя чугунными вкось разрѣзанными пружинами и съ лежащею сзади ихъ прямо разрѣзанною тальною пружиною. Очень испытанная конструкция для поршней

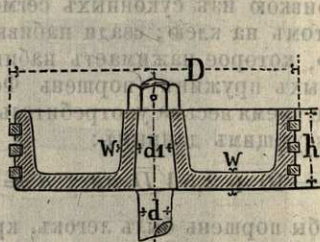
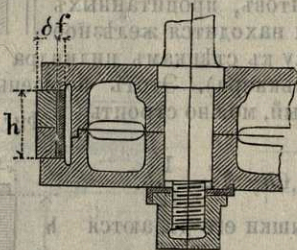
средней величины. Для малых поршней вместо стальной хорошо ставить чугунную эксцентрическую пружину для расpirания наружных концентрических.

$$h = 40 + 0,08D; \delta = 5 + 0,016D; f = 3 + 0,01D.$$

Фиг. 211. Чугунный поршень съ тремя чугунными вкось разрѣзанными поршневыми пружинами. Тоже испытанная, надежная кон-

Фиг. 210.

Фиг. 211.

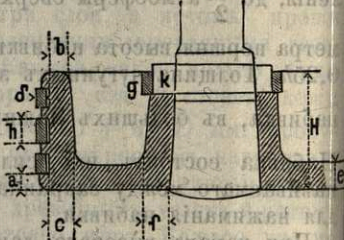
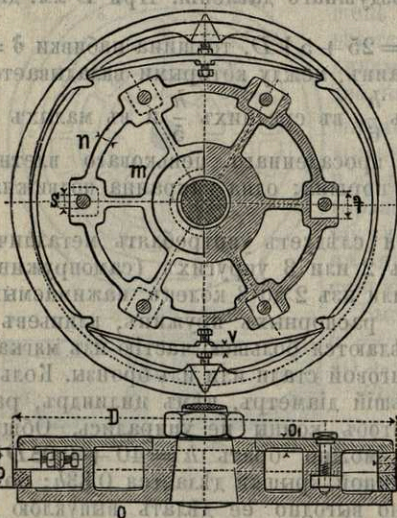


струкция для больших диаметров ($D = 500 - 800$); $h = 40 + 0,08D$; $\delta = 8 + 0,26D$.

Поршни съ стальными пружинами, нажимающими посредством винтов на наружные кольца (фиг. 212—213). Высота двухъ пружинъ

Фиг. 212—213.

Фиг. 214.



Фиг. 215.



жинъ $h = 15 + 3\sqrt{D}$; толщина ихъ $r = 0,38h - 0,4h$. Толщина

чугунныхъ закраинъ поршневыхъ крышекъ $O = o_1 = \frac{h}{3} - \frac{h}{4}$; $n = \frac{h}{4}$; $m = \frac{h}{4}$; $s = 0,3h$; $v = 0,2h$; $t = 0,6h$.

Фиг. 214 и 215. Железные поршни съ чугунными вкозь разръзанными поршневыми кольцами (самопружинающимися) съ успѣхомъ употребляются въ желѣзнодорожныхъ машинахъ, локомотивахъ и пароводныхъ машинахъ. Испытанные размѣры суть:

для 3 колець (фиг. 214)

$$h = 5 + \sqrt{D}; \delta = 0,5h$$

$$a = 0,75h; b = 0,75h$$

$$c = e = f = 1,25h; H = 6h$$

для двухъ колець (фиг. 215)

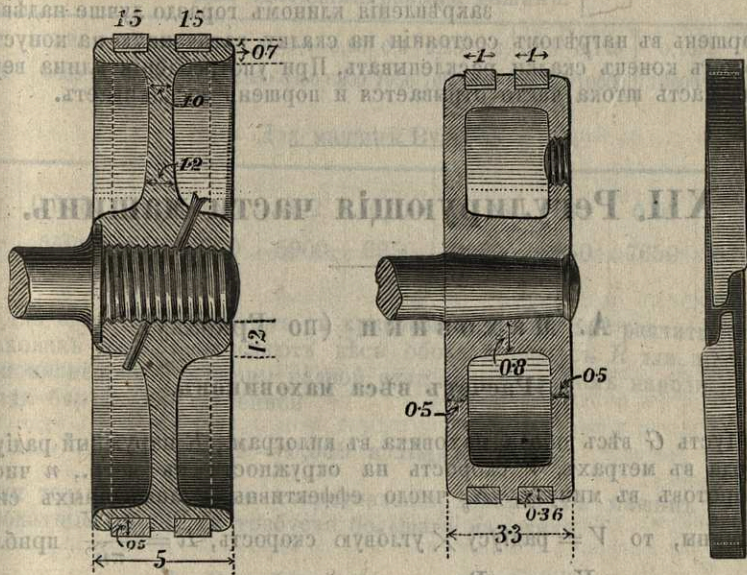
$$h = 5 + 1,25 \sqrt{D}$$

$$\delta = 0,4h; a = 0,63h; b = 0,63h$$

$$c = e = f = h; H = 3,85h.$$

g — предохранительное кольцо для клина. Если размѣры поршня усилить на 20 до 250/0, то эта конструкция годится и для чугунныхъ поршней (Фиг. 216—218); чугунъ дешевле и даетъ хорошіе

Фиг. 216—218.



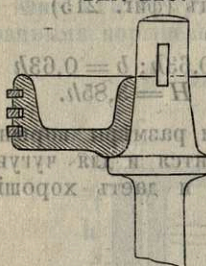
результаты. Чугунныя пружины концентрическія 0,035 до 0,040 шириною при толщинѣ 0,012 до 0,015. Разръзы пружинъ должны быть противоположны; иногда завертываютъ маленькіе винтики, чтобы пружины не поворачивались въ своихъ канавкахъ.

Соединеніе поршневого стержня съ поршнемъ дѣлается посредствомъ гайки съ шпилькой или посредствомъ клина или же чрезъ расклепываніе конца стержня. Поршень всегда притирается на коническій конецъ стержня и затѣмъ окончательно протачивается и вывѣряется уже на стержнѣ. Относительно высоты поршня и его пружинъ замѣтимъ: такъ какъ формы поршней весьма разнообразны, также какъ и условія ихъ дѣйствія, то проектирующій не долженъ расчитывать единственно на данныя соотношенія, но долженъ вы-

водить ихъ самъ изъ хорошихъ примѣровъ поршней, подобныхъ тому, который онъ желаетъ устроить.

Фиг. 219. Желѣзный поршень для паровыхъ молотовъ. Набивочныя кольца изъ мягкой пудлинговой стали, высотой 11 до 13 мм.

Фиг. 219.



и шириною 13 до 15 мм.; изъ трубы, которой діаметръ на 10% больше діаметра цилиндра молота, вырѣзываются на токарномъ станкѣ кольца; изъ каждаго кольца вырѣзывается и отбрасывается часть длиною $0,1D\pi$. Чтобы устранить пружиненіе молота и происходящую отъ этого поломку поршня, даютъ ему въ новейшее время форму конической тарелки при изготовленіи которой труднѣе, чѣмъ плоской; но за то крѣпость первой гораздо больше. Въмѣсто закрѣпленія клиномъ гораздо лучше надѣвать

поршень въ нагрѣтомъ состояніи на скалку, заточенную на конусъ и потомъ конецъ скалки расклепывать. При употребленіи клина верхняя часть штока часто отрывается и поршень соскакиваетъ.

ХІІ. Регулирующія части машинъ.

А. Маховики (по Грабаку).

а. Расчетъ вѣса маховиковъ.

Пусть G вѣсъ обода маховика въ килограмм., R наружный радіус обода въ метрахъ, V скорость на окружности въ метр., n число оборотовъ въ минуту, N_e число эффективныхъ лошадиныхъ силъ машины, то $V = \text{радіусу} \times \text{угловую скорость}$, $R = \frac{30 V}{\pi n}$ прибли-

зительно $= 10 \frac{V}{n}$; $V = \frac{Rn}{10}$ и вѣсъ обода.

$$G = \alpha \frac{N_e}{\delta V^2 n} \text{ килограмм.}$$

Степень равномерности δ принимается: $\delta = \frac{1}{5}$ въ молотахъ и то-

лечяхъ; $\delta = \frac{1}{20}$ въ машинахъ для движенія насосовъ, простыхъ

мельницъ и лѣсопилкокъ; $\delta = \frac{1}{35}$ въ обыкновенныхъ случаяхъ для

движенія машинныхъ и большей части другихъ фабрикъ при ре-

менной передачѣ; для довольно равномернаго хода: $\delta = \frac{1}{40}$

ткацких и писчебумажных фабрик и $\delta = \frac{1}{50}$ для мельниц хорошо устроенных; для весьма равномерного хода $\delta = \frac{1}{60}$ для прядиленъ для низкихъ номеровъ пряжи и $\delta = \frac{1}{100}$ для высокихъ номеровъ пряжи.

Коэффициентъ α зависитъ отъ степени наполненія цилиндра машины и отъ отношенія $\frac{r}{l}$ длины кривошипа къ длинѣ шатуна. Предполагая, что $l = 5r$ (какъ обыкновенно и бываетъ), нужно брать α изъ слѣдующей таблицы.

Для одноцилиндровыхъ машинъ.

e	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,33	0,3	0,25	0,2	0,15	0,125	0,10	0,07
α	5000	5150	5350	5600	5850	6350	6800	7050	7600	8300	9350	10000	10600	12250

Для машинъ Вульфа.

e	0,333	0,3	0,25	0,2	0,15	0,125	0,10	0,07	0,05
α	5500	5550	5700	5900	6250	6500	6850	7650	8700

Для двоянныхъ машинъ съ кривошипами подъ 90° рассчитываютъ маховикъ такъ: вычисляютъ вѣсъ обода и радиусъ R для простой одноцилиндровой машины равной силы при заданномъ наполненіи и тогда берутъ для двоянной

$$G_{\text{сдв}} = 0,33G \text{ и } R_{\text{сдв}} = 0,55R,$$

если только переменное сопротивленіе двигаемыхъ машинъ (напр. прокатные станы) не требуетъ большаго маховика.

в. Размѣры обода маховиковъ.

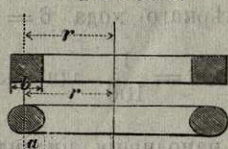
Ободъ дѣйствуетъ всѣмъ своимъ вѣсомъ; ручки же только $\frac{1}{3}$ своего вѣса, отнесеннаго къ ободу маховика; если Q поперечное сѣченіе обода въ квадрат. метр., q среднее сѣченіе ручки $= 0,3Q$ (его надо вычислять по моменту $M = PR = \frac{R}{a} \times \frac{G}{g} \frac{V}{2}$, но такъ, чтобы напряженіе не превышало $s = 2,5 \text{ klg.}$) и R средній радиусъ обода маховика въ метрахъ, то

$$G = 7200(2R\pi Q + 0,3QR \frac{1}{3}a) \text{ и } Q = \frac{G}{7200R(2\pi + 0,1a)}.$$

При среднемъ діаметрѣ $D = 2R$, не принимая во вниманіе вѣсъ ручекъ, получимъ $G = 22600DQ$ въ килогр.

Если h высота, b толщина обода, то (фиг. 220)

Фиг. 220.



$$\begin{aligned} \text{при } b &= 0,5h & h &= \sqrt{2Q} \\ > b &= 0,6h & h &= \sqrt{\frac{2}{3}Q} \\ > b &= 0,75h & h &= \sqrt{\frac{1}{3}Q} \\ > b &= 0,80h & h &= \sqrt{\frac{1}{4}Q} \end{aligned}$$

с. Диаметр D маховика.

При ходѣ поршня H :

для машинъ безъ коромысла	$4\frac{1}{2}$ до $5H (V \nless 15^m)$
» » съ коромысломъ и Вульфовыхъ . .	$3\frac{1}{2}$ » $4H$
» воздуходувокъ съ коромысломъ	3 » $3\frac{1}{2}H$
» лежачихъ одиночныхъ и сдвоенныхъ машинъ 4	» $4\frac{1}{2}H (V \nless 10^m)$
» стоячихъ одиночныхъ (и также Вульфовыхъ) машинъ съ 2 маховиками	2,9 » $3H (V \nless 20^m)$

Меньшіе діаметры для большихъ машинъ. Для воздуходувныхъ машинъ вѣсъ обода берется въ 2—3 раза меньше, чѣмъ дано выше. Чѣмъ больше діаметръ, тѣмъ выгоднѣе, потому что маховикъ будетъ легче и дешевле, треніе въ подшипникахъ маховаго вала также уменьшается.

Максимумъ діаметра опредѣляется тѣмъ, чтобъ скорость V была меньше 30 метровъ; обыкновенно же въ паровыхъ машинахъ скорость $V = 10 - 15m$ въ сек.

д. Ручки.

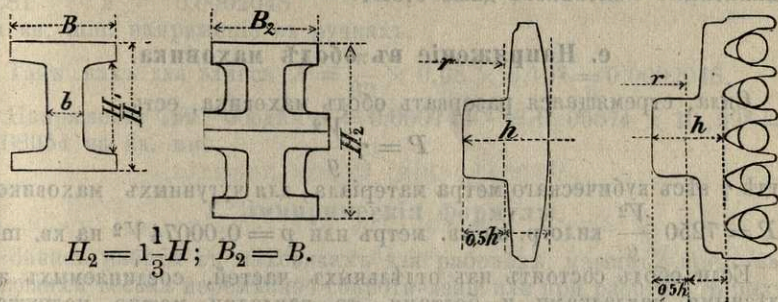
Число ручекъ (спиць) маховиковъ дѣлается обыкновенно $A = 2(1+R)$ или

$$\begin{array}{c|c|c|c} \text{при } D = 1\frac{1}{2} \text{ до } 2\frac{1}{2} & 2\frac{1}{2} - 5 & 5 - 8 & 8 - 10 \\ A = 4. & 6. & 8. & 10. \end{array}$$

Ручки маховиковъ при небольшой скорости v на окружности самое лучшее дѣлать овальными, для большой v по фиг. 221, если

части обода скреплены между ручками, и по фиг. 222, если свиваются ручки. Первое предпочтительно.

Фиг. 221—224.



$$H_2 = 1\frac{1}{3}H; B_2 = B.$$

Ободья обыкновенных маховиков имѣютъ въ поперечномъ сѣченіи прямоугольникъ, для ременной передачи форму фиг. 223, для канатной по фиг. 224. При спокойномъ ходѣ высоту эллиптической ручки у втулки, при скорости v на средней окружности обода не свыше 30 метровъ, можно вычислять изъ $H = 0,2D \sqrt[3]{\frac{nQ}{с.А}}$, гдѣ D средній діаметръ въ метрахъ; H въ см.; Q въ кв. см.; $с$ отношеніе между толщиной b и высотой H ручки, слѣд. $b = сH$.

Если же v на средней окружности маховика больше 30 метровъ, тогда нужно взять во вниманіе напряженіе, происходящее въ ручкахъ и въ ободѣ отъ центробѣжной силы. Если q поперечное сѣченіе ручки, то можно принимать для маховиковъ прокатныхъ машинъ, а также для маховиковъ, приспособленныхъ къ ременной и канатной передачамъ $\frac{Q}{q} = 2$, а для фиг. 221 $B = 0,8H$; $b = 0,25H$; $H_1 = 0,7H$. Тогда $q = 0,42H$ и модуль сѣченія $w = 0,102H^3$.

Въ маховикахъ для канатной и ременной передачи къ прокатнымъ машинамъ наибольшее допускаемое напряженіе на квадратъ сантим. можно брать 110—115 килогр. въ ручкахъ и 220 килогр. въ ободѣ; но подобныя напряженія встрѣчаются только въ скороходныхъ прокатныхъ станахъ. Зубчатые маховики для послѣднихъ могутъ получать напряженіе 70 килогр. въ ручкахъ и 140 килогр. въ ободѣ; напротивъ, всякіе другіе маховики при большихъ скоростяхъ соотвѣтственно 100 и 200 килограмм.

Маховики для листокатальныхъ становъ съ $v = 25 — 30$ метровъ, имѣютъ большею частію $\frac{Q}{q} = 3$ и сѣченіе ручекъ по фиг. 221: $B = 0,62H$; $H_1 = 0,7H$; $b = 0,2H$; $q = 0,326H^2$ и $w = 0,0793H^3$. Если же пожелали бы принять для ручекъ эллиптическое сѣченіе, тогда высота сѣченія ручки вычисляется изъ $H = 0,22$ до $0,23D \sqrt[3]{\frac{nQ}{с.А}}$, гдѣ $с = 0,5 — 0,7$.

Ручки къ ободу дѣлаются тоньше, а именно высота у обода 0,75 до 0,8H и толщина 0,75b. Ручка формы фиг. 221 получаетъ у обода высоту 0,8H и ширину реберъ 0,85B; для широкихъ ременныхъ и канатныхъ маховиковъ даже 0,9B.

е. Напряженіе въ ободѣ маховика.

Сила, стремящаяся разорвать ободъ маховика, есть

$$P = \gamma \frac{V^2}{g},$$

гдѣ γ вѣсъ кубическаго метра матеріала; для чугунныхъ маховиковъ

$$P = 7250 \frac{V^2}{g} \text{ килогр. на кв. метръ или } p = 0,00074 V^2 \text{ на кв. мм.}$$

Если ободъ состоитъ изъ отдѣльныхъ частей, соединяемыхъ желѣзными накладками и болтами, то накладки можно нагружать 2 килогр. на 1 кв. мм. сѣченія. Если же кромѣ того, отдѣльныя части маховика соединяются винтами въ ручкахъ, то можно нагружать накладки 6 килогр. на 1 кв. мм. сѣченія.

Примѣръ. Паровая машина съ охлажденіемъ имѣетъ ходъ поршня = 0,70m, число оборотовъ 60 въ минуту, исполненіе $e = 0,25$ и дѣйств. сила $N_e = 44$ лошади. Какіе размѣры нужно дать маховику, если машина служить для движенія ткацкой фабрики для среднего товара?

$$R = 2,5H = 2,5 \times 0,70 = 1,75m. \text{ радиусъ маховика.}$$

$$V = \frac{2R\pi n}{60} = \frac{2 \times 1,75 \times \pi \times 60}{60} = 10,99m. \text{ скорость обода ма-}$$

ховика.

$$\delta = \frac{1}{50}; \alpha = 7600 \text{ для } \frac{1}{4} \text{ наполненія.}$$

$$G = \alpha \frac{N_e}{\delta n V^2} = \frac{7600 \times 44 \times 50}{60 \times 10,99^2} = 2416 \text{ килограм. вѣсъ маховой}$$

массы.

$$A = 2(1 + R) = 2(1 + 1,75) = 2 \times 2,75 = 5,5 = \text{почти 6 ручки.}$$

$$Q = \frac{2416}{7200R(2\pi + 0,1a)} = \frac{2416}{7200 \times 1,75(2\pi + 0,1 \times 6)} = 0,028 \text{ кв.}$$

m. сѣченіе обода.

Толщина обода b ; ширина $a = 2b$; $ab = 2b^2 = 0,028$; откуда

$$b = \sqrt{0,014} = 0,119m \text{ и } a = 2b = 2 \times 0,119 = 0,238m.$$

Если желаемъ придать ручкамъ эллиптическое сѣченіе, малая ось x , большая $2x$, то

$$\frac{\pi}{4} \times x \times 2x = 0,01; \text{ откуда } x = \sqrt{\frac{0,01 \times 4}{\pi}} = 0,08m. \text{ толщина}$$

ручки.

$$2x = 0,16m \text{ ширина ручки.}$$

$$Z = \frac{1}{a} \times \frac{G}{g} \times \frac{V}{2} \times \frac{R}{s}, \text{ откуда } S = \frac{1}{a} \times \frac{G}{g} \times \frac{V}{2} \times \frac{R}{Z} = \frac{1}{6} \times \frac{2416}{9,81} \times \frac{10,99}{2} \times \frac{1,75}{0,0002048} = 1883000 \text{ klg. на кв. метр.} = 1,883 \text{ klg. на кв. мм. напряжение в ручках.}$$

$$\text{Такъ какъ для элипса } Z = \frac{\pi}{32} \times 0,08 \times 0,16^2 = 0,0002048.$$

$$\text{Напряжение в ободѣ } p = 0,00074 V^2 = 0,00074 \times 10,99^2 = 0,08954 \text{ на кв. мм.}$$

г. Эмпирическія формулы.

Запасъ работы въ маховикахъ для рабочихъ машинъ, представляющихъ весьма переменное сопротивление или при работѣ которыхъ являются сильныя удары, долженъ соответствовать природѣ сопротивления. Напр., для лѣсопилокъ живая сила маховика должна быть въ 6 до 8 разъ больше, чѣмъ работа движущей машины, выраженная въ килограмметр.; а въ прокатныхъ станахъ отъ 30 до 70 разъ больше, смотря потому — будетъ ли прокатываться мелкое или крупное желѣзо.

Всѣ маховика для прокатныхъ становъ $G = \alpha \times 50 \frac{N}{n V^2}$, гдѣ $\alpha = 30000$. Маховики, служащіе для уравниванія переменнаго сопротивления рабочихъ машинъ, ставятся по возможности ближе къ тѣмъ мѣстамъ, гдѣ происходитъ употребленіе силы.

1. Маховикамъ для молотовъ даютъ всѣ p klg. на 1 klg. вѣса молота (включая и молотовище):

а. Въ лобовыхъ молотахъ при 70 до 80 ударахъ въ минуту:

$$p = \frac{7}{R^2} \text{ килогр. (вѣсъ молота 3000 до 3500 килограмм.)}$$

$$p = \frac{8}{R^2} \text{ » » » 4000 » 5000 » }$$

б. Въ среднебойныхъ молотахъ при 100 до 110 ударовъ въ мин.:

$$p = \frac{23}{R^2} \text{ килогр. (вѣсъ молота 600 до 850 килограммовъ).}$$

в. Въ хвостовыхъ молотахъ при 150 до 200 ударахъ въ минуту:

$$p = \frac{19}{R^2} \text{ килогр. (вѣсъ молота 350 до 500 килограммовъ).}$$

2. Для лѣсопильныхъ машинъ по Финку:

$$G = 22072500 \frac{N}{R^2 n^3}$$

3. Для прокатныхъ становъ для крупнаго листоваго и крупнаго сортоваго желѣза:

$$G = 129500 \frac{\delta N}{V^2 n} = 11780000 \frac{\delta N}{R^2 n^3} \text{ (по Морену).}$$

При этомъ $n = 60$ до 100 , $V = 28$ до $31m$ въ секунду.

$\delta = 20$ въ машинахъ отъ 80 до 100 лошадей, силъ, двигающихъ одновременно 4 до 6 паръ вальцовъ для прокатки желѣза на листы или въ сорта.

$\delta = 25$ въ машинахъ въ 60 лошадиныхъ силъ, двигающихъ 4 до 6 паръ вальцовъ на полосовое желѣзо.

$\delta = 80$ до 100 въ машинахъ отъ 30 до 40 лошадиныхъ силъ, двигающихъ 1 пару вальцовъ на толстое листовое и вмѣстѣ 2 пары вальцовъ на тонкое сортовое желѣзо.

В. Центробѣжные регуляторы.

Опредѣленія. Общія понятія.

Если въ паровой машинѣ сила или сопротивленіе измѣняются долгое время, то маховикъ не въ состояніи поддерживать нормальную скорость вала. Если сопротивленіе сдѣлается меньше или давленіе пара увеличится или произойдетъ то и другое вмѣстѣ, то машина мало по малу приобретаетъ болѣе быстрый ходъ, потому что хотя маховикъ работу и поглощаетъ, но обратно ее не отдаетъ. Если, наоборотъ, сопротивленіе увеличится или давленіе пара уменьшится или произойдетъ то и другое вмѣстѣ, то машина постепенно замедляетъ свой ходъ, потому что маховикъ работу отдаетъ, но вновь ее не принимаетъ. Центробѣжный регуляторъ имѣетъ задачей: при переменнѣ силъ или при переменномъ сопротивленіи поддерживать приблизительно нормальный ходъ машины; точно дѣйствующій регуляторъ, который поддерживалъ бы вполнѣ точно нормальную скорость машины, не мыслимъ, потому что дѣйствіе регулятора начинается тогда, когда машина уже потеряла свою нормальную скорость. Шары регулятора начинаютъ двигаться не тотчасъ съ увеличеніемъ или уменьшеніемъ центробѣжной силы ихъ, — но тогда, когда измѣненіе этой силы сдѣлалось на столько велико, чтобы преодолѣть сопротивленія отъ тренія въ аппаратѣ. Поэтому регуляторъ нужно устраивать такъ, чтобы онъ былъ чувствителенъ и дѣйствовалъ возможно быстро.

Регуляторы раздѣляются на статическіе, астатическіе и псевдоастатическіе.

Статическіе суть такіе регуляторы, въ которыхъ каждому положенію шаровъ соответствуетъ опредѣленное число оборотовъ оси регулятора.

Астатическими называются регуляторы съ постояннымъ числомъ оборотовъ при всякомъ положеніи шаровъ; при опредѣленной нормальной, но только именно при этой скорости оси регулятора шары находятся въ равновѣсіи въ каждомъ положеніи. При непосредственной передачѣ они не употребляются; при непрямой, хотя и употребляются, но вообще не необходимы. Центры шаровъ двигаются по кривой, называемой *астатической*.

Псевдоастатическіе суть такіе статическіе регуляторы, которые сильно приближаются къ астатическому состоянію. Шары двигаются по кривой, которая лишь немного уклоняется отъ астатической.

Псевдоастатическій регуляторъ, установленный въ возможно близкихъ предѣлахъ, даетъ наилучшее регулированіе.

Степенью неравномерности (степенью подвижности) называется частное изъ разности чиселъ оборотовъ, соответствующихъ крайнимъ положеніямъ шаровъ, раздѣленной на нормальное число оборотовъ, воображая регуляторъ безъ сопротивленія въ муфтѣ и безъ сопротивленія тренія.

Энергіею регулятора называется сила, съ которою регуляторъ передвигаетъ свою муфту; она эквивалентна сопротивленію, которое передаточный механизмъ и собственное треніе регулятора представляютъ передвиженію муфты (по обоимъ направленіямъ).

Степень нечувствительности есть частное изъ удвоенной разности оборотовъ, соответствующихъ положенію муфты при состояніи полного отсутствія энергіи (регуляторъ начинаетъ опускаться) и при полной энергіи (регуляторъ начинаетъ подниматься), раздѣленной на нормальное число оборотовъ. Муфта внутри этихъ измѣненій состоянія не передвигается. Степень нечувствительности въ каждомъ регуляторѣ должна, быть сколько возможно менѣе, но крайній ея предѣлъ находится въ степени неравномерности вала машины (маховика). Именно: если, какъ говорятъ въ практикѣ, регуляторъ чувствительнѣе, чѣмъ маховикъ, то онъ будетъ работать при неизбѣжныхъ измѣненіяхъ скорости вала при каждомъ ходѣ поршня и будетъ причиною порывистаго хода машины, съ подергиваніями.

Обозначимъ: G вѣсъ одного шара регулятора въ кило; Q полный передвигаемый вѣсъ муфты въ кило.; P сопротивленіе передвиганію муфты отъ передаточнаго механизма, въ кило.; F сопротивленіе передвиганію муфты отъ тренія регулятора, въ кило.; $\frac{1}{\delta}$ степень неравномерности (не принимая во вниманіе энергію); δ степень равномерности, $\frac{1}{\varepsilon}$ степень нечувствительности, ε степень чувствительности; $\frac{1}{\delta_0}$ степень неравномерности маховика даннаго двигателя; n число оборотовъ регулятора въ минуту; α, β, γ углы раскрыванія (фиг. 225—226) тягъ или ручекъ регулятора съ вертикальною линіею; l_1, l_2 длины тягъ въ m , соответствующія угламъ α, β, γ ; a разстояніе точки укрѣпленія тяги регулятора отъ оси въ метр., s ходъ муфты въ м.; o и u обозначенія для n и α, β, γ , соответствующія верхнему и нижнему положенію муфты; r радіусъ болтовъ сочлененій въ м., принимая ихъ всѣ одинаковой толщины; f коэффициентъ тренія для болтовъ сочлененій; g ускоренія тяжести = 9,808 метр.

Примѣчаніе. Въ формулахъ повсюду принято $\frac{\pi^2}{9,808} = 1$.

Различаютъ регуляторы: 1. Съ неподвижной точкой вращенія маятника (прямое подвѣшиваніе). 2. Съ передвигающейся точкой вращенія маятника (обратное или непрямое подвѣшиваніе).

Послѣднее расположеніе позволяетъ лучшее пользованіе употребленными вѣсами и употребляется въ регуляторѣ Прелля.

а. Общее расположение.

1. Подвешивание съ неподвижною точкою вращения маятника (фиг. 225). Здѣсь существуютъ соотношенія:

$$\left(\frac{n}{30}\right)^2 = \frac{1 + \frac{Q \pm (P+F) l_1 \sin(\beta+\gamma)}{2G l \sin \alpha \cos \gamma}}{l \cos \alpha + a \cotg \alpha}$$

$$\frac{1}{\delta} = 2 \frac{n_0 - n_u}{n_0 + n_u}; \quad \frac{1}{\varepsilon} = \frac{P+F}{2G \frac{l}{l_1} \sin(\beta+\gamma) + Q};$$

$$s = l_1 (\cos \beta_u - \cos \beta_0) + l_2 (\cos \gamma_u - \cos \gamma_0).$$

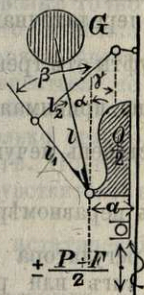
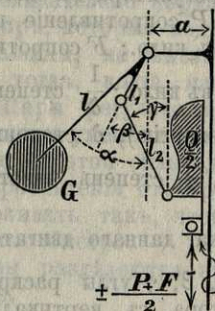
$$F = fr \frac{2Z \cos \gamma + Q \left(1 + 2 \frac{l_1 \cos \beta}{l_2 \cos \gamma}\right)}{l_1 \sin(\beta+\gamma)}$$

гдѣ $Z = \sqrt{\left\{ \left(G + \frac{Q}{2} \frac{l_1 \sin(\beta+\gamma)}{l \sin \alpha \cos \gamma} \right) tg \alpha - \frac{Q}{2} tg \gamma \right\}^2 + \left(\frac{Q}{2} + G \right)^2}$

Для $l_1 = 0,5l$ приблизительно будетъ:

$$F = fr \frac{(Q+2G) \cos \gamma + Q \left(1 + 2 \frac{l_1 \cos \beta}{l_2 \cos \gamma}\right)}{l_1 \sin(\beta+\gamma)}$$

Фиг. 225—226.



2. Подвешивание съ передвигною точкою вращения маятника (фиг. 226).

$$\left(\frac{n}{30}\right)^2 = \frac{-1 + \frac{Q+2G \pm (P+F) l_1 \sin(\beta+\gamma)}{2G}}{l \cos \alpha + a \cotg \alpha}$$

$\frac{1}{\delta}$ и $\frac{1}{\varepsilon}$ имѣютъ тѣ же величины, что въ 1. Далѣе:

$$\frac{1}{\varepsilon} = \frac{P+F}{2G \left(1 - \frac{l}{l_1} \sin(\beta+\gamma)\right) + Q};$$

$$F = fr \frac{2Z \cos \gamma + (Q+2G) \left(1 + 2 \frac{l_1 \cos \beta}{l_2 \cos \gamma}\right)}{l_1 \sin(\beta+\gamma)}$$

*) На рисунокъ 227 вмѣсто a должно быть l_1 ; на 229 — a вмѣсто m .

при чемъ:

$$Z = \sqrt{\left\{ \left[-G + \left(\frac{Q}{2} + G \right) \frac{l_1 \sin(\beta + \gamma)}{\sin \alpha \cos \gamma} \right] \operatorname{tg} \alpha - \left[\frac{Q}{2} + G \right] \operatorname{tg} \gamma \right\}^2 + \left(\frac{Q}{2} \right)^2}$$

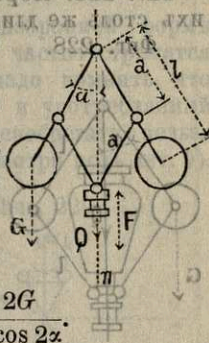
в. Регуляторъ Уатта.

Условія: 1. Ромбическое подвѣшиваніе ($\gamma = \beta$) съ неподвижною точкою вращенія (Спеціальныя случаи изъ а1) Фиг. 227.
2. $\alpha = \beta$. 3. $Q = 0$. 4. $a = 0$.

Послѣ этого уравненія подъ а 1 преобразуются въ слѣдующія:

$$\left(\frac{n}{30} \right)^2 = \frac{1 \pm \frac{P + F l_1}{G l \cos \alpha}}{l \cos \alpha}; \quad \frac{1}{\delta} = 2 \frac{V \cos \alpha_u - V \cos \alpha_o}{V \cos \alpha_u + V \cos \alpha_o};$$

$$\frac{1}{\varepsilon} = \frac{P + F}{G l_1};$$



$$s = 2l_1 (\cos \alpha_u - \cos \alpha_o); \quad F = fr \frac{2G}{l_1 \cos 2\alpha}.$$

Нѣсколько приблизительныхъ величинъ δ для различныхъ угловъ раскрыванія даетъ слѣдующая таблица:

α_n	α_o				
	20°	25°	30°	35°	40°
15°	88	31	18	12	8,5
20°	∞	53	24	14,3	9,7
25°	—	∞	45	19,0	11,5

Рекомендуется дѣлать:

$$\frac{1}{\delta} = \frac{1}{\varepsilon} = \frac{1}{0,9\delta_o}; \quad \alpha_u = 15^\circ; \quad l_1 = 0,6l,$$

откуда слѣдуетъ:

$$n_u = \frac{30,6}{\sqrt{l}}; \quad G = 0,6\varepsilon (P + F_{\max})$$

α_o для даннаго δ берется изъ таблицы (помощію интерполяціи);

$$F_{\max} = \text{почти } 0,002 \frac{G}{l_1}.$$

Низшее положеніе муфты и размѣры G опредѣляютъ наименьшіе δ и l_1 .

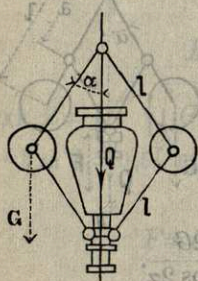
Регуляторъ Уатта при употребленіи тяжелой муфты въ цѣломъ выходитъ не тяжелѣе, чѣмъ регуляторы Портера и Клея, и имѣетъ противъ нихъ выгоду гораздо меньшаго числа оборотовъ. Только при большой величинѣ P , что обуславливаетъ особенно большіе

шары, а слѣдовательно и большую длину плечъ, можетъ быть желательнымъ для сбереженія мѣста расположеніе регулятора Портера съ тяжелой муфтой при числѣ оборотовъ въ 2 до 4 разъ больше, что однако при употребительной конструкціи $a > 0$ вносить съ собою выгодную противъ регулятора Уатта данность для δ (сравн. таб. для δ въ с).

с. Регуляторъ Портера.

Фиг. 228. Портеръ укрѣпляетъ муфтовья тяги къ шарамъ, дѣлаетъ ихъ столь же длинными, какъ стержни шаровъ и употребляетъ очень

Фиг. 228.



тяжелую муфту, которая дѣлается полая, чтобы можно было ее потомъ регулировать чрезъ накладываніе дроби и заливаніе свинцомъ.

Условія: 1. Ромбическое подвѣшиваніе ($\gamma = \beta$) съ неподвижною точкою вращенія маятника (спеціальный случай а 1) 2. $\beta = \alpha$. 3. Q и a даны.

Примѣчаніе. a отрицательное, именно $a = -l \sin^3 \alpha_u$ даетъ для δ выгоднѣйшую конструкцію съ скрещенными ручками. Всякое отклоненіе отъ этой величины въ положительную сторону ухудшаетъ расположеніе; наименьшее

дальнѣйшее отклоненіе въ положительную сторону даетъ устойчивое равновѣсіе и, слѣдовательно, неупотребительно. А также частое принятіе $l = l_1$ невыгодно для сбереженія вѣса и часто для наименьшаго угла α_u , слѣдовательно, $l > l_1$. Только сбереженіе мѣста и выгода широкаго навѣшиванія говорятъ за $l = l_1$.

Здѣсь:

$$\left(\frac{n}{30}\right)^2 = \frac{1 + \frac{Q \pm (P + F) l_1}{G l \cos \alpha + a \cotg \alpha}}{l \cos \alpha + a \cotg \alpha}; \quad \delta = 2 \frac{n_o - n_u}{n_o + n_u} \frac{1}{\varepsilon} = \frac{P + F}{G \frac{l}{l_1} + Q};$$

$$s = 2l_1 (\cos \alpha_u - \cos \alpha_o);$$

$$\text{для } l = l_1: F = fr \frac{2G + 4Q}{l_1 \sin 2\alpha}; \quad \text{для } l_1 = 0,6l_1:$$

$$F = fr \left[\frac{3Q}{l_1 \sin 2\alpha} + \frac{2G + Q}{2l_1 \sin \alpha} \right].$$

Величины δ для $a = 0$ суть тѣ же самыя, что въ b ; для $a = -l \sin 3\alpha_u$ берутъ ихъ изъ таблицы въ d ; для $a = +\frac{l_1}{8}$ (часто дѣлаемое) имѣемъ слѣдующую таблицу для δ :

α_u	20°	25°	30°	35°	40°
15°	25	15,5	10,5	7,5	5,6
20	∞	26,5	14,5	9,5	6,6
25°	—	∞	29,0	14,0	9,0

Какъ часто встрѣчающіяся данности:

$$\frac{1}{\delta} = \frac{1}{\varepsilon} = \frac{1}{0,9\delta_0}; \quad \frac{Q}{G} = 6; \quad \alpha_u = 15^\circ; \quad a = \frac{1}{8}.$$

А при этомъ:

$$n = \frac{66,3}{Vl}; \quad G = \frac{\varepsilon(P+F)}{6 + \frac{1}{l_1}}; \quad F_{\max} \text{ почти } 0,026 \frac{G}{l_1} \text{ для всѣхъ величинъ } \frac{l}{l_1}$$

Длину l опредѣляютъ по данному α_u и по избранной формѣ груза, потому что для сбереженія мѣста большею частію стремятся къ наименьшему возможному l ; но при этомъ надо помнить, что съ возрастающимъ l треніе F , а слѣдовательно и употребляемый вѣсъ уменьшается. F при малой величинѣ P пренебрегать нельзя (сравненіе между регуляторами Портера и Уатта смотри подъ лит. b).

Фиг. 229.

д. Регуляторъ Kleу'я.

Условія: 1. Ромбическое подвѣшиваніе ($\gamma = \beta$) съ неподвижною точкою вращенія стержней (спеціальныи случай отъ $a1$); 2. $\alpha = \beta$; 3. $\alpha = -l \sin^3 \alpha_u$.

Условіе 3 дѣлаетъ регуляторъ псевдо-астатическимъ съ достиженіемъ астатичности при углѣ α_u ; слѣдовательно, здѣсь имѣются скрещенныя тяги.

Для $\alpha_u = 15^\circ \quad 20^\circ \quad 25^\circ \quad 30^\circ$
величина $a:l = 0,0174 \quad 0,0400 \quad 0,0757 \quad 0,1250$

и получимъ приблизительно:

Таблица для δ :

α_u	α_o				
	20°	25°	30°	35°	40°
15°	190	52	28	15,5	10
20°	∞	182	45	22	14
25°	—	∞	175	42,5	21

Обыкновенно $\alpha_u = 25$ и $\alpha_o = 40$; тогда $a:l = 0,0757$. Для опредѣленія величинъ n_o и n_u вычерчиваютъ регуляторъ въ высшемъ и въ низшемъ положеніяхъ, измѣряютъ $l \cos \alpha$ и l и подставляютъ эти величины въ предыдущее уравненіе для n , которое будетъ тоже самое, какъ въ b , если $Q = 0$ и $a = 0$ и какъ въ c , если Q и a даны. Рекомендуемыя величины смотри въ b и въ c .

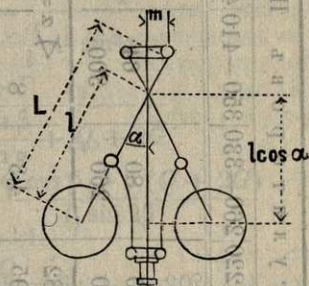


Таблица регуляторов		Портера									
Диаметр цилиндра.		100—120	140—160	190—220	260—330	350—410	470—540	620—700	800—900	1000—1200	
Число оборотов машинъ	162	122	100	80	64	50	42	34	29		
Длина рычаговъ l	160	180	220	260	300	360	420	500	600		
Уголъ α	$\angle \alpha = 35^\circ$; $\cos \alpha = 0,82$									$\cos \alpha = 0,77$	
Вѣсъ одного шара G	0,61	1,1	1,95	4,3	8	13,7	18,6	25,6	30,7		
» муфты	10,78	13,8	26,0	51,4	74,0	92,6	122,8	148,8	178,6		
Число оборотовъ регулятора	265,255	209	197	175	142	129	109	95	86		
Диаметръ шаровъ	55	65	80	105	730	150	170	190	200		
Толщина верхнихъ тягъ	10	10	12	12	15	15	20	20	25		
Толщина нижнихъ тягъ	16×6	16×6	20×8	20×8	24×10	28×10	32×10	36×12	40×12		
Толщина верхняго болта	8	10	12	12	15	15	20	20	25		
Толщина болтовъ въ шарахъ и въ муфтѣ	8	8	10	10	12	14	16	18	20		
Полная высота	262	295	360	400	462	854	647	770	924		
Ходъ муфты	30	40	50	70	90	110	130	150	180		

Невыгода этого регулятора состоитъ въ томъ, что онъ соотвѣстно его силѣ занимаетъ много мѣста и въ его очень большой высотѣ; но зато онъ дѣйствуетъ весьма сильно и потому очень любимъ; онъ принадлежитъ къ псевдоаостатическимъ.

е. Регуляторъ Proell'я (Прелля).

Условія: 1. Обратное подвѣшиваніе; 2. Q и a даны; 3. Достиженіе псевдоаостатичности въ низшемъ положеніи муфты; 4. Ромическое подвѣшиваніе избирается здѣсь какъ рекомендуемое упрощеніе, тогда какъ α остается неравнымъ β .

$$\left(\frac{n}{30}\right)^2 = \frac{-1 + \frac{Q + 2G \pm (P + F) l_1 \sin \beta}{Gl \sin \alpha}}{l \cos \alpha + a \cotg \alpha}$$

для астатичности (при углѣ α_n):

$$-1 + \frac{Q + 2G}{Gl} l_1 \cos(\beta - \alpha) = \frac{\cos \alpha_n}{\frac{Q + 2G}{Gl} l_1 \sin(\beta - \alpha)} = \frac{a}{l} + \sin^3 \alpha_n$$

$$\frac{1}{\delta} = 2 \frac{n_o - n_u}{n_o + n_u}; \frac{1}{\varepsilon} = -G \frac{l \sin \beta}{l_1 \sin \alpha} + Q + 2G$$

$$s = 2l_1 (\cos \beta_u - \cos \beta_o); F \text{ почти } fr \frac{Q \cos \beta + 3(Q + 2G)}{l_1 \sin 2\beta}$$

Рекомендуемыя соотношенія:

$$\frac{1}{\delta} = \frac{1}{\varepsilon} = \frac{1}{0,9\delta_o}; \frac{l_1}{l} = 0,7; \frac{a}{l} = \frac{1}{6}; \frac{Q}{G} = 6; \alpha_n = 20^\circ;$$

$$\text{откуда } \beta - \alpha = 10^\circ 10'; n_n = \frac{70}{\sqrt{l}}$$

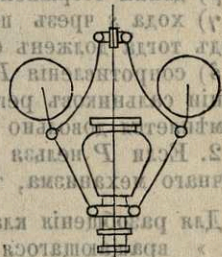
$$G = \frac{\varepsilon(P + F)}{5,9}; F_{\max} = 0,017 \frac{G}{l_1}$$

$$\text{Углу } \alpha_o = 25^\circ \quad 30^\circ \quad 35^\circ \quad 40^\circ$$

$$\text{Соотвѣствуетъ } \delta = 152 \quad 49 \quad 26 \quad 15$$

Для достиженія небольшой конструктивной высоты удерживають возможно меньшимъ и часто выгибають Фиг. 230.

Регуляторъ Прелля (Proell фиг. 229) принадлежитъ къ псевдоаостатическимъ. Онъ пригоняется въ 8 различныхъ величинахъ для дѣйствія на вращающійся клапанъ или на разобѣающій механизмъ машинъ Корлисса. Степень чувствительности простирается до $n' - n'' =$



02. Въсь шаровъ и въсь муфты можно дѣлать очень большіе безъ того однако, чтобъ регуляторъ казался отъ этого

слишкомъ великъ. Сжатая форма даетъ ему пріятный видъ. Вслѣдствіе его большой энергіи, регуляторъ годится именно въ тѣхъ случаяхъ, гдѣ перестановка расширенія отъ регулятора требуетъ значительной работы. Какъ благоприятное обстоятельство, можно указать еще на умеренное число оборотовъ (80 до 130 въ минуту), далѣе на то, что чрезъ перемѣну прилично выбранныхъ, поддерживающихъ шары, стержней и самого груза можно получить всю желаемую подвижность внутри широкихъ границъ.

Таблица регуляторовъ Прелля.

№ регулятора.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.
Диаметръ пароваго цилиндра	100—200	200—300	300—450	450—600	400—500	500—600	600—700	
Число оборотовъ въ минуту ...	120	100	90	80	115	107	120	
Давленіе муфты въ покое внизъ	9,5	18,4	30	39	53	75	100	
Подъемъ муфты въ мм.	40	50	60	70	75	80	80	
Энергія регулятора	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,4	4,3	

г. Практическая часть.

1. Приведенная выше данность:

$$1 : \delta = 1 : \varepsilon = 1 : 0,9\delta$$

только рѣдко доставляетъ прямо употребительную конструкцію, такъ какъ степень неравномерности маховика $1 : \delta$, никогда не можетъ быть опредѣлена съ точностію. Необходимо поэтому позаботиться о возможности повѣрки регулятора, что (вслѣдствіе уравниній) легко можетъ дѣлаться чрезъ измѣненіе:

а) $Q : G$ помощью накладки тяжелыхъ пластинокъ или чрезъ наливаніе муфты свинцомъ во время вращенія;

б) длины стержней l помощью винтовъ и гаекъ;

в) хода s чрезъ переставляемую задержку для муфты (весь ходъ тогда долженъ быть передвинутъ);

г) сопротивленія P ; это происходитъ уже при каждомъ подтягиваніи сальниковъ регулирующаго клапана. Вообще P само по себѣ измѣняется довольно сильно для отдѣльныхъ угловъ раскрыванія.

2. Если P нельзя опредѣлить чрезъ прямое вывѣшиваніе передаточнаго механизма, то при прямой передачѣ принимаютъ:

Для разобщенія клапаннаго распредѣленія $P = 0,5$ до 1 klg.

» вращающагося клапана или вентиля $P = 1$ » 2 »

» распредѣленія Фарко и Рнуера $P = 2$ » 4 »

Для паровыхъ машинъ вообще до максимума $P = 10 \text{ klg}$.

» водяныхъ колесъ съ уравновѣшеннымъ
ставнемъ или турбинъ съ вращающимся
клапаномъ $P = 10 \text{ до } 30 \text{ klg}$.

Прелль достигаетъ послѣдней величины при маломъ объемѣ регуляторъ чрезъ употребленіе 4 шаровъ. При всѣхъ регуляторахъ для достиженія малаго собственнаго вѣса нужно дѣлать P какъ можно меньше и постояннѣе, для чего важно полное уравновѣшиваніе всѣхъ рычаговъ передаточнаго механизма.

3. Для уменьшенія тренія F шипы сочлененій должны быть возможно тоньше; при самыхъ тяжелыхъ конструкціяхъ всегда достаточно діаметръ 10 mm; при малыхъ регуляторахъ можно съ выгодою заставить стержни кататься на остріяхъ. Сопротивленіе F противъ P всегда нужно принимать въ соображеніе.

4. Чтобы уменьшить вліяніе инерціи двигающихся частей, чтобы одновременно сдѣлать менѣе вредными неизбѣжныя колебанія P и F и чтобы дать возможность легкой вывѣрки регулятора во всякое время, устраиваютъ масляный катарактъ съ установочнымъ краномъ.

5. Происходитъ подпрыгиваніе муфты до ея предѣльнаго положенія, если $\delta > \delta_0$ и $\varepsilon > \delta_0$; подергиваніе (толчки происходятъ, если $\delta > i$, но $\varepsilon < \delta$). Перепрыгиваніе низшей части хода указываетъ (при данномъ ромбическомъ подвѣшиваніи) на неустойчивость; противъ этого предпринимаются ограниченіе хода или другое измѣненіе помощію уравненій.

6. Діаметръ оси регулятора дѣлается 25 до 30 mm. Толщина стержней 0,13 до 0,20 діаметра шаровъ. Широкія вилки въ сочлененіяхъ или направляющія кольца суть условія.

7. Въ отношеніи соединенія регулятора съ регулируемою частію (вращающійся клапанъ, вентиль) или съ механизмомъ разобщенія въ распревленіяхъ съ быстрою отсѣчкою пара слѣдуетъ наблюдать, чтобы регуляторъ дѣйствовалъ съ одной стороны сколько возможно энергичнѣе на регулируемую часть или на механизмъ разобщенія, а съ другой стороны, чтобы онъ еще давалъ ходъ паровой машинѣ, если она вполне разгружена.

Энергическое дѣйствіе регулятора, безусловно необходимое для точнаго регулированія, можетъ быть достигнуто чрезъ цѣлесообразное соединеніе рычаговъ; а именно при употребленіи двухъ опорныхъ клапановъ (какъ регулирующаго органа) возможно значительное увеличеніе энергіи на счетъ пути.



СПРАВОЧНАЯ КНИГА

ДЛЯ ИНЖЕНЕРОВЪ, МЕХАНИКОВЪ, ТЕХНИКОВЪ

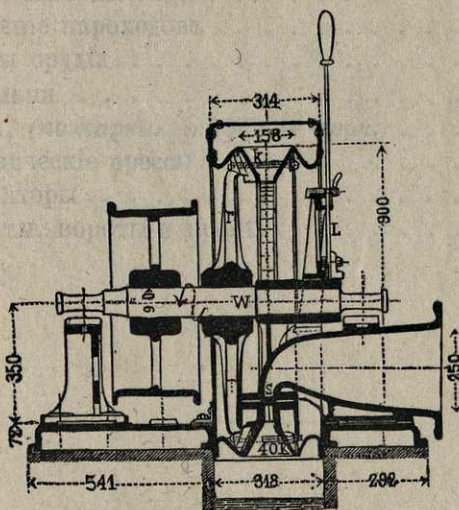
И

СТРОИТЕЛЕЙ.

СОСТАВИЛЪ ИНЖЕНЕРЪ-МЕХАНИКЪ

П. У. Мальцовъ.

Главный Инженеръ Механикъ, Управляющій мастерскими Императорскаго Техническаго Училища, и ассистентъ по кафедрѣ проектированія машинъ.



(съ 500 полиטיפажами въ текстъ).

МОСКВА. 1884.

Типографія А. Гатцука, Никитскій бульв., собств. домъ.

Часть третья.

	Стр.
1. Живые двигатели	1— 2
2. Вѣтряныя мельницы	2
3. Водяныя колеса	2— 25
4. Турбины	26— 64
5. Паровые котлы	64—102
6. „ машины	102—142
7. Расчетъ пар. машинъ по Грабаку	143—157
8. Воздушная машина Лемана	157
9. Газовыя машины	158
10. Построеніе пароходовъ	159—183
11. Машины орудія	184—189
12. Лѣсопильни	189—193
13. Насосы; (пожарныя трубы и проч.)	195—212
14. Гидравлическіе прессы	212—218
15. Вентиляторы	218—223
16. Домераты, ворота и краны	223—240

ОПЕЧАТКИ ВЪ III ЧАСТИ.

Страница.	Строка сверху.	Напечатано.	Должно быть.
1	4	что—	чтобы
4	21	на L	на b
5	22 и 23	зобомъ	кожухомъ
	23	зоба	кожуха
10	36	подлинныхъ	подливныхъ
2	24	къ hg ,	къ дугѣ равны am въ a ; $ag=$ $V=1$; $dh=c=0,55$; ag парал. къ hg ,
16	1	ручки и центръ	ручки у центра
24	2	на круглые	на крученіе
26	10	Шванкруга	Швамкруга
"	19	иначе же	или же
"	42	$\sin \beta$	$\sin \beta$
27	4	$\cos \alpha \sin (\alpha \gamma \beta)$	$\cos \alpha \sin (\alpha + \beta)$
"	21	исправляющихъ	направляющихъ
28	36	по желаемой	на желаемой
29	6	ныхъ	ныхъ.
32	41	воды	вода
33	7	по параболѣ	по параболѣ
"	11	кривую	кривую
39	34	дѣлемъ	дѣлимъ
41	18	съ котораго	съ которою
42	1	$w u_1 \sin \gamma$	$w = u_1 \sin \gamma$
45	3	относительно скорости	относительная скорость
53	3	соотвѣтствующую	соотвѣтствующую
"	18	раціональная	радіальная
54	24 и 25	$0,6033:60 \times 0,520 = 0,0193$	$0,6033:60 \times 0,520 = 0,0193$
"	5	$\beta = 36$	$\beta = 136$
"	28	$\beta = 34$	$\beta = 134$
"	30 и 31	$\sqrt{19,6+10,75}$	$\sqrt{19,6 \times 10,75}$
55	28	$M. k. E < 0,15$	Такъ какъ $F < 0,15$
57	11	$\frac{Q}{u_1 + i_1 B_2}$	$\frac{Q}{u_1 i_1 B_2}$
"	12	$S_1 = \frac{Q}{B^2 + H + i_1}$	$S_1 = \frac{Q}{B_2 \times H \times i_1}$
"	15	$S_1 + E_1$	$S_1 + \epsilon_1$
59	11	$v = U \frac{\sin c}{\sin \beta}$	$v = U \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$
60	26	$v = U \frac{\sin c}{\sin \beta}$	$v = U \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$
"	27	$U =$	$H =$
"	28	14800	1480
61	30	1800 метр.	1500 метр.
67	35	существительный	существенный
68	43	0,53—0,40	0,33—0,40
71	13	тонкихъ	тонкаихъ
		$0,0012 h$	$0,0012 h$
		$q = \sqrt{h}$	$q = \sqrt{H}$

Страница. Строка сверху.

Напечатано.

Должно быть.

75	6	$\lambda:17,4k=1,50$	$\lambda_1:17,4k=1,50$
"	31	$h=\frac{M\lambda}{BH}$	$h=\frac{M\lambda_1}{BH}$
77	28	1,00	2,00
80	27	$\delta=\sqrt{\frac{p L d}{16120}}$	$\delta=\sqrt{\frac{p L d}{161200}}$
90	3	не может явиться	не долженъ находится
103	22	атмосферинской	атмосферической
104	14	для разн. машинъ	для разнѣхъ машинъ
105	14	разная система мишинъ	разная
	32	Самсона	Симпсона
		su^2	sn^2
	35	$s=\frac{v}{2n}$, откуда $n=\frac{v}{2s}=\frac{v}{2D}$	$s=\frac{60v}{2n}$ откуда $n=\frac{60v}{2s}=\frac{60v}{2Dx}$
	37	бансирныхъ	балансирныхъ.
106	31 и 32	$S_1=3600 Fv (e-m)$	$S=3600 Fv (e+m)^{1/2}$
107	10	245	345
"	19	8 и 0,25 подъ 125	18 и 0,26
"	23	5 и 595	15 и 655
"	24	15 подъ 180	11
"	25	0,9	0,19
109	38	$d=$	$L=$
111	5	ресейфера	рисивера
"	47	давлени	давлени
112	табл. порш.	410,845	410 855
"	17	147	47
"	табл. вѣс. машин.	52600	52000
"	"	$npd_1=1\frac{1}{2}\pi$	$9-8\pi$ при $d_1=1\frac{1}{2}\pi$
115	"	(какъ ресейферъ)	(какъ рисиверъ)
"	31	$(a+e)$ 50 до 80 мм.	$(a+e)$; 50 до 80 мм.
116	1	$i=\frac{1}{12}v$ (или отъ 0 до 2 mm)	$i=\frac{1}{20}v$ (или отъ 0 до 2mm)
"	2	$v=\frac{1}{10}r (v+e=r \sin \delta)$ или 2	$v=\frac{1}{10}r; (v+e=$ $\sin \delta)$; или 2
"	5	$\beta=\frac{1}{2}a+1cent$	$a_1=\frac{1}{2}a+1cent$
"	32	$\delta=0,52$	$s=0,52$
117	16	$c=1,45; Ne=\frac{D^2(pm-p_1-F)}{109}$	$v=1,45; Ne=\frac{D^2(Pm-p_1-F) v}{109}$
118	6	$m=38$	$D=38$
120	27	При чрезмѣрно большихъ	При чрезмѣрно малыхъ
125	7	при небольшемъ	при небольшемъ
"	12	наибольшемъ	наибольшемъ
"	18	степени наполненія $\epsilon=\frac{1}{2}$	степеней наполненія $=0,5$ до 0
130	28	$=r-a+e$	$=r-a+e$
"	31	пластины	простѣнка
147	17	(противъ $p=4$) 0,46—0,55	(0,46—0,42)
"	19	(" $p=5$) 0,40—0,42	(0,40—0,35)
"	21	(" $p=6$) 0,33—0,35	(0,33—0,27)
"	23	(" $p=8$) 0,28—0,27	(0,28—0,23)
148	20	0,706	0,716
"	29	01,6	101,6
"	43	702	792
149	21	0,608	0,668
"	56	S^1 1, 7	p' 1,17

Страница. Строка сверху.

Напечатано.

Должно быть.

151	7	C''_i	C'_i
152	13	(против $3\frac{1}{2}$ и 0,15) 7,9	6,9
"	18	(" 6 и 0,4) 8,5	8,6
"	23	(" 10 и 0,3) 7,2	7,3
"	26	(" 0,333) 0,2	0,3
"	42	(" 5 и 0,20) 6,9	6,6
"	44	(" 6 и 0,05) 5,2	5,1
155	1	$=1,1996;$	0,1996;
"	20	$d=0,518$	$d=0,512$
"	22	$r=0,125+0,88$	$r=0,125+0,088$
"	25	$\times 1,3$	$\times 1,5$
156	7	0,85	0,35
"	19	$+vm$	$+vm$
167	4	1787	1878
168	24	$\vartheta - \frac{v}{u} \vartheta_2 \times \left(\frac{v}{u}\right)^2 \vartheta_3$	$\vartheta - \frac{v}{u} \vartheta_2 + \left(\frac{v}{u}\right)^2 \vartheta_3$
"	29	0,5239	0,5236
169	30 и 31	1306 d фунтовъ и 2406 d	130 bd фунтовъ и 240 bd
175	10 и 11	p —давление въ котлѣ; начальное давл.	P —давление въ котлѣ p —начальное давление
178	14	водоотстойныя	продувательныя
179	8 и 9	$465; \frac{7}{15}; 25; 1\frac{4}{8}$	$466; \frac{7}{16}; 26; 1\frac{7}{8}$
"	12 и 15	$48; \frac{4}{8}$	$43; \frac{5}{8}$
180	13	$=0,25$ и до 0,8	$=0,25$ и до 0,3
"	15	трубы	дымогарныхъ трубъ.
182	11	между стѣнками	между 2 стѣнками
"	44	15 метр.	15,10 метр.
195	7	Z число ходовъ	n число двойныхъ ходовъ
197	22,23,33,35	Z	n
199	6	$\frac{F}{f_1} \frac{v^2}{r} < g \frac{H}{l_1}$	$\frac{F}{f_1} \frac{v^2}{r} < g \frac{H}{l_{11}}$
—	22,23,25	Z	N
201	7	L	N
—	11	извиванія	изливанія
202	2	на q ст.	на кв. ст.
"	15	раскрывающихся	шарнирныхъ.
"	34 и 35	H	H
"	38	Метровъ	Литровъ
203	7	$H=h+h_1$	$H'=h+h_1$
"	17	$H=16$ м.	$h_1=12$ м; $H'=16$ м.
"	23	$q > \frac{900.0.0062.2.9,81.6}{\pi^2.0.15^2.8}$	$q > \frac{\pi^2.0.15^2.8}{900.0.0062.2.9,81.6}$
"	30	$n = \frac{60.v}{2.3}$	$n = \frac{60v}{2.s}$
204	1	v^3 и 0,273 ³	v^2 и 0,273 ²
"	11	$H=24$	$H'=24.$
"	23	$q = \frac{10+h_1}{l}$	$q = \frac{10+h_1}{l_1}$
206	15	$V=1,25\sqrt{2gH}$	$V=1,45\sqrt{2gH}.$
"	33	$D=1,2d; D_1=0,024$ м.	$d'=1,2d; D_1=0,442$ м.
"	34 и 35	$b; b_1; v_1$	$l; l_1; V.$
207	1	$n = \frac{60v_1}{\pi D}$	$n = \frac{60V}{\pi D}$
210	28	мелъ—43,50	Мемель—43,50
"	33	жидкости	жесткости
214	19	$\frac{1}{3} \{ 59.19^3 + \dots \}$	$\frac{1}{3} \{ 58.19^3 + \dots \}$
220	30,32,33,34, и 35	M	Q

Страница. Строка сверху.		Напечатано.	Должно быть.
223	2	Vp	V фут
	18	кв. g	кв. д Диаметр сопель=1,8 д.
	25	k	Сила двигателя $N=8,5$ пар. лош.
	34	0,40—0,45	K 0,40—0,50
225	17 и 19	Pr и $Pr=Qs\frac{r_1r_3}{r_2r_4}$	Pr и $Pr=Q\rho\frac{r_1r_3}{r_2r_4}$
	23	$En=Qh=Pv\frac{\rho r_1r_3}{r_2r_4}$	$En=Qh=Qv\frac{\rho r_1r_3}{r_2r_4}=Pv$
227	37	$+\frac{0,11}{O}$	$+\frac{0,11}{D}$
230	6	108100	120111
	21	46000	4600
	31	$\frac{J}{e}h$	$\frac{J}{e}k$
	34	—12.73	—12.83 (смотри 141 стр. часть 1-я)
232	6	до середины	до середины глаголя
	9	имерции	инерции по фиг. 52 стр. 140, часть 1)
237	6	$k=800$	$800t=$ и $d=12$ сантим.
	11	4000	4000 кидо
239	38	184083	174083
	40	избуравленія	изъ уравненія
	41	получастая диаметры	получится диаметръ
240	7	30723	30273
	9	32, 4 сантим.	32, 4 атмосфер.
	12	$2.0,4.25\pi d^2 P_4 v$	$2.0,5.0,25\pi d^2 P_4 v$
		75	75
		1,15	1,15

Часть четвертая.

	Стр.
1. Мельницы	1— 19
2. Пивовареніе	19— 23
3. Винокуреніе	23— 27
4. Производство сахара	27— 32
5. Бумагопрядильное производство	33— 35
6. Льняное	36— 37
7. Шерстяное	38— 39
8. Отопленіе и вентиляція	39— 42
9. Желѣзное производство	42—115
10. Желѣзные дороги	116—139
11. Мосты	140—141
12. Строительное искусство	142—151
13. Землемѣрное	151—155
14. Газовое освѣщеніе	156—158
15. Электрическое	158—162
16. Расположеніе турбинъ	163—166
17. Типы паровыхъ котловъ	167—168

ОПЕЧАТКИ ВЪ IV ЧАСТИ.

Страница.	Строка сверху.	Напечатано.	Должно быть.
1	12	38 ¹²	38,12
13	27	$\frac{Q^l}{200,000}$ до $\frac{Q^l}{150,000}$	$\frac{Q^l}{200000}$ до $\frac{Q^l}{150000}$
14	1	$\frac{Q^l}{50,000}$	$\frac{Q^l}{50000}$
	41	$\frac{Q(l+1)}{250,000}$	$\frac{Q(l+1)}{250000}$
34	2,7,12,17,	баккаброшь	банкаброшь
40	1	предподнимате	предпочитать
	22	такой же величины,	въ одинъ кирпичъ
		кавъ кирпичъ	
43	17	Магнезия—киричь	Магнезиальный кирпичъ
44	28	Смотри табл.	Сравни табл. на 100 стр. 1 час
69	33	откуда $h-h'$	откуда $h_4=h-h'$
"	36	Z_0	$h,$
"	40	$Q=0,3n^0d_0^2V_0$	$Q=0,3n_0d_0^2V_0$
70	10	въ минутъ	въ минуту
"	11	измѣненій въ минутъ	ходовъ въ минуту
"	16	115,256 свт	115,256 куб. м.
71	10	колеса	насоса
"	11	о дутья 0,20 по ртут- ному манометру упот- ребляютъ при давленіи наполненія	и при давленіи дутья 0,20 по ртутн. манометру упот- ребляютъ наполненіе
		Полная величина всасывающаго отверстия= $\frac{1}{7}$ до а нагнетающаго $\frac{1}{4}$. до $\frac{1}{8}$ площади поршня. Больи отверстія встрѣчаются, но только безполезно осла- бляютъ крышки цилиндра	
"	21	непремѣтная	непремѣнная
82	14	въ таблицѣ № 2 пропущено въ 1-й строкъ	С
84	42	Li и $C\alpha$	Si и Ca
86	9	до 0,1% Li	до 0,1% Si
91	25—27	въ 0% выеючая колосники	въ 0% площади колосниковъ
	47	1,260 (во 2-й колоннѣ)	1,650
		1,255 (въ 5-й ")	1,500
96	12	$i_1=\frac{1+p_1}{m}; \gamma=1-p_2; \gamma'=$	$i_1=\frac{1+p_1}{m}; \gamma=1-p_2; \gamma'$
	21	$i_1=\frac{1+p_1+km}{(1+k)m}; \gamma=$	$i_1=\frac{1+p_1+km}{(1+k)m}; \gamma=$
100	4	{ 0,94 1,0 } въ 6 колоннѣ	{ 0,94 1,0 } реверсивныя
	4,5 и 7	предъ нижнимъ числомъ въ скобкахъ въ 7-й коло- написать тройные	въ 7-й коло- написать тройные
111	29, 32, 35	пропущено слово	бруглаго
112	1	$r=\frac{1}{3}$	$r=\frac{1}{3}ab$
150	19	$X_1=0,379Q\frac{b}{r}$	$X_2=0,379Q\frac{b}{r}$
158	18	z	L

XI. Двигающія машины.

Измѣреніе работы. Лошадиныя силы считаются по 75 *kgmet* въ секунду.

Тормозной динамометръ. Нажимъ Прони. Пусть G вѣсъ въ *kg* на плечѣ рычага l въ *m*, который нужно подвѣсить, что динамометръ оставался въ равновѣсїи, то передаваемая работа въ лошадиныхъ силахъ:

$$N = \frac{\pi n l}{30.75} + G = 0.001396 n l G.$$

гдѣ n число оборотовъ въ минуту. Чтобы не вводить въ вычисленіе вѣсъ рычага и чашки вѣсовъ, ихъ предварительно уравниваютъ.

Для большихъ скоростей и силъ очень пригоденъ ленточный тормазъ.

Опыты съ индикаторомъ смотри далѣе въ IV этой главы.

I. Живые двигатели.

A. Работа живаго двигателя при средней силѣ, средней скорости и среднемъ рабочемъ времени есть наибольшая. Пусть L наибольшая работа въ день живаго двигателя въ *kgmet*; P развиваемое имъ усиліе въ *kg*; v —соотвѣтствующая скорость въ секунду въ *m*.; t ежедневное рабочее время въ секундахъ, соотвѣтствующее L , то $L = P \cdot v \cdot t$.

B. Если скорость, съ которой работаетъ живой двигатель, выше v , но v' и ежедневное рабочее время t' , то сила P' будетъ:

$$\text{по Герстнеру} = \left(2 - \frac{v'}{v} \right) \left(2 - \frac{t'}{t} \right) P$$

$$\text{по Машеку} = \left(3 - \frac{v'}{v} - \frac{t'}{t} \right) P$$

Послѣдняя формула есть самая употребительная.

C. Таблица работы L , силы P и пр. живыхъ двигателей, при среднемъ рабочемъ времени $t=8$ часовъ=28800 секундъ.

	P	v	Работа въ секунду.	L=28800 Pv		P	v	Работа въ секунду.	L=28800 Pv
	kg	m	mkg	mkg		kg	m	mkg	mkg
Челов. безъ маш.	15 0, 8	12		345600	Лощ. безъ маш.	60 1,25	75		2160000
„ на рычагѣ	5 1, 1	5, 5		158400	„ на приводѣ	45 0, 9	40,5		1166400
„ на рукояткѣ	10 0, 8	8		230400	Быкъ безъ маш.	60 0, 8	48		1382400
„ на приводѣ	12 0, 6	7, 2		207360	„ на приводѣ	65 1, 6	39		1123200
„ на наклонномъ подѣ					Лощ. безъ маш.	50 0, 1	55		1584000
24° кругъ	12 0, 7	8, 4		241920	„ на приводѣ	30 0, 9	27		777600
въ колесѣ	64 0,15	9,62		276480	Оселя безъ маш.	40 0, 8	32		921600
					„ на приводѣ	14 0, 8	11,2		312540

Длина рукоятки=0,3 до 0,4 т. Длина водила для коннаго привода 3,4 до 4 м.; въ земледѣльческихъ машинахъ большею частію 3,4 до 3,5 м.

II. Вѣтряныя мельницы *).

Пусть: v скорость вѣтра въ секунду въ m ; n соотвѣтствующее скорости v число оборотовъ колеса съ крыльями въ минуту; ω соотвѣтствующая числу оборотовъ n угловая скорость; F' площадь всѣхъ крыльевъ въ кв. m .; α уголъ образуемый поперечиною крыла, находящагося на разстояніи q отъ оси съ направлениемъ вѣтра; N наибольшее полезное дѣйствіе въ лошади. силахъ, то наивыгоднѣйшее число оборотовъ колеса въ минуту: $n=1,91 v$; наивыгоднѣйшее положеніе поперечинъ крыльевъ берется изъ:

$$tg\alpha = \frac{3}{2} \frac{\omega r}{v} + \sqrt{2 + \left(\frac{3}{2} \frac{\omega r}{v}\right)^2}; \text{ для } \frac{\omega}{v} = \frac{\pi}{30} \cdot 1,91:$$

$tg\alpha = 0,302 + \sqrt{2 + 0,091r^2}$; а наибольшая возможная работа колеса тогда будетъ $N = \frac{Fv^3}{2500}$.

Для большей части мѣстностей $v=6,3$ до $8 m$ въ секунду. Цѣлесообразно эту скорость принять въ основаніе вычислений. Валъ крыльевъ всегда кладутъ наклонно подъ угломъ до 15° къ горизонту и даютъ ему 4 крыла, состоящія изъ брусевъ 19 до 22 м. длиною.

Разстояніе самой внутренней поперечины отъ оси составляетъ обыкновенно 1,57 м; прочія поперечины идутъ съ промежутками 0,4 до 0,47 м. Какъ даетъ выше приведенная формула, самая близкая къ оси поперечина должна образовывать уголъ 63° съ направлениемъ вѣтра; самая дальняя, находящаяся на разстояніи 9,5 м. отъ оси, уголъ 80° до 40° . Ширина крыла дѣлается среднее 2 м.—Въ году считается около 100 рабочихъ дней.

III. Гидравлическіе двигатели.

А. Водяныя колеса.

1. Верхнебойныя (наливныя) колеса.

Употребляются при большомъ паденіи для большихъ и быстрыхъ количествъ воды. Вода входитъ во второй, либо въ третій ящикъ отъ вершины.

Отношеніе скоростей на окружности и входящей воды

*) Крылья не короче 4 м.

можно принимать между 0,40 и 0,75 смотря по потребности; самое выгодное $v=0,5$ с. Наивыгоднѣйшая скорость на окружности колеса $v=1,5$ метра; впрочемъ можно брать $v=1,5$ до 2,00 и при большихъ колесахъ даже до 2,5 метровъ. Наивыгоднѣйшая скорость входящей въ колесо воды $c=2v$.

Высота напора, для сообщенія водѣ скорости c , будетъ $h_1 = \frac{c^2}{2g}$

Пространство подъ колесомъ до воды $h_2=0,15$ метра.

Наружный діаметръ колеса $D=2R=H-h_1-h_2$, если H полное паденіе въ метр.

Обозначимъ: a радіальную ширину обода или тетивы (глубина колеса) въ метр.

b ширину или разность колеса (разстояніе между тетивами) въ метр.

Q количество воды въ секунду въ куб. метр.

коэффициентъ наполненія $\varepsilon = \frac{Q}{abv} = \frac{1}{3}$ до $\frac{1}{5}$. (самое большое 0,4), среднее $= \frac{1}{4}$.

$$\frac{b}{a} = 2,25 \sqrt[3]{\frac{1000QH}{75}} = 2,25 \sqrt[3]{Na}.$$

$$b = \frac{Q}{a\varepsilon v} = \sqrt{\left(\frac{b}{a}\right) \times \frac{Q}{\varepsilon v}}; \quad \left(\frac{b}{a}\right)$$

Разстояніе между ящиками
 $e=0,2+0,7 a$.

Число ящиковъ (ковшей)

$$i = \frac{2\pi R}{e}$$

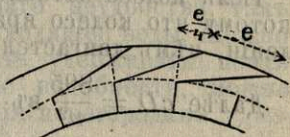
Число ручекъ колеса

$$A=2(1+R)$$

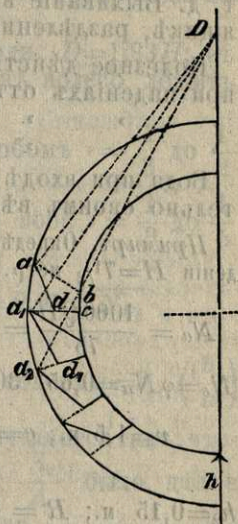
Ящики имѣютъ перекр. на $\frac{1}{4}$. Фиг. 1.

Вообще $aa_1 = a_1a_2 = 0,30-0,40$; $ca = ca_1a_1 = 0,5$ до $\frac{2}{3}$ h , $h = aa_1$. (Фиг. 2).

Чтобы работа воды употреблялась только для вращенія колеса, необходимо, чтобы она ударяла не о внѣшнюю часть ящика, но единственно въ радіальную. Поэтому водяная струя c должна подводиться такъ, чтобы ея ско-

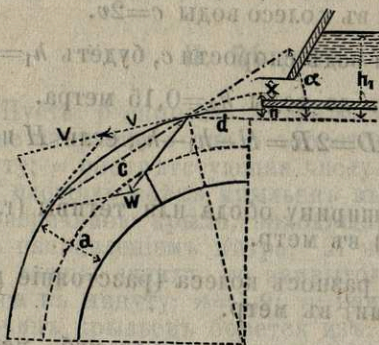


Фиг. 1.



Фиг. 2.

рость c могла разлагаться на 2 составляющія: v касательную къ колесу и w по направлению вѣшной части ящика. — Если построимъ (фиг. 2) направление c и измѣримъ уголъ α (ско- рости c съ горизонтомъ) то координаты точки O , при которой вода начинается сво- бодное ея движеніе,



Фиг. 3.

$$d = \frac{c^2}{2g} \sin 2\alpha;$$

$$n = \frac{c^2}{2g} \sin^2 \alpha \quad (\text{фиг. 3}).$$

Толщина водяной струи

$$x = \frac{Q}{b_1 c_1} = \frac{Q}{b_1 \sqrt{2gh_1}} \quad \text{если}$$

$b_1 = (b - 0,1)$ есть ширина отверстія подъ ставнемъ O , т. е. ширина водяной струи

Если колесо затопляется нижнею водою, то это невыгодно, потому что колесо вращается въ противоположномъ направ- леніи, чѣмъ движется низовая вода.

Далѣе $cD = \frac{895}{n^2}$ въ метр. при n оборотахъ колеса въ мнест- вѣ

пугу (фиг. 2); ab, a_1b_1 и пр. перпендикулярны къ aD, a_1D На т. д. Выливаніе воды начнется тогда, если объемъ воды въ ящикѣ, раздѣленный на L , = или $>$ площади $abcd$ или a,b,c,d доле

Полезное дѣйствіе наливныхъ колесъ
при паденіяхъ отъ 3 до 5 метровъ = 0,60 абсолютной работѣ
, , , 5 8 , = 0,65 , , а 6
, , , 8 12 , = 0,70 , , оед

Вода при входѣ дѣйствуетъ ударомъ, но потомъ исключи- тельно своимъ вѣсомъ.

Примѣръ. Определить главные размѣры наливнаго колеса при па- деніи $H=7\frac{1}{2}$ метр. и количествѣ воды $Q=0,3$ метр. въ секунду.

$$N_a = \frac{1000QH}{75} = \frac{1000 \cdot 0,3 + 7,5}{75} = 30 \text{ абсолютн. лошади. силъ.}$$

$$N_e = \varphi N_a = 0,65 \cdot 30 = 19,5 \text{ эффективн. (дѣйств.) лошадин. силъ.}$$

$$v = 1,5 \text{ м.}; c = 2v = 3 \text{ м.}; h_1 = \frac{c^2}{2g} = \frac{3^2}{2 \cdot 9,81} = 0,46 \text{ м.}$$

$$h_2 = 0,15 \text{ м.}; R = \frac{H - h_1 - h_2}{2} = \frac{7,5 - 0,46 - 0,15}{2} = 3,44 \text{ метр.}$$

$$\epsilon = \frac{1}{4}; \frac{b}{a} = 2,25 \sqrt[3]{\frac{1000QH}{75}} = 2,25 \sqrt[3]{30} = \text{почти } 7$$

Ширина колеса (разность) $b = \sqrt{\frac{b}{a} \frac{Q}{\varepsilon v}} = \sqrt{7 \cdot \frac{0,3}{0,25 \cdot 1,5}} = 2,36$ метра.

Глубина колеса (ширина тетивы) $a = \frac{b}{\left(\frac{b}{a}\right)} = \frac{2,36}{7} = 0,34$ мет.

$= 0,2 + 0,7$ $a = 0,2 + 0,7 \cdot 0,34 = 0,438$ м. $\left. \begin{array}{l} \text{Округл.: } i = 48 \text{ ящик.} \\ A = 8 \text{ руч.} \end{array} \right\} e = \frac{2R\pi}{i} = \frac{2,344\pi}{48} = 0,45 \text{ метр.}$
 $i = \frac{2\pi R}{e} = \frac{2\pi \cdot 3,44}{0,438} = 49,3$
 $A = 2(1+R) = 2(1+3,44) = 8,8$

2. Заднебойные лямичные колеса.

Онѣ употребляются для большихъ количествъ воды и при большихъ паденіяхъ. Для переменныхъ количествъ воды онѣ выгоднѣе верхнебойныхъ колесъ, потому что затопленіе ихъ изовою водой не представляетъ большаго неудобства, такъ какъ онѣ вращаются въ направленіи уходящей воды. Можно помѣстить то же количество воды и скорость удерживать почти постоянными, потому что, смотря по надобности, можно пускать воду чрезъ верхнія или нижнія перегородки.

Наивыгоднѣйшая скорость на окружности колеса $v = 1,5$ метра (отъ 1,2 м.). Наивыгоднѣйшая скорость входа воды въ колесо $c = 2v = 3$ метра.

Наружный радіусъ колеса $R = 0,66H$ или $D = 1,33H$; въ этомъ случаѣ средняя точка входа воды въ колесо лежитъ на 60° отъ вертикальнаго діаметра.

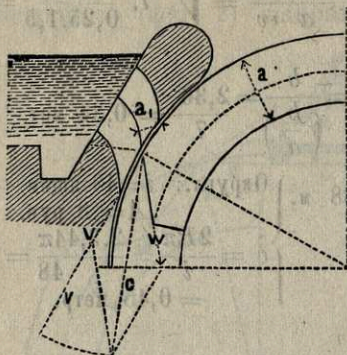
Коэффициентъ наполненія въ колесахъ съ зубомъ $\varepsilon = \frac{1}{3}$ до $\frac{1}{2}$
 безъ зоба $\varepsilon = \frac{1}{3}$ до $\frac{1}{5}$

Отношеніе $\frac{b}{a} = 2,25 \sqrt[3]{\frac{1000QH}{75}} = 2,25 \sqrt[3]{\frac{N}{a}}$

Ширина колеса $b = \sqrt{\frac{b}{a} \times \frac{Q}{\varepsilon v}}$; глубина колеса $a = b : \left(\frac{b}{a}\right)$
 Расстояніе между ящиками $e = 0,2 + 0,7a$ округляется такъ, что
 число ящиковъ $i = \frac{2R\pi}{e}$ бы $\frac{2\pi}{A}$ было цѣлое
 число ручекъ колеса . . . $A = 2(1+R)$ число.

Перекрытіе внѣшнихъ стѣнокъ ящиковъ не употребляется. Нужно наблюдать, что дно ящиковъ должно имѣть отверстія для свободнаго выхода воздуха при входѣ воды. Дабы ударъ

воды дѣйствовалъ только на радіальныя части ящиковъ, нужно, чтобы скорость c воды разлагалась на 2 составляющія v касательную къ колесу и w по направленію внѣшней части ящика. (Фиг. 4).



Фиг. 4.

Перегородки выгибаются по дугѣ круга, коего радіусъ=0,4 метра. Радіусъ для самой нижней точки впуска стоитъ отвѣсно къ c . Обозначимъ: a_1 ширину отверстія между перегородками въ метр., $b_1=(b-0,1)$ ширину отверстія впуска въ м.; h_1 h_2 —высоты напоровъ для среднихъ точекъ отдѣльныхъ отверстій впуска въ м., то

черезъ отверстіе I вытекаетъ количество воды $q_1=0,8 a_1 b_1 \sqrt{2gh_1}$
и т. д.; II , , , $q_2=0,8 a_1 b_1 \sqrt{2gh_2}$

$$q_1 + q_2 + q_3 + \dots = Q$$

Всегда берутъ одной перегородкой болѣе чѣмъ даетъ вычисленіе. Ширину a_1 дѣлаютъ=0,1 до 0,15 метра, а зазоръ между колесомъ и впускомъ 15 до 20 миллиметровъ.

Коеффиціентъ полезнаго дѣйствія:

при паденіяхъ 2½ до 4 метр. около 0,60 абсолютной работы
, , 4 , 6 , , 0,65 , ,
, » 6 , 8 , , 0,70 , ,

Вода дѣйствуетъ сначала ударомъ, а потомъ исключительно своимъ вѣсомъ. Заднебойныя колеса очень употребительны. Онѣ снабжаются кожухомъ.

3. Среднебойныя лопатчатые колеса съ перегородчатымъ впускомъ.

Употребляются при среднихъ паденіяхъ для среднихъ количествъ воды. (Фиг. 5). Промежутокъ между желѣзнымъ колесомъ и каменнымъ или желѣзнымъ кожухомъ=10 до 15 мм. между деревяннымъ колесомъ и дерев. кожухомъ=15 до 20 мм.

При маломъ зазорѣ колесо должно вращаться тише, при большомъ—быстрѣе и потому принимаютъ скорость окружности $v=1,2$ до 1,8 метра. Воду должно подводить такъ, чтобы ея направленіе c со скоростью окружности образовало уголъ $\alpha=36^\circ$. Тогда скорость воды

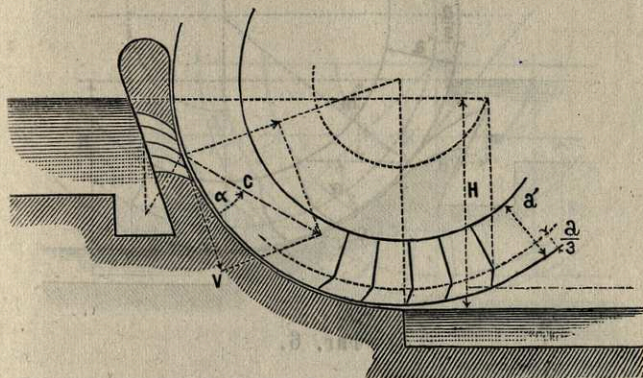
$$c = \frac{v}{\cos \alpha} = 1,23v$$

Высота напора h_1 для средней точки впуска

$$h_1 = \frac{c^2}{2g}$$

Форма перегородокъ опредѣляется также, какъ въ заднебойныхъ колесахъ, только надо наблюдать, что выливающееся черезъ отдѣльные отверстія количество воды будетъ:

$$q_1 = 0,4a_1b_1\sqrt{2gh_1}; \quad q_2 = 0,4a_1b_1\sqrt{2gh_2} \text{ и т. д.}$$



Фиг. 5.

Лопатки колеса не прямыя; внѣшняя часть на $\frac{1}{3}$ до $\frac{1}{4}$ ихъ длины a не радіальна, но такъ повернута, что этотъ конецъ выходитъ изъ низовой воды вертикально, если послѣдняя находится въ своемъ высшемъ уровнѣ. Колесо можетъ быть затопляемо до радіальной части лопатокъ.

Радіусъ колеса R = почти H . Коэффициентъ наполненія

$$\epsilon = \frac{Q}{abv} = \frac{1}{2}$$

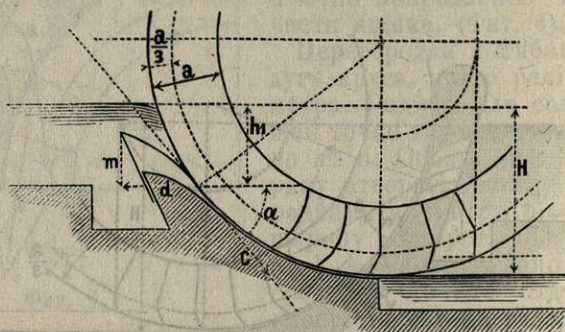
Отношеніе $\frac{b}{a} = 1,75 \sqrt[3]{\frac{1000QH}{75}} = 1,75 \sqrt[3]{N_a}$. Далѣе b , a ,

e , A опредѣляются по тѣмъ же формуламъ какъ въ заднебойныхъ колесахъ. Полезное дѣйствіе 0,65 до 0,70 абсолютной работы. Вода сначала дѣйствуетъ ударомъ, потомъ исключительно своимъ вѣсомъ.

Среднебойныя лопатчатые колеса съ водосливнымъ впускомъ.

Эти колеса (фиг. 6) употребляются при маломъ паденіи для редныхъ количествъ воды. Наивыгоднѣйшая скорость воды = 3 метра; скорость окружности колеса $v = 1,5$ м. Наружный радіусъ $R = 1,25$ до $1,5 H$ (по *Fehland'u* достаточно брать D а 0,5 до 0,6 м. болѣе $2H$; наполненіе самое большое $\epsilon = \frac{1}{2}$, толщина струи 0,20 до 0,25, продолженіе ринвы

даже середины колеса на несколько метров и съ $\frac{1}{10}$ напора очень целесообразно, особенно при подирудѣ. Средний уровень подирудной воды можно обыкновенно принимать



Фиг. 6.

какъ средину низшей лопатки и отсюда опредѣляется глубина ринвы ниже колеса). Высота напора $h_1 = \frac{c^2}{2g}$. Величины $\frac{b}{a}$, b , a , i , e , A берутся какъ въ среднебойныхъ колесахъ съ перегородчатымъ впускомъ.

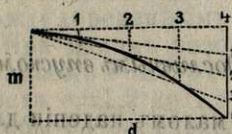
Вытекающее чрезъ водосливъ количество воды.

$$Q = 0,52 b_1 x \sqrt{2gx}$$

при чемъ $b_1 = (b - 0,1)$ есть ширина водослива, такъ что

$$x = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{0,52^2 b_1^2 2g}}$$

Вода подводится касательно въ окружности колеса и размыры водослива выбираются такъ, чтобы поверхность, по которой течетъ вода, была очерчена по параболѣ; для опредѣленія послѣдней высота $h_1 = \frac{c^2}{2g}$ и координаты $d = h_1 \sin^2 \alpha$



Фиг. 7.

$m = h_1 \sin^2 \alpha$. Черчение параболы (фиг. 7).

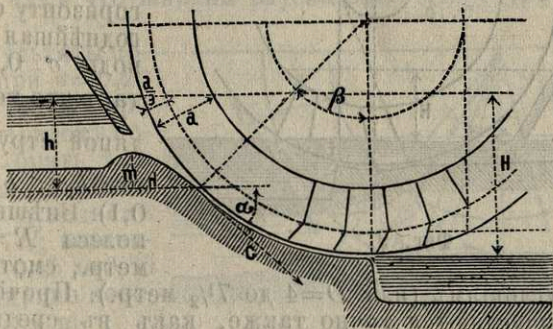
Полезная работа 0,60 до 0,65 абсолютной. Вода дѣйствуетъ сначала удромъ, а потомъ только ея вѣсомъ.

5. Среднебойное зубовое колесо (со ставнемъ).

Употребляется при малыхъ паденіяхъ и большихъ количествахъ воды. (Фиг. 8).

Наружный радиус колеса $R=1\frac{1}{2}$ до $2\frac{1}{2} H$ (или $D=3$ до $5 H$). Угол $\alpha=45^\circ$ и $\beta=45^\circ$. Впускъ по параболѣ, которой координаты вершины

$$d=\frac{c^2}{2g} \sin 2 \alpha; m=\frac{c^2}{2g} \sin^2 \alpha$$



Фиг. 8.

Скорость v на окружности=около 1,5 м. до самое большое 2,00 метр. Скорость $c=2v$.

Вытекающее количество воды:

$$Q=0,8 \times b_1 \sqrt{2 g h_2}$$

если $b_1=(b-0,1)$ обозначаетъ ширину впуска; высота подъема ставня

$$x=\frac{Q}{0,8 b_1 \sqrt{2 g h_2}}$$

Прочіе размѣры колеса опредѣляются также, какъ въ предъидущемъ колесѣ. По Fehland'у пространство между лопатками по крайнѣй мѣрѣ=удвоенному объему воды, который подводится къ колесу, лучше $2\frac{1}{2}$ объема воды

$$\left(\text{т. е. } \epsilon = \frac{1}{2} \text{ до } \frac{1}{2,5} \right).$$

Полезная работа колеса=0,40 до 0,50 абсолютной. Вода дѣйствуетъ сначала ударомъ, потомъ своимъ вѣсомъ. Наклонъ ставня 60° .

6. Низобойныя или подливныя колеса.

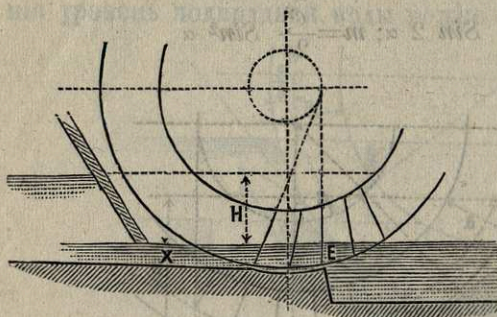
Употребляются часто при малыхъ паденіяхъ и большихъ количествахъ воды. (Фиг. 9).

Наивыгоднѣйшая скорость на окружности колеса

$$v=0,35 \text{ до } 0,4 \sqrt{2 g H}.$$

Дугообразная часть риввы должна обнимать по крайней мѣ-

ръ двѣ или три лопатки. Прямая часть ринвы имѣетъ наклонъ 30° или 1:20. Ободъ колеса погружается въ воду наполовину



Фиг. 9.

стнымъ условіямъ (или $D=4$ до $7\frac{1}{2}$ метр.). Прочіе размѣры колеса вычисляются точно также, какъ въ среднебойныхъ колесахъ, принимая коэффициентъ наполненія самое большое

$$\epsilon = \frac{1}{2}$$

Можно также давать колесу часто стоящія лопатки, дабы возможно большее число ихъ было погружено въ воду. Ринва должна быть возможно ближе къ колесу. Ставню даютъ наклонъ 60° къ горизонту и ставятъ его очень близко къ колесу. Лопатки бываютъ совершенно прямыя или же слегка изогнутыя. Полезное дѣйствіе этихъ колесъ мало, $=0,18$ до $0,2$ при зазорѣ $0,03$ между колесомъ и ринвой и $=0,30$ до $0,35$ при хорошемъ исполненіи и $0,01$ до $0,015$ зазора, если ставня и ринва наклонены, а послѣдняя подъ колесомъ концентрична къ нему. Вода дѣйствуетъ только ударомъ.

7. Колесо Понсле.

Эти колеса не имѣютъ опалубки и снабжаются кривымъ лопатками, лучше всего изъ желѣзныхъ листовъ. Онѣ пригодны для малыхъ паденій, до $H=1,7$ метра и для большихъ количествъ воды до $Q=5$ куб. метр. такъ что употребляютъ вмѣсто подлинныхъ и зубовыхъ колесъ. (Фиг.10).

Радиусъ $R=2H$. Уголъ $\angle \gamma=30^\circ$; онъ опредѣляетъ точку входа самой верхней водяной струйки и вмѣстѣ съ тѣмъ уровень низовой воды. Уголъ водяной струи съ касательной къ окружности колеса $\alpha=15^\circ$. Уголъ конца лопатки съ касательной къ окружности $\beta=32^\circ$.

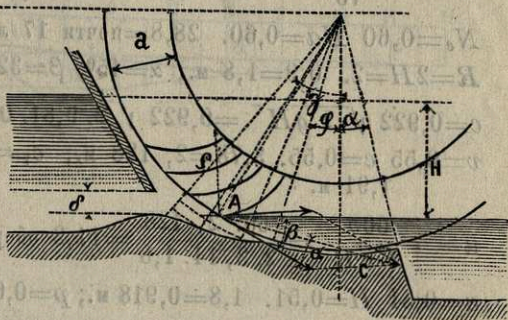
Скорость входящей въ колесо воды $c=0,922 \sqrt{2gH}$. Скорость на окружности колеса $v=0,55 c$. Начальная скорость воды вдоль по лопаткѣ $c_1=c \cos (\beta-\alpha)-v \cos \beta=0,494 c$.

Число оборотовъ колеса въ минуту $n = \frac{60 v}{2\pi R}$; $\angle \varphi = \angle \alpha$
 $\varphi = 15^\circ$.

Коэффициентъ наполненія $\epsilon = \frac{1}{2}$ до $\frac{2}{3}$. Ширина обода
 $a = 0,50 H$. Слѣдующее построение впуска даетъ толщину струи
 $\delta = 0,18 H$, такъ что ширина впуска $b_1 = \frac{Q}{\delta \cdot c}$ (по Fehland'y

лучшіе результаты получаются при $\delta = 0,20$
до $0,35$ и только при
большомъ притока воды
можно брать δ до
 $0,40$ метра). Глубина
воды въ отводномъ
каналѣ $0,7 H$; величина
уступа $0,15$ до $0,30$
метра. Ширина колеса
 $b = b_1 + 0,1$ м.

Радиусъ кривизны
лопатокъ.

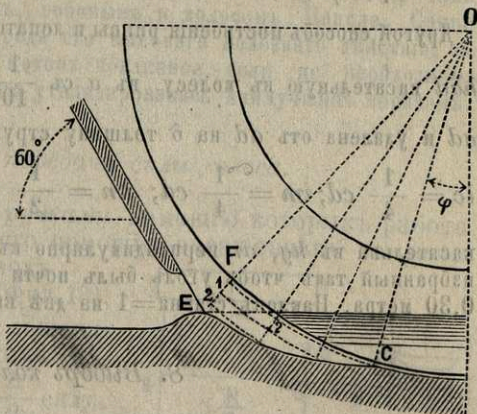


Фиг. 10.

$$\varphi = \frac{a}{\cos \beta} = \frac{0,5 H}{\cos 32^\circ} = 0,60 H.$$

Разстояніе между лопатками по окружности $e = 0,20$ до
 $0,25$ м., такъ что смотря по величинѣ колеса число лопатокъ
бываетъ $i = 36, 42$ и 48 .

Построение впуска (фиг. 11). Чтобы вода всегда входила
въ колесо приблизительно
подъ однимъ и тѣмъ же
угломъ $\angle \alpha$, помѣ-
щаютъ ставень при 60°
наклона столь близко къ
колесу, что разстояніе
между ними $= 0,125 H$ и
отмѣчаютъ точку пере-
сѣченія E передняго реб-
ра ставня съ уровнемъ
низовой воды; тогда E
есть вершина впуска.
Потомъ проводятъ ра-
диусъ OE и часть его,
лежащую внѣ окружности,
дѣлятъ на равныя
части, напр. на три; чрезъ
точки дѣленія изъ цен-
тра O проводятъ дуги круговъ. Часть дуги FC дѣлятъ на
тоже самое число равныхъ частей и чрезъ точки дѣленія



Фиг. 11.

проводятъ радиусы изъ O . Точки пересѣченія одинаково нумерованныхъ дугъ и радиусовъ даютъ точки ринвы.

Полезное дѣйствіе колесъ Поисле 0,60 до 0,65 абсолютной работы воды.

Примѣръ. Опредѣлить главные размѣры колеса Поисле при $H=0,9$ метра и количествѣ воды $Q=2,4$ куб. м. въ секунду.

$$N_a = \frac{1000QH}{75} = \frac{1000 \cdot 2,4 \cdot 0,9}{75} = 28,8 \text{ лошади. силъ.}$$

$$N_e = 0,60 \quad N_a = 0,60. \quad 28,8 = \text{почти } 17 \text{ лош. силъ.}$$

$$R = 2H = 2. \quad 0,9 = 1,8 \text{ м.; } \alpha = 15^\circ; \beta = 32^\circ$$

$$c = 0,922 \sqrt{2gH} = 0,922 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,9} = 3,87 \text{ метра.}$$

$$v = 0,55 \quad c = 0,55. \quad 3,87 = 2,128 \text{ м.; } c_1 = 0,494 \quad c = 0,494. \quad 3,87 = 1,91 \text{ м.}$$

$$u = \frac{60v}{2\pi R} = \frac{60 \cdot 2,128}{2 \cdot 3,14 \cdot 1,8} = 11,3 \text{ оборота въ минуту.}$$

$$a = 0,51 \quad H = 0,51. \quad 1,8 = 0,918 \text{ м.; } p = 0,60 \quad H = 0,60. \quad 1,8 = 1,08 \text{ м.}$$

$$e = 0,24 \text{ м.}$$

$$i = \frac{2\pi R}{e} = 47,1 \quad \left. \begin{array}{l} \text{округленно } i = 48 \text{ перьевъ и} \\ = \frac{2\pi R}{i} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 1,8}{48} = 0,255 \text{ м.} \end{array} \right\}$$

$$\delta = 0,18 \quad H = 0,18. \quad 0,9 = 0,152 \text{ м. толщина струи.}$$

$$b_1 = \frac{Q}{\delta c} = \frac{2,4}{0,152 \cdot 3,87} = 4,08 \text{ м. ширина впуска}$$

$$b = b_1 + 0,1 = 4,08 + 0,1 = 4,18 \text{ м. ширина колеса.}$$

Другой способъ построения ринвы и лопатокъ. (Фиг. 11 стр. 23). Дѣлаемъ

had касательную къ колесу въ a съ $\frac{1}{10}$ наклона; bc параллельна въ тобы

ad и удалена отъ ad на δ толщину струи. $ce = a$, $ai = ik = kb =$

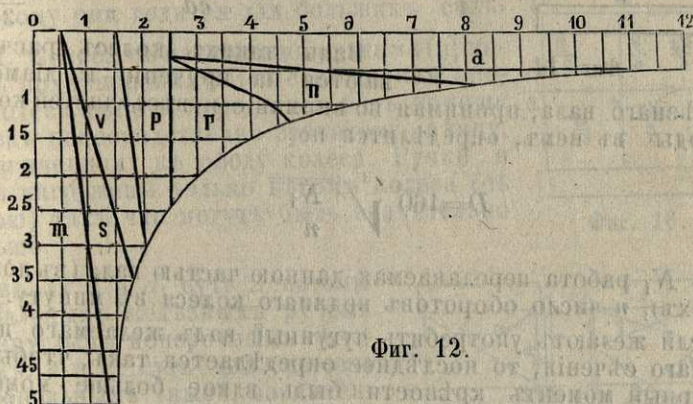
$$lc = \frac{1}{4} cd; im = \frac{1}{4} cd; kn = \frac{1}{2} cd \quad lo = \frac{3}{4} cd. \text{ Линія } ac$$

касательна къ hg , ar перпендикулярно къ aq , r центръ дуги лопатки, избранный такъ чтобъ уголъ былъ почти 90° . Уступъ при $s=0,25$ до 0,30 метра. Наклонъ ставня=1 на двѣ высоты, лучше 1:1.

8. Выборъ колеса.

Онъ дѣлается по величинѣ паденія H и по количеству воды Q куб. метр. въ 1 секунду. (Фиг. 12) представляетъ очень удобную діаграмму для выбора колеса при данныхъ обстоятельствахъ.

Полю a диагр.	соотвѣств.	наливное колесо ($H=2\frac{1}{2}$ и больше)
" n	"	заднебойное колесо ($H=2\frac{1}{2}$ и больше)
" r	"	лопатчатое среднебойное съ перегородч.
" p	"	впускъ колесо ($H=2\frac{1}{2}$ до $4\frac{1}{2}$ мет.)
" v	"	съ водосливомъ колесо ($H=1\frac{1}{2}$ до $2\frac{1}{2}$)
" s	"	зубовое колесо ($H=1\frac{1}{2}$ до 2)
" t	"	зубовое и Понсле колесо ($H=0,3$ до 1,75)
"	"	Понсле и подливное " ($H=0,5$ до 1,00)



Фиг. 12.

Примѣры. Для $H=8$; $Q=0,6$ точка пересѣченія абсцисы и ординаты находятся въ полѣ a , такъ что нужно было бы строить наливное колесо.

Для $H=3\frac{1}{2}$; $Q=3,2$ точка находится въ полѣ r ; среднебойное колесо съ перегородчатымъ впускъ будетъ самое пригодное.

Для $H=1$ и $Q=3,2$ точка находится на линіи между s и t , такъ что выборъ между подливнымъ, зубовымъ и колесомъ Понсле. Самое лучшее взять колесо Понсле ради его высокаго полезнаго дѣйствія; за нимъ идетъ зубовое колесо и потомъ подливное, если не необходимо, чтобы располагаемая сила воды утилизировалась наилучшимъ образомъ.

9. Способъ передачи силы колеса.

I. Колесо съ жесткими ручками, помощію которыхъ работа передается валу, а отъ него помощію насаженнаго на немъ зубчатого колеса на приводъ.

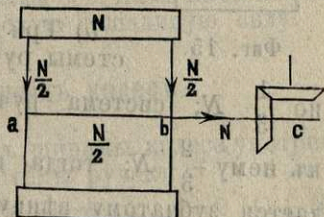
а) Двѣ системы ручекъ. (Фиг. 13).

При полной работѣ N лошадиныхъ силъ каждая система ручекъ передаетъ на валъ $\frac{N}{2}$ силъ.

Часть вала ab передаетъ $\frac{N}{2}$.

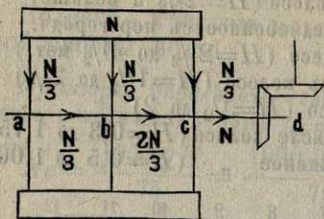
Часть bc передаетъ N . При этомъ

не взять въ соображеніе вѣсъ колеса и воды въ немъ.



Фиг. 13.

b) Три системы ручекъ (фиг. 14). Каждая система ручекъ передаетъ $\frac{1}{3} N$.



Часть вала ab передаетъ $\frac{1}{3} N$
 bc „ $\frac{2}{3} N$
 cd „ $\frac{3}{3} N$

Фиг. 14.

Валы такихъ колесъ рассчитываются на кручение и диаметр

железного вала, принимая во вниманіе и вѣсъ частей колеса и воды въ немъ, опредѣлится по

$$D=160 \sqrt[3]{\frac{N_1}{n}}$$

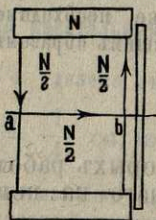
если N_1 работа передаваемая данною частью вала (въ лошадиныхъ силахъ), n число оборотовъ водяного колеса въ минуту.

Если желаютъ употребить чугунный валъ желаемого поперечнаго сѣченія, то послѣднее опредѣляется такъ, чтобы его полярный моментъ крѣпости былъ вдвое больше момента крѣпости железнаго вала.

Эта система колесъ годится для малыхъ силъ, до 15 пар лошадей.

II. Колеса съ жесткими ручками и зубчатымъ вѣнцомъ то укрѣпленнымъ на тѣлѣ колеса или на его ручкахъ и передающимъ работу на приводъ.

a) Двѣ системы ручекъ. (Фиг. 15). Одна система ручекъ



передаетъ валу $\frac{N}{2}$, другая система на стороне зубчатаго вѣнца доставляетъ потомъ эту $\frac{N}{2}$ къ вѣнцу. Другая половина работы передается зубчатому вѣнцу непосредственно ободомъ колеса. Часть вала ab передаетъ $\frac{1}{2} N$

Фиг. 15.

b) Три системы ручекъ: (Фиг. 16). Обѣ системы ручекъ налѣво передаютъ валу каждая

по $\frac{1}{3} N$; система ручекъ у зубчатаго вѣнца доставляетъ

къ нему $\frac{2}{3} N$; тогда какъ послѣдняя треть работы передается зубчатому вѣнцу непосредственно ободомъ колеса.

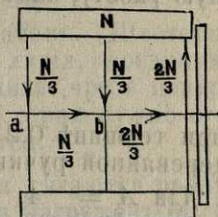
Часть вала ab передаетъ $\frac{1}{3} N$, часть bc передаетъ $\frac{2}{3} N$.

ти части вала рассчитываются на сгибание и скручивание, тѣмъ же по

$$D=160 \sqrt[3]{\frac{N_1}{n}}$$

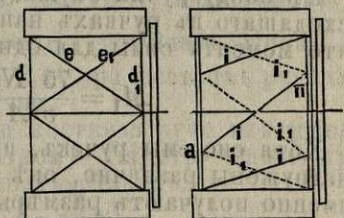
Валы колесъ этой системы нагружены менѣе, чѣмъ при передачѣ силы на приводъ отъ самаго вала и потому она годится для большихъ силъ.

III. Колеса съ натяжными ручками (принципъ подвѣшиванія). Вся сообщаемая обо-у колеса работа передается безъ помощи ручекъ непосредственно зубчатому вѣнцу, привинченному къ ободу колеса. Ручки и валъ нагружены только вѣсомъ колеса (съ водою) такъ что могутъ быть значительно меньше.



Фиг. 16.

Фиг. 17 d и d_1 суть 2 системы радиальныхъ желѣзныхъ ручекъ съ круглымъ поперечнымъ сѣченіемъ, e и e_1 суть двѣ системы диагональныхъ тяжей, назначенныхъ для предупрежденія бокового дрожанія (боковыхъ вибрацій) колеса въ направленіи оси.



Фиг. 17.

i и i_1 система окружныхъ тяжей на внутренней окружности колеса, которые соединяють обѣ тетивы (оба обода) колеса въ косомъ направленіи (не параллельно оси колеса). Они имѣютъ цѣлю устранить перекашивание обѣихъ тетивъ одна противъ другой и поэтому должны быть такъ расположены, чтобы одна точка укрѣпленія a окружнаго тяжа лежала въ косомъ направленіи отъ другой точки n , дабы тетива колеса съ зубчатымъ вѣнцомъ была натягиваема къ другой тетивѣ. Эта система колесъ можетъ быть исполняема только изъ желѣза и особенно пригодна для построенія большихъ надбойныхъ колесъ. Валъ нагруженъ вѣсомъ колеса (съ водою), а потому рассчитывается, какъ ось. Какъ вѣсъ колеса считаютъ 600 килогр. на теоретическую лошадиную силу.

Отдѣльныя части водяныхъ колесъ.

I. Ручки колеса. При $2\frac{1}{2}$ метрахъ ширины колеса употребляютъ обыкновенно только двѣ системы ручекъ.

Число жесткихъ ручекъ въ одной системѣ $A=2(1+R)$, гдѣ R радиусъ колеса въ метрахъ. A округляется такъ, чтобы число лопатокъ или ящиковъ дѣлилось на A безъ остатка.

Если h высота желѣзной или деревянной ручки и центр вала въ mm.;

$$d=120 \sqrt[3]{\frac{N_1}{n}}$$

толщина желѣзнаго приводнаго вала, передающаго ту же с мую работу, какъ и данная система ручекъ, въ mm; то берутъ

$$h_1=1,7 \frac{d_1}{\sqrt[3]{A}}$$

при толщинѣ 0,2 h чугунной ручки и при толщинѣ 0,715 деревянной ручки.

Для $A = 4 \quad 6 \quad 8 \quad 10 \quad 12$ ручекъ

$$\frac{h}{d_1} = 1,08 \quad 0,94 \quad 0,86 \quad 0,79 \quad 0,75.$$

Къ ободу ручки сгуживаются до 0,75 h . Для расчета про сходящаго въ ручкахъ напряженія отъ сгибанія замѣтимъ что моментъ силы для одной ручки

$$M_1 = \frac{75}{v} \frac{N_1}{A}. \text{ R Килограмметровъ.}$$

Хотя системы ручекъ, при употребленіи зубчатаго вѣнца нагружены различно, онѣ однако дѣлаются всѣ равными, именно получаютъ размѣры системы на сторонѣ зубчатаго вѣнца.

Что касается тяжей въ колесахъ по принципу подвѣшиванія, то предполагаютъ, что вѣсъ колеса въ каждомъ положеніи удерживается только радіальными тяжами въ его нижнемъ положеніи. Въ предположеніи двухъ системъ ручекъ диаметръ радіальнаго тяжа будетъ:

$\frac{\pi}{4} d_1^2 S = \frac{G}{2}$; подставляемъ $G=600 Na$ и $S=8 klg$ на 1 кв mm. то будетъ

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot 600 Na}{\pi \cdot 8 \cdot 2}} = 7 \sqrt{Na} = 7 \sqrt{\frac{1000 Q H}{75}}$$

Диаметръ діагональныхъ тяжей дѣлаютъ $d_2=0,75 d_1$
, окружныхъ , , $d_3=0,60 d_1$

При сборкѣ колеса необходимо наблюдать, чтобъ тяжи одного рода были натянуты равномерно, однообразно, что достигается помощію клиньевъ и винтовъ. Окружные тяжи натягиваются сильнѣе всѣхъ, радіальные нѣсколько слабѣе и діагональные менѣе всѣхъ.

II. Зубчатый вѣнецъ и приводъ. Радиусъ R_1 зубчатаго вѣнца принимаютъ столь большимъ, сколько допускаетъ способъ постройки колеса; отношеніе передачи на приводъ тройное до 5 кратнаго. Въ хорошихъ образцахъ напряженіе въ ножки

зубца оказывается 2,1 килогр. на 1 кв. мм. при $\frac{t}{b} = \frac{1}{2,5}$;

такъ что $t = 4,1 \sqrt{\frac{P}{S} \left(\frac{t}{b} \right)} = 4,1 \sqrt{\frac{P}{2,1} \cdot \frac{1}{2,5}} = 1,8 \sqrt{P}$

Давленіе на зубецъ P будетъ $P = \frac{75N}{v} \cdot \frac{R}{R_1}$. Зубчатый вѣ-
нецъ составляется изъ нѣсколькихъ сегментовъ. Шестерня
располагается, гдѣ возможно, такъ чтобы линія, соединяю-
щая ось колеса съ осью шестерни, проходила чрезъ центръ
тяжести воды въ колесѣ. Вообще всегда шестерню нужно ста-
вить на той сторонѣ, куда колесо вращается.

III. Шины или шейки. Оба шина всегда дѣлаются равны-
ми, хотя шипъ на сторонѣ зубчатого вѣнца нагруженъ болѣе
сѣмъ другой. Обыкновенно шины чугунныя. Если G вѣсъ
колеса вмѣстѣ съ водою и Z вѣсъ зубчатого вѣнца, то
шины рассчитываются по давленію $(0.5G + Z)$ килограммовъ.

IV. Розетки. Если d мм. діаметръ чугуннаго шина, то
длина втулки для ручки $\begin{cases} 2h \text{ до } 2,4h \text{ при жесткихъ ручкахъ} \\ \text{изъ чугуна} \\ 4h \text{ при жесткихъ ручк. изъ дерева} \\ 6 \text{ краткому діаметру тяжа при} \\ \text{растяжныхъ ручкахъ.} \end{cases}$

Толщина втулки розетки $w = \left(\frac{1}{3} d + 5 \right)$ мм.

Длина втулки розетки $l = 1,2d$ до $1,6d$.

V. Части колесныхъ тетивъ (ободьевъ). Обозначимъ a
ширину тетивы, то

Радиальный размѣръ косяка лопатчатаго колеса $= \frac{a}{3}$ для
дерева и чугуна.

Толщина косяка $\begin{cases} \frac{a}{3} \text{ для дерева.} \\ \frac{a}{20} \text{ для чугуна.} \end{cases}$

VI. Колесныя тетивы для наливныхъ ямныхъ колесъ.

Деревянные тетивы $\begin{cases} \text{толщина внутреннихъ косяковъ} \frac{a}{6} \\ \text{наружныхъ} \frac{a}{7} \end{cases}$

Толщина чугунныхъ боковыхъ тетивъ $\frac{a}{25} = \frac{a}{20}$.

VII. Лопатки и ящики.

Толщина деревянных досок на лопатки $\frac{a}{14}$ до $\frac{a}{11}$

дна ящиков (радіальн. доски) $\frac{a}{8}$

внѣшней стѣнки ящиков $\frac{a}{9}$.

Въ отношеніи замѣны поврежденных внѣшнихъ стѣнокъ ящиковъ выгодно, если онѣ имѣютъ повсюду одинаковую толщину. Но часто встрѣчаются эти внѣшнія стѣнки ящиковъ спереди на окружности колеса толщиною $\frac{a}{10}$, а по срединѣ у дна толщиною $\frac{a}{8}$. Это оказывается непрактично.

Ибо выниманіе или вставляніе одной доски требуетъ раздвиганія колесныхъ тетивъ въ осевомъ направленіи на двойную глубину канавки.

VIII. Опалубка. Въ лопатчатыхъ колесахъ $\frac{a}{15}$ до $\frac{a}{11}$,
наливныхъ $\frac{a}{7}$.

Дно ринвы, имѣетъ толщину $\frac{a}{10}$.

Примѣръ 1. Наливное водяное колесо. Секундный расходъ $Q_{\max} = 700$ до $Q_{\min} = 500$ литровъ. Измѣненіе нижняго уровня $\infty = 0,15$ м. При $Q_{\max}$ напоръ $H = 9,20$ метр. Колесо все желѣзное съ радіальными тягами вмѣсто спицъ. Оно имѣетъ зубчатый вѣнецъ на ободѣ. Главный верт. валъ фабрики дѣлаетъ 100 обор.

Расчетъ колеса. $N_a = \frac{1000 Q_{\max} H}{75} = \frac{1000 \cdot 0,7 \cdot 9,2}{75} = 85,86 \text{ HP}$.

скорость на окружности $v = 1,5$ метр. скорость входящей воды $c = 2v = 3$ метр. Разстояніе мѣста впуска отъ верхняго уровня h полу-

чается изъ $h = \frac{1}{\varphi^2} \frac{H^2}{2g} = \frac{1}{0,972} \cdot \frac{3^2}{2 \cdot 9,81} = 0,46$ м.

Радіусъ колеса

$$R = \frac{H-h}{1+\cos\delta} = \frac{9,20-0,46}{1+\cos 10^\circ} = 4,4 \text{ м.}$$

гдѣ $\delta = 10^\circ$ уголъ радіуса въ точкѣ впуска съ вертик. линіею. Число оборотовъ колеса въ 1 минуту $n = 30v : \pi R = 3,2$. Коэффициентъ выполненія $\varepsilon = 0,3$. Отношеніе ширины обода къ глубинѣ:

$$\frac{b}{a} = 2,25 \sqrt[3]{N_a} = 2,25 \sqrt[3]{85,86} = 9,9.$$

Ширина b

$$b = \sqrt{\frac{Q}{\epsilon v} \cdot \frac{b}{a}} = \sqrt{\frac{0,7}{0,31,5} \cdot 9,9} = 3,92 \text{ м.}$$

Глубина a

$$a = \frac{b}{\left(\frac{b}{a}\right)} = \frac{3,92}{9,9} = 0,4 \text{ м.}$$

Число спиць

$$A = 2(R+1) = 2,5,4 = 10.$$

Разстояніе между ковшами:

$$e = 0,7a + 0,2 = 0,7,0,4 + 0,2 = 0,48 \text{ м.}$$

Число ковшей

$$i = \frac{2\pi R}{e} = \frac{2,3,14,4,4}{0,48} = \infty 60.$$

Принявъ $\eta = 0,80$, получимъ $N_e = \eta N_a = 0,80,85,86 = 68,67 \text{ el. с.}$

Расчетъ вала. Принявъ вѣсъ 500 klg на силу, то $G = 500,68,67 = 34400 \text{ klg}$. Передача помѣщена на сторонѣ впуска и потому приемъ, что давленіе отъ нея равно вѣсу воды и имъ уничтожается.

Давленіе на шпиль $P_1 = P_2 = \frac{G}{2} = 17200$; ихъ діаметръ $d_1 = d_2 = 0,16$

$$\sqrt{P} = 22 \text{ cent.}$$

Длина шпиль $l = 1,5d = 35 \text{ cent}$ ломающіе моменты:

$$M_1 = M_2 = P_1 \cdot 50 = 17200,50 = 860000 \text{ klmet.}$$

Діаметръ оси въ мѣстѣ розетъ:

$$D_1 = D_2 = \sqrt[3]{\frac{32}{\pi} \cdot \frac{M}{k}} = \sqrt[3]{\frac{32}{3,14} \cdot \frac{860000}{250}} = \infty 34 \text{ cent.}$$

Расчетъ спиць. Радиальные тяги такъ натянуты, что верхнія не испытываютъ давленія отъ обода, которое вліяетъ все только на нижнія тяги, растягивая ихъ. Полагая, что въ этомъ растяженіи участвуютъ 4 тяги, растягивающая сила на каждую тягу будетъ .

$$= \frac{4 \frac{G}{2}}{10} = \frac{4,17200}{10} = \infty 7000 \text{ klg, и } d = \sqrt{\frac{4,7000}{\pi \cdot 500}} = 4\frac{1}{2} \text{ cent.}$$

Діаметръ діагональныхъ тягъ $= \frac{3}{4} d = 3,6 \text{ cent}$. Діаметръ перифе-

рическихъ тягъ $= \frac{3}{5} d = 2,7 \text{ cent}$. Длина периферическихъ тягъ определяется изъ

$$\frac{a}{b} = \sqrt{\frac{2 + \frac{b^2}{2R^2}}{1 + \frac{b^2}{2R^2}}} = \sqrt{\frac{2 + \frac{3,9^2}{2,4,4^2}}{1 + \frac{3,9^2}{2,4,4^2}}} = 1,3.$$

Наивыгоднѣйшая длина тягъ $a = 1,3 \quad b = 1,3. \quad 3,9 = 5,07 \text{ м.}$

Определение впуска. Угол α наклонения скорости вступающей воды къ горизонту

$$\alpha = \delta + \beta = 10^\circ + 5^\circ = 15^\circ$$

гдѣ β уголъ скорости вступающей воды съ окружностью Кординаты параболы:

$$x = \frac{c^2}{2g} \sin 2\alpha = \frac{32}{2.9,91} \sin 30^\circ = 0,23 \text{ м.}$$

$$y = \frac{c^2}{2g} \sin^2 \alpha = \frac{32}{2.9,81} \sin^2 15^\circ = 0,03 \text{ м.}$$

$$\text{Ширина впуска } b_1 = b - 0,1 = 3,92 - 0,1 = 3,82 \text{ м.}$$

Толщина струи вступающей воды d получается изъ $Q = b d u_1$, гдѣ $u_1 = \varphi \sqrt{2gh_1}$ скорость вытекания воды изъ подъ щита и $h_1 = 0,304$ разстояніе середины окна отъ уровня воды (изъ чертежа). Слѣд.

$$d = \frac{Q}{b_1 u_1} = \frac{0,7}{3,82 \cdot 0,97 \sqrt{2.9.81 \cdot 0,304}} = 0,08 \text{ м.}$$

Расчетъ передачи. Радиусъ зубчатого вѣнца $R_1 = 4,358 \text{ м.}$

$$\text{Шагъ зацѣпленія } t_1 = 4,83 \sqrt{\frac{N}{R_1 n}} = 4,83 \sqrt{\frac{68,61}{4,358 \cdot 3,2}} = 10,62 \text{ cent.}$$

Число зубцовъ на немъ:

$$Z = \frac{2\pi R_1}{t} = \frac{2.3,14 \cdot 4,538}{10,62} = \infty 260.$$

Исправленный шагъ зацѣпленія $t_1 = 10,527 \text{ м.}$ Такъ какъ верт. рабочий валъ долженъ дѣлать 100 обор., то это достигается тремя передачами 1:6, 5:2, 5:8. Число зубцовъ шестерни, сцѣпляющейся съ вѣнцомъ

$$r_1 = \frac{260}{6,5} = 40. \text{ Радиусъ этой шестерни}$$

$$r_1 = \frac{L_1 t_1}{2\pi} = \frac{40 \cdot 10,527}{2 \cdot 3,14} = 67,05 \text{ cent.}$$

Число зубцовъ на большомъ колесѣ 2-ой передачи, сидящемъ на валу 1-й шестерни $Z_2 = 75$ Шагъ $t_2 = 8,37 \text{ cent}$ и радиусъ колеса

$$R_2 = \frac{Z_2 t_2}{2\pi} = \frac{75 \cdot 8,37}{2.3,14} = 100 \text{ cent.}$$

$$\text{Число зубцовъ на второй шестернѣ } L_2 = \frac{75}{2,15} = 30 \text{ и } r_2 =$$

$$\frac{Z_2 t_2}{2\pi} = \frac{30 \cdot 8,37}{2 \cdot 3,14} = 40 \text{ cent. Число зубцовъ Коническаго большаго}$$

шага колеса третьей передачи $Z_3 = 60$ Шагъ $t = 7,5 \text{ cent.}$

$$\text{Радиусъ } R_3 = \frac{Z_3 t_3}{2\pi} = \frac{60 \cdot 7,5}{2 \cdot 3,14} = 71,6 \text{ cent.}$$

$$\text{Число зубцовъ шестерни } Z_3 = \frac{60}{2} = 30. \text{ Ея радиусъ } r_3 = 35,8 \text{ с.}$$

Толщ. зубца $d = t : 2,1$ ширина $\beta = 6\alpha$; высота $h = 1,5\alpha$.

Диаметръ перваго вала, идущаго отъ колеса

$$d_1 = 12 \sqrt[3]{\frac{N}{n}} = 12 \sqrt[3]{\frac{68,67}{20,8}} = 17,8 \text{ cent.}$$

Диаметръ втораго промежуточнаго вала:

$$d_2 = 12 \sqrt[3]{\frac{N}{n}} = 12 \sqrt[3]{\frac{68,67}{52}} = 13,2 \text{ cent.}$$

Примѣръ 2. Жельзное среднебойное колесо съ перегородчатымъ тускомъ. Средній расходъ мѣняется въ предѣлахъ отъ $Q=0,720$ до $1,080$ куб. м. При этомъ нижній уровень повышается на $0,15$. Напоръ воды при большемъ расходѣ $H=3,45$ м. Все колесо выполнено изъ желѣза и съ одной стороны снабжено зубчатымъ вѣнцомъ съ внутреннимъ сцѣпленіемъ. Первый горизонт. валъ дѣлаетъ 30 оборотовъ въ минуту.

Расчетъ колеса. Наибольшая располагаемая работа

$$N_{a \max} = \frac{1000 Q_{\max} H}{75} = 49,7 \text{ л. с.}$$

Наименьшая располагаемая работа

$$N_{a \min} = \frac{1000 Q_{\min} (H-0,15)}{75} = \frac{1000 \cdot 0,72 \cdot 3,3}{75} = 31,7 \text{ л. с.}$$

Принимая $\eta=0,65$ полезная работа

$$N_{\max} = 0,65 \cdot 49,7 = 32,3; \quad N_{\min} = 0,65 \cdot 31,7 = 20,6 \text{ л. с.}$$

Принимаемъ $R=H=3,45$. Скорость $a=1,5$ м. въ 1^с коэфф. на-
полненія $\varepsilon=0,5$. Весь расчетъ ведется на средній расходъ $Q_{\text{ср}}=0,72$ куб. м. среднюю $N_{\text{ср}}=31,7$ л. с.

Размѣры вѣнца по

$$a \cdot b = \frac{Q}{\varepsilon \cdot v} \text{ и } \frac{b}{a} = 1,75 \sqrt[3]{N_{\text{ср}}}; \quad ab = \frac{0,9}{0,5 \cdot 1,5} = 1,2; \quad \frac{b}{a} = 6.$$

$$b = 2,695 \text{ метр. } a = 0,445.$$

Разстояніе между лопатками $e=0,2+0,7a=0,6115$ м.

Число лопатокъ

$$i = \frac{2\pi R}{e} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 3,45}{0,6115} = \infty 31.$$

Число спиць

$$A = 2(R+1) = 8.$$

Такъ какъ число лопатокъ л. б. соизмѣримо съ числомъ спиць, то

$$\text{принимаемъ } i=40 \text{ Разстояніе между лопатками } e = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 3,45}{40} = 0,542$$

Число оборотовъ въ минуту

$$n = \frac{60 \cdot v}{2\pi R} = \frac{60 \cdot 1,5}{2 \cdot 3,14 \cdot 3,45} = \infty 4.$$

Зазоръ между колесомъ и зубомъ примемъ $\varepsilon=0,015$ м.

Расчет впуска. Очертаніе перегородокъ сдѣланы по окружности радиусъ которой

$$r=0,9a=0,9+0,445=0,4 \text{ м.}$$

Расстояніе между 2 перегородками примемъ $S=0,08 \text{ м.}$ Задавши скорость вытекания воды изъ впуска $u=1,5 \text{ в}=2,25 \text{ м.}$, получимъ напоръ воды во впускѣ (расстояніе верхняго окна отъ уровня) h_1 изъ уравн $u=\varphi \sqrt{2gh_1}$

$$h_1 = \frac{1}{\varphi^2} \times \frac{u^2}{2g} = \frac{1}{0,96^2} \times \frac{2,25^2}{2+9,81} = 0,28 \text{ м.}$$

Уголъ между первой перегородкой впуска и ободомъ примемъ $\delta=36^\circ$. Ширина впуска

$$b_1=b-0,1 \text{ м.}=2,695-0,1=2,595 \text{ м.}$$

Обозначая чрезъ $q_1 \ q_2 \ q_3 \ q_4$ секундный расходъ воды чрезъ отдѣльные окна впуска, чрезъ b_1 ширину впуска, чрезъ $h_1 \ h_2 \ h_3 \ h_4$ напоры воды (получаются изъ чертежа), чрезъ p коэффициентъ расхода $=0,6$ получимъ расходъ воды для каждаго окна

$$q_1=p \ b_1 \ s \ \sqrt{2gh_1} = 0,6 \times 2,595 \times 0,08 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,28} = 0,291 \text{ куб. м.}$$

$$q_2=p \ b_1 \ s \ \sqrt{2gh_2} = 0,6 \times 2,595 \times 0,08 \sqrt{2 \cdot 9,81 \times 0,39} = 0,342 \text{ „ „}$$

$$q_3=p \ b_1 \ s \ \sqrt{2gh_3} = 0,6 \times 2,595 \times 0,08 \sqrt{2 \cdot 9,81 \times 0,51} = 0,391 \text{ „ „}$$

$$q_4=p \ b_1 \ s \ \sqrt{2gh_4} = 0,6 \times 2,595 \times 0,08 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,52} = 0,431 \text{ „ „}$$

а такъ какъ $Q_{\text{тас}}=\text{только } 1,08 \text{ куб. м.}$ то изъ этого видно, что этихъ четырехъ оконъ вполне достаточно.

Толщину лопатокъ колеса и перегородокъ впуска беремъ $0,005 \text{ м.}$

Расчетъ передачъ. Радиусъ зубчатаго вѣнца беремъ $R=2,805 \text{ м.}$

Усиліе на зубецъ $P_1 = \frac{PR}{R_1}$, если P усиліе на ободѣ колеса.

$$P \cdot v = 75 \text{ Н, гдѣ } v = \frac{2\pi Rn}{60} \text{ и } P_1 = \frac{75 \cdot 60}{2 \cdot 3,14} \cdot \frac{N}{n_1}$$

Толщина зуба изъ

$$P_1 h = \frac{1}{6} b d^2 \gamma; d = \sqrt{\frac{6 \cdot P_1 h}{b \cdot \gamma}}; b=5,5 \text{ д; } h=1,5 \text{ д.}$$

Примемъ $\gamma=200 \text{ ккг}$ на квадрат. сантиметръ:

$$d = \sqrt{\frac{6 \cdot 75 \cdot 60 \cdot 1,5}{2 \cdot 3,14 \cdot 200 \cdot 5,5}} \sqrt{\frac{N}{n R_1}} = 3,90 \text{ cent; } t=2,1 \text{ д}=8,19 \text{ cent.}$$

Число зубцовъ и исправленный шагъ:

$$Z = \frac{2\pi R_1}{t} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 2,805}{8,19} = 216; t = \frac{2\pi R_1}{Z} = \frac{2 \cdot 280,5 \cdot 3,14}{216} = 8,11 \text{ cent.}$$

$$\text{Исправленный } d = \frac{t}{2,1} = 3,9 \text{ cent.; } b=5,5 \text{ д}=2,2 \text{ cent.; } h=1,5 \text{ д}=5,8 \text{ cent.}$$

Число зубцовъ шестерни $z = \frac{Z \cdot 4}{30} = \infty 30$. Ея радиусъ

$$z = \frac{z t}{2 \cdot \pi} = \frac{30 \cdot 8,11}{2 \cdot 3,14} = 38,7 \text{ cent.}$$

Диаметръ вала

$$\Delta = 13 \sqrt[3]{\frac{N}{n}} = 12 \sqrt[3]{\frac{32,3}{30}} = 12,2 \text{ cent.}$$

Число спиць шестерни $= \frac{z}{\Delta} = \frac{38,7}{12,2} = 4 = \gamma l$

Ширина спиць

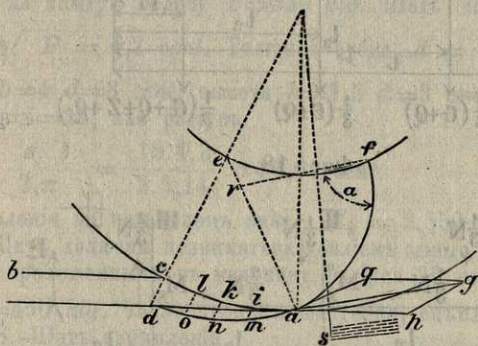
$$y = t \times 0,8 \sqrt[3]{\frac{2}{\gamma l}} = 8,11 \times 0,8 \sqrt[3]{\frac{30}{4}} = 12,7 \text{ cent.}$$

Расчетъ оси колеса. Въсь колеса по 600 квд. на силу

$$G=600. N_c \eta = \infty 16200 \text{ klg.}$$

Въсь зубчатаго обода $z = 2500 \text{ klg.}$ Усиліе Q , въ передачѣ:

$$Q' = 71620 \frac{N_{max}}{n R_1} = 71620 \frac{32,3}{4.280,5} = \infty 2000 \text{ klg.}$$



Фиг. 11. (См. стр. 12.)

Въсь воды въ колесѣ Q'' примемъ $= Q' = 2000 \text{ klg.}$ Здѣсь принимается самый невыгодный случай расположенія передачи т. е. шестерня помѣщается по другую сторону вала противъ впуска.

Давленіе на шины: (Фиг. 18).

$$P_1 = \frac{\frac{1}{3} (G + Q'') + Z + G' l}{l} + \frac{\frac{1}{3} (G + Q) l_2 + \frac{1}{3} (Q + G) l_3}{l} = 9920 \text{ klg.}$$

$$P_2 = G + z + 2Q' - P_1 = 16200 + 2500 + 4000 + 9920 = 12780 \text{ klg.}$$

Диаметръ желѣзныхъ шиновъ:

$$d_1 = 0,12 \sqrt{P_1} = 0,12 \sqrt{9920} = 11,9 \text{ cent.}$$

$$d_2 = 0,12 \sqrt{P_2} = 0,12 \sqrt{12780} = 13,7 \text{ cent.}$$

Длина шиновъ $l_1 = 1,5$ $d_1 = 17,8$; $l_2 = 1,5$ $d_2 = 20,6$ cent. Весь расчитывается на сгибание, а части l_3 и l_4 еще и на круглые.

Сгибающие моменты:

$$M's = P_1 l_1 = 9920.60 = 595200 \text{ klgmet.}$$

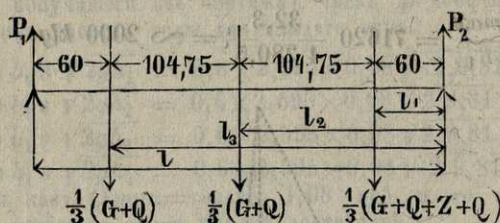
$$M''s = P_2 l_2 = 12780.60 = 766800$$

$$M'''s = P_1 (l_1 + l_3) - \frac{1}{3} (G + Q) l_3 = 998800 \text{ klgmet.}$$

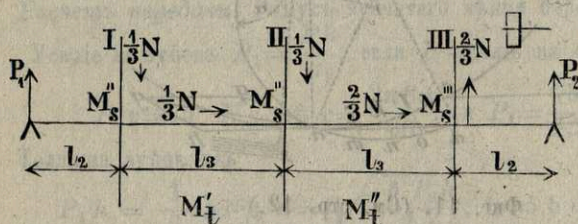
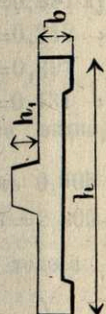
Крутящие моменты:

$$M'_t = 71620 \frac{\frac{1}{3} N}{n} = 71620 \frac{10,8}{4} = 192374 \text{ klgmet;}$$

$$M''_t = 71620 \frac{\frac{2}{3} N}{n} = 71620 \frac{21,6}{4} = 386748$$



Фиг. 18.



Фиг. 19.

Сложные моменты:

$$M'_c = M'_s + \frac{1}{4} M'_t = 643293 \text{ klgmet;}$$

$$M''_c = M''_s + \frac{1}{4} M''_t = 863487$$

$$M'''_c = M'''_s + \frac{1}{4} M'''_t = 1095487 \text{ klgmet.}$$

Принимая коэф. напряжения $\gamma = 400$ ktg на кв. cent, диаметры осей этих трех мѣстахъ

$$d' = \sqrt[3]{\frac{M'_c}{40}} = 25,2 \text{ cent.} \quad d'' = \sqrt[3]{\frac{M''_c}{40}} = 27,9 \text{ cent.}$$

$$d'' = \sqrt{\frac{M''}{40}} = 30,1 \text{ cent.}$$

Расчетъ спиць колеса. Спицы чугуныя. Ширина h спицы опредѣ-
тся по формулѣ:

$$= \frac{1,7}{\sqrt[3]{8}} = 0,85; b = \frac{1}{5} h; h_1 = 0,85 d_1 = 0,85 \cdot 25,2 =$$

$$21 \text{ cent}; b_1 = 4,2 \text{ cent}; h_2 = h_3 = 0,85 \cdot 28 = 23 \text{ cent}; b_2 = b_3 =$$

$$\text{cent.}$$

тоненіе спицы къ ободу $\frac{3}{4}$ (по ширинѣ).

Расчетъ передачи къ впускному щиту. Принимаемъ вѣсъ щита
210 *klg*. Давленіе воды на него = около 1500 *klg*.

принимая коэф. тренія = 0,6, усиліе для подъема щита =
 $0,6 \cdot 1500 + 210 = 1100 \text{ klg}$.

подъемъ совершается двумя зубчатыми полосами, сѣпляющимися съ
тернями. Усиліе на каждую полосу $P = 550 \text{ klg}$. Шагъ зацѣпленія

затки $t = 0,178 \sqrt{P} = 4,2 \text{ cent}$. Толщина зуба $d = \frac{t}{2,1} =$

$$2 \text{ cent}; \text{ ширина } b = 4 d = 8 \text{ cent}; \text{ высота } h = 1,5 d = 3 \text{ cent.}$$

Число
зубовъ на шестерняхъ = 15; ихъ радіусъ.

$$r = \frac{z \cdot t}{2 \cdot \pi} = \frac{15 \cdot 4,2}{2 \cdot 3,14} = 10,04 \text{ cent.}$$

моментъ сопротивленія на подъемномъ валу $M_2 = 2 \cdot 550 \cdot 10,04 =$
1050 *klgmet*. Щитъ долженъ подниматься усиліемъ одного человѣка

(мѣрно 18 *klg*), приложеннымъ къ маховику радіуса 25 *cent*.

моментъ = $25 \cdot 18 = 450 \text{ klg}$. Число зубцовъ шестерни, сѣпляющейся

съ этой шестерни.

$$R = \frac{Z_2 t}{2 \pi} = \frac{38 \cdot 3,84}{2 \cdot 3,14} = 23,2 \text{ cent.}$$

радіусъ червяка при углѣ наклоненія нарѣзки α получается:

$$r_1 = R \frac{Z_1}{Z_2} \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha} = 23,2 \frac{1}{38} \frac{1}{0,1} = 6,1 \text{ cent.}$$

аметры валовъ

$$d_2 = 0,29 \sqrt[3]{M_2} = 0,29 \sqrt[3]{11050} = 6,4 \text{ cent.}$$

$$d_1 = 0,29 \sqrt[3]{M_1} = 0,29 \sqrt[3]{450} = 2,2 \text{ cent.}$$

возьмемъ $d_1 = 4 \text{ cent}$.

В. Турбины.

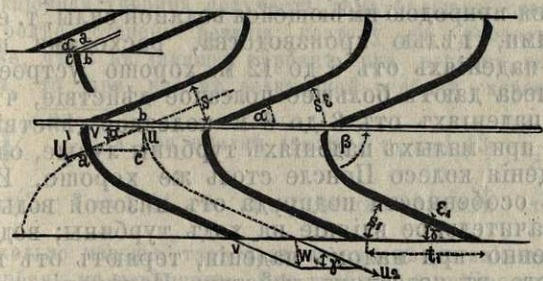
Турбины, т. е. такіе водяные двигатели, въ которыхъ находится въ движеніи относительно перьевъ,—по направленію дѣйствія на нихъ воды раздѣляются на *радіальныя* и *осевыя* и обѣ группы на полныя и неполныя (парціальныя), смотря по тому дѣйствуетъ ли вода на все турбинное колесо или же подводится только въ одномъ или двухъ мѣстахъ. *Радіальныя турбины* суть: Фурнейрона, Кадіа, Франсиса и Швейцарская; далѣе тангенціальное колесо Пупингера, Турбина Кассона, колесо Швайкруга и турбина Жирара съ радіальнымъ движеніемъ воды, а также, колесо Понсле. *Осевыя турбины* Геншель—Жонваля Фонтеня и Жирара съ осевымъ движеніемъ воды, наконецъ турбина Генея.

Каждая турбина имѣетъ неподвижный направляющій аппаратъ, который подводитъ воду, посредствомъ изогнутыхъ перьевъ, въ двигающееся колесо, турбину собственно. Между направляющимъ и двигающимся колесами остается всеиной промежутокъ, щель, который при хорошей и точной работѣ бываетъ 3—4 мм., иначе же 5—8 мм., иногда еще болѣе. По образу дѣйствія воды турбины раздѣляются на *давящія*, въ которыхъ вода работаетъ исключительно своей живою силою, и *реакціонныя*, въ которыхъ кромѣ живой механической работа получается преимущественно чрезъ простое давленіе воды. Въ реакціонныхъ турбинахъ вода выдѣляется изъ направляющаго аппарата съ абсолютною скоростью U , которая менѣе скорости $\sqrt{2gH}$, соотвѣтствующей падающей надъ колесомъ высотѣ водянаго столба или паденію H (слѣд. $U < \sqrt{2gH}$); если высоту напора $\frac{U^2}{2g}$, соотвѣтствующую скорости U , вычтемъ изъ всего паденія H , то остатокъ $H - \frac{U^2}{2g}$ есть высота водянаго столба, давящая на воду турбинномъ колесѣ; это давленіе или реакція дѣйствуетъ на немъ съ пользою, потому что увеличиваетъ отчасти живую силу, отчасти сдвиганіе воды въ колесѣ, такъ что движеніе воды въ колесѣ ускоряется. Слѣд. каналы колеса здѣсь всеиной полнѣе заполнены водою и потому реакціонныя турбины могутъ работать какъ подъ водою, такъ и въ воздухѣ. Если углы образуемые концами лопатокъ направляющихъ и турбинныхъ съ направлениемъ движенія, суть α и β , то абсолютная скорость воды при выходѣ изъ направляющаго аппарата: (Фиг. 2)

$$U = \sqrt{gH} \frac{\sin \beta}{\cos \alpha \cdot \sin(\alpha + \beta)}, \text{ слѣдоват. находится въ прямой зависимости отъ угловъ } \alpha \text{ и } \beta. \text{ Такъ какъ } U < \sqrt{2gH}, \text{ то}$$

$$\frac{\sin \beta}{\cos \alpha \cdot \sin(\alpha + \beta)} < 2 \text{ и потому } 2\alpha + \beta < 180^\circ. \text{ Чѣмъ болѣе}$$

условіе удовлетворено, т. е. чѣмъ $2\alpha + \beta < 180^\circ$, тѣмъ
 же работаетъ турбина реакціею, т. е. тѣмъ болѣе давле-
 ніе между колесами, и тѣмъ болѣе скорость воды въ кана-
 лахъ колеса (тѣмъ онѣ д. б. уже противъ исправляющихъ
 валовъ). При $2\alpha + \beta = 180$ (наприм. $\alpha = 30$, $\beta = 120$)
 $v = \sqrt{2gh}$; турбина работаетъ безъ реакціи однимъ давле-
 ніемъ воды и, обращается въ давящую; относительная ско-
 рость воды въ каналахъ колеса уже не увеличивается, потому
 что все давленіе воды уже въ направл. колесъ вполне
 превратилось въ скорость; каналы колеса въ давящихъ тур-
 бинахъ всегда только отчасти выполнены водою которая дви-
 жется свободною струею; вслѣдствіе чего они могутъ рабо-
 тать только въ воздухѣ, но никогда въ водѣ. Если же сумма
 $2\alpha + \beta =$ почти 180° , напр. $= 170$ до 175° , то степень реакціи



Фиг. 21.

нь не велика; скорость истечения изъ направл. каналовъ
 эти равна $\sqrt{2gh}$, именно 0,90 до 0,95 $\sqrt{2gh}$; построенная
 турбина назыв. предѣльною, ибо лежитъ на границѣ
 между давящими и реакціонными турбинами. Опытъ показалъ,
 что турбина, построенная съ незначительною лишь реакціею,
 можетъ безъ уменьшенія полезнаго дѣйствія (въ процентахъ)
 работать по желаемой глубинѣ подъ водою; на этомъ осно-
 вѣ такія предѣльныя турбины употребляются тамъ, гдѣ
 турбина, вслѣдствіе подпруды, должна по временамъ рабо-
 тать подъ водою.

Частичныя или неполныя турбины, въ каналахъ кото-
 рыхъ всегда находится воздухъ, должны быть всегда устраи-
 ваемы, какъ давящія. Реакціонныя турбины можно помѣ-
 стить такъ, что при данномъ паденіи или весь водяной столбъ
 падаетъ на турбину или же часть его дѣйствуетъ внизу ея
 всасываніе; чаще всего помѣщаютъ турбину на 6—7—8
 футовъ надъ нижнемъ уровнемъ воды (теоретически 10,334
 футовъ въ практикѣ не исполнимо).

Полезное дѣйствіе хорошо построенной турбины $\eta = 0,75$; при
 низкихъ и среднихъ напорахъ до $\eta = 0,8$. Леманъ (Lehmann) нашелъ

При выборъ принципа дѣйствія воды для даннаго случая нужно судить частныя условія водяной силы. Если нижній уровеньъ воды измѣняется немного, то можно съ выгодною избрать давящую турбину свободною струею; тогда турбина должна всегда работать надъ водою. Если же опасаются подпруды, то всегда употребляются турбины со свободною струею, такъ какъ подпрудная вода препятствовала движению свободной струи. При мало измѣняющемся количествѣ воды рекомендуются реакціонныя турбины; при очень сильно измѣняющемся количествѣ воды, минимумъ котораго должно употребить по возможности лучше, давящія турбины предпочитаютъ ради болѣе легкаго регулированія. Не измѣняя степени полезнаго дѣйствія, давящія турбины могутъ работать парціально и чрезъ измѣненіе степени парціальности легко регулируются; тогда какъ реакціонныя турбины парціально не допускаютъ и потому регулированіе могло бы быть рациональнымъ только при измѣненіи поперечнаго сѣченія каналовъ. При данномъ вращеніи реакціонная турбина получаетъ тѣмъ большую скорость вращенія, чѣмъ болѣе степень реакціи; поэтому ея скорость вращенія должна болѣе, чѣмъ въ давящей турбинѣ при равномъ паденіи. Если $n = h$, то при вполнѣ реактивной турбинѣ скорость вращенія $n = 4,43 \sqrt{\frac{h}{2}}$; а при вполнѣ давящей $n_d = 4,43 \frac{\sqrt{h}}{2}$ и слѣд.: $n_d = \sqrt{2}$; $1 = 1,41 : 1$. Въ дѣйствительности отношеніе $\frac{n}{n_d}$ несколько меньше, такъ какъ ни вполнѣ реакціонная, ни вполнѣ давящая турбина не исполнимы. Для турбинъ съ нѣсколькими концентрискиими вѣнцами чрезъ надлежащей выборъ степени реакціи можно вѣдъ скорость вращенія въ различныхъ вѣнцахъ пропорціональною вѣдъ, такъ чтобъ число оборотовъ оставалось постояннымъ, будутъ работать одновременно всѣ вѣнцы вмѣстѣ или же лишь отдѣльные вѣнцы. Въ турбинахъ съ двумя вѣнцами берутъ поэтому вѣдъшній вѣдъ реакціонный, а внутренний давящій; реакціонный вѣдънецъ для напдающей воды, давящій для перемѣнной воды.

Мы ограничиваемся здѣсь сообщеніемъ правилъ построенія турбинъ Геншель—Жонваля и Жирара, потому что эти турбины, вслѣдствіе ихъ цѣлесообразнаго расположенія и выгоднаго полезнаго дѣйствія, въ послѣднее время весьма распространены.—Первое и самое важное дѣло при построеніи турбины есть правильное расположеніе ея въ соединеніи съ вѣдъшнимъ выборомъ системы. Ошибка въ конструкціи вѣдъшаго двигателя можетъ быть устранена легко съ незначительными расходами; ошибка въ расположеніи и въ выборѣ системы напротивъ б. ч. непоправима.

1. Турбины Геншель — Жонваля.

	Если $F > 1,5$ кв. м.		Если $0,20 < F < 1,5$ кв. м.		Если $F < 0,20$ кв. м.	
	Большое количество воды и малое падение $Q = 5-12$ куб. м.; $h = 0,5-3$ м.		Среднее количество воды и среднее падение $Q = 1-5$ куб. м.; $h = 1,5-8$ м.		Малое количество воды и большое падение $Q = 1-1,5$ куб. м.; $h = 8-12$ м.	
Сумма всех площадей отверстий въ напр. колесъ $F =$	$\frac{Q}{u} = 0,676\sqrt{2gh}$		$\frac{Q}{u} = \frac{Q}{0,676\sqrt{2gh}}$		$\frac{Q}{u} = \frac{Q}{0,676\sqrt{2gh}}$	
Дѣйствительная скорость истечения воды изъ направляющаго колеса (въ метрахъ въ секунду) $u =$	$0,676\sqrt{2gh}$		$0,676\sqrt{2gh}$		$0,676\sqrt{2gh}$	
Средній диаметръ турбины (въ метрахъ) $D =$	$2\sqrt{\frac{Q}{u} 2,5} \sqrt{\frac{Q}{u}}$		$2,5\sqrt{\frac{Q}{u} 10} 3\sqrt{\frac{Q}{u}}$		$3\sqrt{\frac{Q}{u} 10} 4\sqrt{\frac{Q}{u}}$	
Ширина направляющаго канавовъ (по радиусу) въ м., $b =$	$\frac{D}{2,5} \frac{D}{4}$ или $= \frac{F}{s \times i}$		$\frac{D}{4} \frac{D}{5}$ или $= \frac{F}{s \times i}$		$\frac{D}{5} \frac{D}{6}$ или $= \frac{F}{s \times i}$	
Высота колесъ направл. и двигающ. (въ м.) $d = d_1 =$	$\frac{D}{10} \frac{D}{12}$		$\frac{D}{8} \frac{D}{9}$		$\frac{D}{5} \frac{D}{6}$	
Уголъ направляющ. лопатокъ съ ниж. плоск. колеса $\alpha =$	20° до 24°		16° до 20°		15° до 17°	
» турбинныхъ » съ верх. » $\beta =$	90°		90°		90°	
» » съ ниж. » » $\gamma =$	20° до 24°		$14 \frac{10}{2}$ до 17°		13° до 16°	
Наивыгоднѣйшая скорость на средн. окружн. въ м. $v =$	$u \cos \alpha$		$u \cos \alpha$		$u \cos \alpha$	
» число оборотовъ въ минуту $n =$	$\frac{60v}{\pi D}$		$\frac{60v}{\pi D}$		$\frac{60v}{\pi D}$	
Дѣйствительная скорость истечения воды изъ турбиннаго колеса (въ метр. въ секунду) $u_1 =$	$0,676\sqrt{2gh}$		$0,676\sqrt{2gh}$		$0,676\sqrt{2gh}$	
Толщина направляющ. и турбин. лопатокъ $e = e_1 =$	$5-7$ мм. желѣзные $5-6$ мм. чугунныхъ		$5-6$ мм. желѣзныхъ $4-5$ мм. желѣзные,		$4-5$ мм. желѣзные,	
	$9-12$ мм. чугунныхъ $8-10$ мм. чугунныхъ		$6-8$ мм. чугунныхъ		$6-8$ мм. чугунныхъ	

1. Турбины Жонваля.

Турбины Жонваля (всегда реакціонныя) имѣютъ турбинное колесо почти исключительно съ каналами равной ширины сверху донизу; онѣ всѣ да на 6—10 мм. шире, чѣмъ направляющіе каналы. Последніе имѣютъ вверхъ ширину немного большую, чѣмъ внизъ. Полезное дѣйствіе хорошо построенной турбины Жонваля, если она полная, доходить до 70%; если же при маломъ количествѣ воды чрезъ закрываніе направляющихъ канавовъ турбина превращается въ парціальную, въ неполную, то оно уменьшается пропорціонально квадрату количества воды. Вслѣдствіе этого парціальное подведеніе воды нужно употреблять лишь въ исключительныхъ случаяхъ. Такъ какъ турбины Жонваля могутъ, работать на какой угодно глубинѣ подъ водою, то устройство

ихъ рекомендуется тамъ, гдѣ нижній уровень воды весьма измѣнчивъ, а достаточное количество воды всегда имѣется въ распоряженіи.

Если при имѣющейся силѣ воды не все располагаемое количество воды поглощается двигателемъ, такъ что даже и при низкой водѣ имѣется необходимое количество воды для двигателя, то всегда употребляется турбина Жонваля. Она употребляется также тогда, если вслѣдствіе мѣстныхъ условій турбинное колесо должно быть помѣщено не прямо надъ горизонтомъ нижней воды, но на некоторой высотѣ (до 8 метровъ) надъ онѣмъ.

Наибольшій диаметръ исполненныхъ турбинъ Жонваля около 3,3 метра и при этомъ диаметрѣ можно дѣлать ширину колеса 0,6 метра, при чемъ турбинное колесо получаетъ 3 обода, т. е. два концентрическихъ отдѣленія по 0,30 метр. ширины.

риною. Такая турбина при падении 1,5 м. расходуетъ куб. метр. воды въ секунду, что можно принять за максимумъ для одного колеса.

Число лопатокъ направляющихъ и турбинныхъ i и i_1 совершенно эмпирическое ($i_1 = \frac{10R}{0,1+0,25R}$ для чугунныхъ лопатокъ и $i_1 = \frac{10R}{0,08+0,22R}$ для желѣзныхъ.) Величина i колеблется между $\frac{2}{3} i_1$ до i_1 и обыкновенно дѣлаютъ $i = i_1$. Полнаго равенства числа лопатокъ направляющихъ и турбинныхъ стараются избѣгать, такъ какъ въ случаѣ равенства площадь поперечнаго сѣченія направляющаго колеса увеличивается въ широкихъ предѣлахъ вслѣдствіе, проходящихъ мимо реберъ турбинныхъ лопатокъ, каковое обстоятельство влечетъ удары въ колеса.

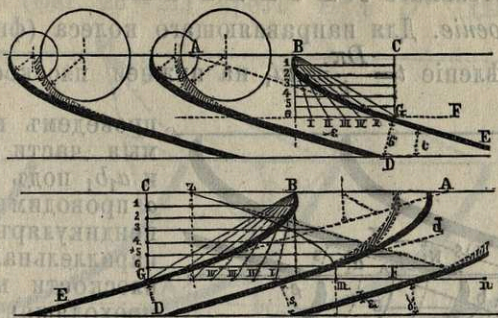
Построеніе лопатокъ. Въ таблицѣ уголъ β принятъ для всѣхъ случаевъ $= 90^\circ$, такъ какъ никакой другой уголъ не даетъ лучшихъ результатовъ; онъ допускаетъ одинаковое устройство лопатокъ въ обѣихъ колесахъ и обуславливаетъ среднюю величину реакціи, и искривленія лопатокъ. (Фиг. 25)

При величинѣ $\beta = 90^\circ - \alpha$, какъ это часто дѣлается (Фиг. 25) потеря отъ тренія и ударовъ будетъ наименьшая; однако, получаемая отъ этого, выгода составляетъ только 1% отъ силы воды. Также дѣлаютъ часто уголъ $\beta = 90^\circ - \frac{1}{2}\alpha$, такъ какъ эта величина есть наилучшая для чувствительности турбины. Но всѣ эти выгоды въ сравненіи съ выгодами при $\beta = 90^\circ$ остается на заднемъ планѣ и величина $\beta = 90^\circ$ остается наивыгоднѣйшею.

Относительно формы лопатокъ опытъ указываетъ: 1) совершенно безразлично, по какой кривой заданныя направленія концовъ лопатки переходятъ одно въ другое; предполагая 2) что переходъ одного направленія въ другое происходитъ постепенно, но не по крутой кривой; 3) каналы должны суживаться не внезапно, а постепенно; 4) нижніе концы лопатокъ должны быть прямые и одинъ другому параллельны, чтобъ вода вытекала безъ всякаго сжатія. Но основныя пункты хорошей конструкціи турбины находятся не столько въ формѣ лопатокъ, сколько въ правильно сдѣланномъ расчетѣ размѣровъ, угловъ лопатокъ и скоростей двигателя. Особенно же важно отношеніе нормальныхъ отверстій сѣченія въ направляющемъ и двигающемся колесахъ, которые должны быть вычислены самымъ тщательнымъ образомъ.

Лопатки образуются по параболѣ, а также по дугамъ круговъ дадимъ обѣ конструкціи. Вычерчиваніе дѣлается все на развернутой цилиндрической поверхности средняго диаметра D .

Г. Построение. Изъ произвольной точки D нижней плоскости колеса (фиг. 22) приводимъ Dd подъ угломъ γ ; воз-



Фиг. 22.

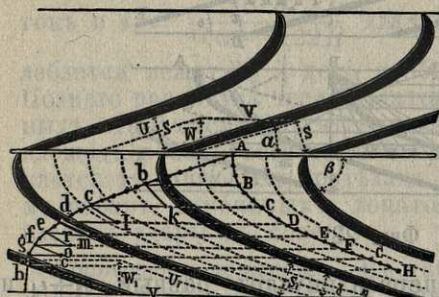
становляемъ въ D къ Dd перпендикуляръ равный $s_1 + \epsilon_1$ и резъ, концевую точку G проводимъ линію GE параллельную Dd . Линія, параллельная нижней плоскости колеса и проходящая чрезъ точку G , отсѣкаетъ часть высоты колеса, которая содержитъ кривую часть лопатки. Чтобы эту последнюю присоединить къ прямому концу лопатки EG , проложимъ GE до A , раздѣлимъ AC пополамъ и въ B получимъ конечный пунктъ лопатки, какъ вершину параболы. Теперь проводимъ изъ B перпендикуляръ къ GF ; дѣлимъ C и CB на одинаковое число равныхъ частей; проводимъ резъ точки дѣленія 1, 2, 3, 4, 5 параллельныя къ FG и соединяемъ точку B съ точками дѣленія I, II, III, IV, V; получаемъ точки параболы. На полученную такимъ образомъ линію нужно только нанести толщину лопатки ϵ_1 и провести въ равностоящія отъ нея линіи, чтобъ получить полную ширину канала. При B лопатка заостряется въ направленіи скорости u , дабы ударъ воды былъ наименьшій. Совершенно такимъ же образомъ строимъ направляющія лопатки, только вмѣсто γ беремъ уголъ α .

Чтобы при полученной формѣ лопатокъ найти соотвѣтствующій абсолютный путь воды, проводимъ отъ произвольной точки z верхней плоскости колеса линію zn по направленію абсолютнаго движенія воды, т. е. по направленію параллельныхъ концовъ лопатокъ направляющаго колеса и въ точкѣ n а половинѣ линіи in будетъ вершина также параболической дуги, которая строится совершенно также какъ форма лопатки или относительный путь воды.

Но параболѣ при ея вершинѣ имѣетъ очень крутое (внезапное) искривленіе; и потому для полученія пригодной формы лопатки надо замѣнить эту вершину слабо изогнутой дугою круга, какъ показано на (фиг. 22). Вмѣстѣ съ этимъ исчезаетъ всякая польза вычерчиванія лопатокъ по закону параболы; а потому часто вычерчиваютъ кривую часть ло-

патки по вдохновенію, на глазъ, при помощи лекаль (фиг. 23). Абсолютный путь воды $A b c d e f g h$ можно легко найти изъ относительнаго $A B C D E F G H$.

2 построение. Для направляющаго колеса (фиг. 24) откладываемъ дѣленіе $t = \frac{D\pi}{i} = aa_1$ на нижней плоскости колеса

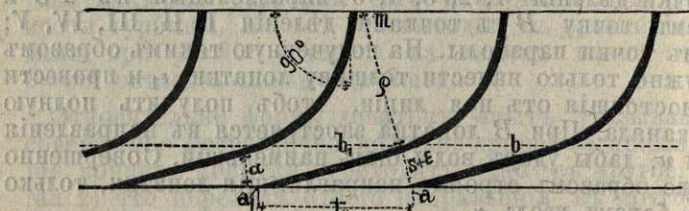


Фиг. 23.

пересѣченія m верхней плоскости направляющаго колеса съ продолженіемъ ab_1 .

Для построения лопатокъ двигающагося (турбиннаго) колеса нужно отложить (фиг. 25) дѣленіе турбиннаго колеса

$t_1 = \frac{D\pi}{i_1} = aa_1$ на нижней его плоскости, начертить послѣд-



Фиг. 24.

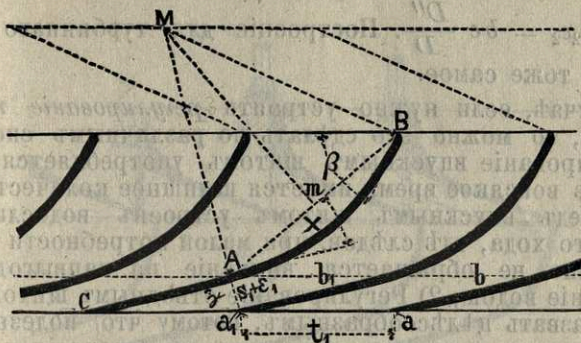
ній элементъ лопатки CA подъ угломъ γ прямолинейно закончить его изогнутою частію AB подъ угломъ β къ верхней плоскости колеса, поступая слѣдующимъ образомъ. Продолжаемъ CA и откладываемъ при A уголъ $x = \frac{\beta - \gamma}{2}$

проводимъ прямую AB и дѣлимъ ее пополамъ; на половинѣ восстанавливаемъ перпендикуляръ. Точка пересѣченія M этого перпендикуляра съ перпендикуляромъ MA въ A къ CA есть центръ кривизны лопатки. Центры другихъ лопатокъ лежатъ все на параллельной чрезъ M къ плоскости колеса.

Эти построения относятся къ среднему сѣченію турбинныхъ вѣнцовъ; однако необходимо сдѣлать построения также со

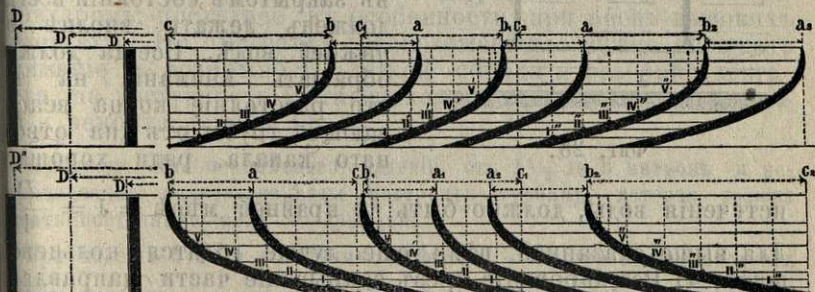
и внутренней и внешней окружностей вѣнца съ лопатками. Это дѣлается такъ:

Обозначимъ (фиг. 26—27) чрезъ D' и D'' (для отличія



Фиг. 25.

отъ D) диаметры внутренней и наружной окружностей вѣнца; начертимъ сначала среднее сѣченіе лопатокъ, коихъ дѣленіе $= ba = \frac{D\pi}{i}$ и получимъ горизонтальную длину лопатки bc (проекція лопатки). Для внутренняго сѣченія откладываемъ соответствующее дѣленіе $b_1a_1 = \frac{D'\pi}{i}$ и горизонтальную длину лопатки b_1c_1 , которая здѣсь меньше въ отношеніи $\frac{D'}{D}$ и слѣд. $= bc \frac{D'}{D}$; тогда дѣлимъ bc и b_1c_1 на равное число, напр. 6, равныхъ частей; чрезъ точки дѣленія проводимъ перпен-



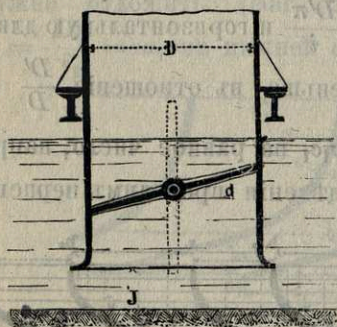
Фиг. 26—27.

дикуляры, чрезъ что на лопаткѣ средняго сѣченія получатся точки I II III и т. д.; чрезъ нихъ проводимъ горизонтальныя биссектрисы и получаемъ въ точкахъ пересѣченія I' II' III' и т. д. соответствующія точки внутренней формы лопатокъ. Подоб-

нымъ же образомъ поступаютъ для наружнаго сѣченія, при чемъ берутъ дѣленіе $a_2 b_2 = \frac{D''\pi}{i}$ и горизонтальную длину

патки $b_2 c_2 = bc \frac{D''}{D}$. Построеніе для турбиннаго колеса остается тоже самое.

Въ случаѣ, если нужно устроить *регулированіе турбины Жонваля*, то можно это сдѣлать по различнымъ способамъ: 1) регулированіе впускнымъ щитомъ употребляется только тамъ, гдѣ въ всякое время имѣется излишнее количество воды и гдѣ предъ впускнымъ щитомъ устроены водосливъ для порожняго хода, гдѣ слѣдов. при малой потребности въ силѣ совершенно не обращается вниманіе на наивыгоднѣйшее пользованіе водою; 2) Регулированіе отводнымъ щитомъ тоже нельзя назвать цѣлесообразнымъ, потому что полезное дѣйствіе двигателя при суживаніи щитоваго отверстия и вмѣстѣ при уменьшеніи скорости протеканія воды чрезъ колесо уменьшается пропорціонально квадрату скорости. 3) Регулированіе вращающимся клапаномъ часто примѣняется въ турбинахъ Жонваля съ большими паденіями; однако и оно приводитъ на полезное дѣйствіе такое же вліяніе, какъ предъидущее. Но такой клапанъ и отводной щитъ или задвижка



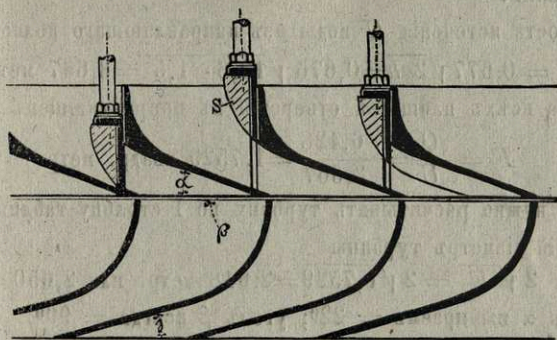
Фиг. 28.

часто употребляются при установкѣ всасывающей трубы, потому что для пуска турбины въ ходъ необходимо сначала наполнить всасывающую трубу и въ это время она должна быть заперта внизу. Нужно еще упомянуть, что вращающийся клапанъ (фиг. 28) въ закрытомъ состояніи всегда долженъ лежать вполнѣ въ нижней водѣ. Всегда должно обращать вниманіе на то, что разстояніе конца всасывающей трубы отъ дна отводнаго канала, ради хорошаго

истеченія воды, должно быть по крайней мѣрѣ $J = \frac{D}{4}$.

Для выше сказанной цѣли еще лучше годится кольцевой щитъ. 4) Регулированіе чрезъ закрываніе части направляющихъ каналовъ. Хотя теорія воспрещаетъ строить турбины Жонваля парціальными (неполными), однакожъ этотъ способъ образуетъ все же гораздо лучшее регулированіе, чѣмъ предъидущіе, потому что при закрываніи нѣсколькихъ направляющихъ каналовъ (фиг. 29) скорость истеченія изъ направ. каналовъ остается всегда одна и таже, какъ при полномъ ходѣ, и полезное дѣйствіе уменьшается незначительно.

Открытые каналы должны однако во всякомъ случаѣ идти одинъ за другимъ безъ перерыва; очень вредно закрывать задвижки отчасти, какъ показываетъ третья задвижка на (фиг. 29). 5) Совершенное регулирование состоитъ въ томъ,



Фиг. 29.

чтобы сѣченія направляющихъ и турбинныхъ каналовъ уменьшались одновременно, что однако трудно осуществимо. 6) Регулирование чрезъ употребленіе нѣсколькихъ вѣнцовъ съ лопатками есть самое лучшее. 7) Регулирование турбинъ Конваля чрезъ устройство двухъ или нѣсколькихъ турбинъ различной величины можно устроить только при большихъ сооруженияхъ, гдѣ и безъ этого должно быть расположено нѣсколько двигателей.

Смотря по количеству воды и паденію, также по цѣли, которой онѣ должны служить, установъ турбинъ Конваля весьма различенъ. Прежде всего различаютъ турбины съ открытымъ водянымъ ящикомъ и турбины съ закрытымъ резервуаромъ; послѣднее въ особенности при очень высокихъ паденіяхъ. Но при всѣхъ расположеніяхъ нужно обращать вниманіе на возможность легкой сборки и разборки двигателя, на доступность двигающихся частей для смазки, осмотра и ремонта и пр. и пр.

Примръ. Для переменнаго паденія отъ 1½ до 3 метровъ и неограниченнаго количества воды построить турбину, которая должна давать постоянную силу 90 лошадей.

При паденіи 3 м. и полезномъ дѣйствіи 70% турбина расходуетъ воды:

$$Q = \frac{75Nu}{0,70 \cdot 1000h} = \frac{75 \cdot 90}{700 \cdot 3} = 3,214 \text{ куб. метра въ секунду}$$

напротивъ при паденіи 1½ метра необходимое количество воды:

$$Q = \frac{75 \cdot 90}{700 \cdot 1,5} = 6,428 \text{ куб. метр. въ секунду.}$$

Понятно, что размеры турбины должны быть рассчитаны для этого последнего количества воды и для малого падения и турбина должна быть расположена так, чтобы могла быть регулируема, т. е. могла правильно работать при всяком количестве воды между наименьшим и наибольшим.

а) Скорость истечения U воды из направляющего колеса.

$$H = 0,677 \sqrt{2gh} = 0,676 \sqrt{19,6 \cdot 1,5} = 3,667 \text{ метра}$$

б) Сумма всех площадей отверстий в направляющем колесе:

$$F = \frac{Q}{U} = \frac{6,428}{3,667} = 1,7529 \text{ квадр. метр.}$$

Поэтому нужно рассчитывать турбину по I столбцу таблицы.

с) Средний диаметр турбины

$$D = 2 \sqrt{F} = 2 \sqrt{1,7529} = 2,648 \text{ метр. или } 2,650 \text{ метр.}$$

д) Угол α выбираем $= 22^\circ$; угол β всегда $= 90^\circ$.

е) Дѣленіе или шагъ лопатокъ на средней окружности колеса при

меръ $t = 250$ мм. Число лопатокъ будетъ $i = \frac{3,1416 \cdot 2,650}{250} = 33,$

что не исполнимо. Беремъ ближайшее большее или меньшее число, которое легко раздѣляется, наприм. 33 лопатки. Дѣйствительный

шагъ $= \frac{8325}{33} = 252,2$ мм. Такъ какъ турбина будетъ раздѣлена на три

вѣнца съ лопатками, то имѣемъ теперь выборъ — дать ли наружному внутреннему вѣнцамъ тоже самое число лопатокъ, какъ среднему вѣнцу, при чемъ шагъ соответственно диаметру будетъ болѣе или меньше. Въ настоящее время чаще дѣлаютъ такъ, что каждый лопатковый вѣнецъ получаетъ одинъ и тотъ же шагъ; но всегда точки пересѣченія реберъ лопатокъ съ боковыми колесными ободьями не ставятъ одну противъ другой, дабы возможно маньше реберъ лопатокъ совпадало одну радиальную линію.

ф) Нормальная ширина s направляющаго канала вмѣстѣ съ толщиною лопатки (или проекція дѣленія t лопатокъ на перпендикуляръ къ направлению выхода) равно шагу t , умноженному на синусъ угла такъ что

$$s + \text{толщина лопатки} = 252,2 \sin 22^\circ = 252,2 \times 0,3746 = 94,5 \text{ мм.}$$

Выбираемъ толщину чугуинной лопатки въ мѣстѣ выхода $= 12\frac{1}{2}$ мм то нормальная ширина одного направляющаго канала:

$$s = 94\frac{1}{2} - 12\frac{1}{2} = 82 \text{ миллиметра.}$$

Эта ширина дѣйствительно удерживается при исполненіи турбины. Но для вычисленія ширины колеса нужно изъ нея вычесть суженіе отъ реберъ лопатокъ двигающагося колеса. Это суженіе при толщинѣ лопатокъ турбиннаго колеса въ верхней его плоскости въ $12\frac{1}{2}$ мм равно $12,5 \sin \alpha = 12\frac{1}{2} \times 0,3746 = 4,67$ или кругло 5 мм. Дѣйствительная свободная нормальная ширина s , которая одна входитъ въ вѣчисленіе расхода воды, равна $82 - 5 = 77$ мм.

г) Ширина направляющих каналовъ по радіусу

$$b = \frac{F}{\text{число каналовъ} \times s} = \frac{1,7529}{33 \times 0,077} = 0,690 \text{ метра.}$$

Здѣсь для s подставлена дѣйствительно свободная часть s_1 , которая гается за вычетомъ суженія отъ ударовъ лопатокъ колеса; слѣд. 77 мм.

Эта значительная ширина колеса раздѣлена на три отдѣленія, потому что между наружнымъ и внутреннимъ ободами колеса вставлены еще 1, такимъ образомъ, что сумма всѣхъ ширинъ вѣнцовъ даетъ 690, полную ширину колеса. Раздѣленіе этого лопаткового вѣнца не произвольно, но обусловлено тѣмъ обстоятельствомъ, что наружное отдѣленіе одно должно расходовать наименьшее количество воды 3,214 куб. метра при наибольшемъ паденіи 3 метра; тогда какъ всѣ три отдѣленія вмѣстѣ должны расходовать все количество воды 6,428 куб. метр. при $11\frac{1}{2}$ метрахъ паденія. Этимъ ширина вѣшняго вѣнца установлена. Площадь F для $Q=3,214$ куб. метр. воды въ секунду и 3 метра h

$$F = \frac{3,214}{0,676 \sqrt{19,6 \times 3}} = 0,620 \text{ квадр. метровъ.}$$

это составляетъ $\frac{1}{3}$ полной площади напр. каналовъ и потому

а турбинный вѣнецъ получаетъ также $\frac{1}{3}$ всей ширины b или $\frac{1}{3} \times 0,690$

или 230 мм. ширины. (Нормальная ширина каналовъ на внутренней и вѣнцовой окружности остается почти одинакова). Оба внутреннія отдѣленія получаютъ вмѣстѣ остатокъ ширины или $690 - 230 = 460$ мм. и получаютъ равную ширину по $\frac{460}{2} = 230$ мм. Средній вѣнецъ лопа-

тъ регулируется вертикальными задвижками; внутренний же получаетъ жесткую чугунную подъемную крышку. При низкой водѣ, когда ея паденіе велико, работаетъ только вѣнцовой вѣнецъ и такъ, что онъ никогда не остается безъ работы, то и не получаетъ приспособленія для закрыванія. При средней водѣ, когда паденіе имѣетъ тоже величину, открывается средній вѣнецъ на сколько необходимо. При паденіи при высокой водѣ уменьшается еще болѣе, такъ что два наружные вѣнца не даютъ достаточно силы, открываютъ и внутренний вѣнецъ (вполнѣ чрезъ подниманіе крышки) и регулируютъ турбину при закрываніи части каналовъ среднего вѣнца. Этимъ путемъ турбина можетъ приспособляться ко всемъ состояніямъ воды.

б) Относительная скорость входа u , съ котораго вода входитъ въ рабочее колесо, получается изъ

$$u = U \sin \alpha = 3,667 \times 0,374 = 1,371 \text{ метра.}$$

в) Высота давленія для относительной скорости истеченія изъ турбинного колеса получается такъ: Если турбина лежитъ на высотѣ h надъ горизонтомъ воды или ниже, то давленіе между колесами

$$= \frac{U^2}{2g}, \text{ при чемъ для } h \text{ вслѣдствіи тренія воды въ направляющихъ}$$

каналахъ нужно подставить исправленную величину, — такъ какъ сумма всѣхъ вредныхъ сопротивленій при проходѣ воды чрезъ направляющее колесо составляетъ $6\frac{1}{2}$ до $8\frac{2}{3}\%$, то величина паденія h въ мѣстѣ выхода изъ направляющаго колеса будетъ $0,935h$ до $0,913h$ или среднее $0,924h$. Поэтому избытокъ давленія между колесами $= 0,924h - \frac{U^2}{2g}$

если бы турбина находилась подъ водою, то отсюда надо еще вычитать глубину погруженія. Теперь высота давленія для относительной скорости u_1 выхода изъ турбиннаго колеса

$$h - \frac{U^2}{2g} + \frac{u^2}{2g}$$

при чемъ для h , U и u надо взять исправленную величину ихъ; и такъ какъ помезное дѣйствіе отъ тренія и искривленія воды въ турбинномъ колесѣ еще уменьшается такъ, что сумма всѣхъ потерь паденія при проходѣ воды чрезъ турбину возрастаетъ до $10\frac{1}{2}$ и 14% , то высота давленія h въ мѣстѣ выхода воды изъ турбиннаго колеса будетъ только $0,895h$ до $0,86h$; или среднее $0,88h$; эта величина паденія уже соответствуетъ истинной скорости u_1 и потому

$$\frac{u_1^2}{2g} = 0,88h - \frac{U^2}{2g} + \frac{u^2}{2g} = 0,98 \times 1,5 - \frac{3,667^2}{19,6} + \frac{1,371^2}{19,6} = 0,735 \text{ мет}$$

к) Скорость u_1 получится изъ этой высоты давленія:

$$u_1 = \sqrt{0,735 \times 19,6} = 3,790 \text{ метра.}$$

Эта скорость очень близко подходитъ къ U , что и есть условіе для правильнаго построения лопатокъ.

л) Ширина каналовъ турбиннаго колеса по радіусу (вслѣдствіе не совершенной круглости колесъ) должна быть всегда нѣсколько (именно на 10 мм.), болѣе ширины каналовъ направляющаго колеса. Слѣд., эта ширина

$$690 + 10 = 700 \text{ мм.}$$

м). Нормальная ширина s_1 каналовъ турбиннаго колеса въ мѣстѣ выхода вычисляется легко изъ радіальной ихъ ширины, принимая во вниманіе потерю воды чрезъ щель между колесами; количество воды протекающее чрезъ турбинное колесо, на $4\frac{1}{2}$ процента менѣе количества протекающаго чрезъ направляющее колесо или равно

$$Q - 0,045Q = 6,428 - 0,289 = 6,139 \text{ куб. метр.}$$

(если турбина помещается въ нижней водѣ, то потеря воды менѣе

Сумма всѣхъ площадей отверстій въ турбинномъ колесѣ $= F_1 = \frac{6,139}{3,79} = 1,620$ квад. метр. Отсюда нормальная ширина s_1

$$s_1 = \frac{1,620}{33 \times 0,700} = 0,070 \text{ метра} = 70 \text{ миллиметровъ.}$$

н) Уголь γ найдется изъ условія, что шагъ (дѣленіе) лопатокъ $\times \sin \gamma$ равенъ нормальной ширинѣ s_1 + толщина лопатки. Толщина лопатки въ мѣстѣ выхода пусть $= 12\frac{1}{2}$ мм.

$$t \sin \gamma = 70 + 12\frac{1}{2} = 82\frac{1}{2} \text{ мм.}; \text{ потому } \sin \gamma = \frac{82,5}{252,2} = 0,327$$

Этому синусу соответствуетъ уголь $\gamma = 19^\circ$.

о) Наивыгоднѣйшая скорость на средней окружности въ верхней плоскости колеса при маломъ паденіи $1\frac{1}{2}$ метра

$$v = U \cos \alpha = 3,667 \times 0,927 = 3,399.$$

Наивыгоднѣйшая скорость въ нижней плоскости колеса

$$v = u_1 \cos \gamma = 3,790 \times 0,940 = 3,562.$$

Дѣйствительная наивыгоднѣйшая скорость при маломъ паденіи

$$v = \frac{3,399 + 3,562}{2} = 3,481 \text{ или почти } 0,651 \sqrt{2gh}.$$

Напротивъ при большомъ паденіи въ 3 метра.

$$v = 5,186 \times 0,927 = 4,807 \text{ метра.}$$

Такъ какъ турбина во всякое время должна дѣлать одно и тоже число оборотовъ и работать при столь различныхъ напорахъ, то самое цѣлесообразное дать ей среднюю скорость вращенія (на средней окружности колеса)

$$v = \frac{3,399 + 3,807}{2} = 4,103 \text{ метра.}$$

р) Число оборотовъ турбиннаго колеса въ минуту

$$\frac{60 \times 4,103}{3,14 \times 2,650} = 29\frac{1}{2}$$

г) Абсолютная скорость w , съ котораго вода оставляетъ турбинное колесо,

$$w = u_1 \sin \gamma = 3,790 \times 0,325 = 1,231 \text{ метра.}$$

Это составляетъ $\frac{1}{4,4}$ отъ скорости $\sqrt{2gh}$ и потому потери работы при выходѣ

$$\frac{1}{4,4^2} = \frac{1}{19}$$

или около 5 процентовъ абсолютной работы.

Примѣчаніе. Если дадимъ турбинному колесу одной лопаткой болѣе, чемъ направляющему, z_1 и γ получатъ нѣсколько другія величины.

г) Высота обѣихъ колесъ

$$d = d_1 = \frac{D}{12} = \frac{2,650}{12} = 0,221 \text{ метра или кругло } 225 \text{ мм.}$$

Примѣчаніе. Чтобы рассчитать турбину при всякомъ другомъ углѣ β (не 90°) (напр. при $\beta = 90^\circ - \alpha$ или при $\beta = 90^\circ = 2\alpha$)

служить общая формула $U = \sqrt{gh \frac{\sin \beta}{\cos \alpha \sin(\alpha + \beta)}}$; эту теоретическую величину надо исправить, подставляя вмѣсто 1

только 0,924h, т. е. взять $U = 0,962 \sqrt{gh \frac{\sin \beta}{\cos \alpha \sin(\alpha + \beta)}}$. На

наивыгоднѣйшая скорость окружности колеса $v = U \frac{1}{\sin \beta}$

Относительно скорости входа $u = U \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$; относитель. скор.

выхода $u_1 = \sqrt{\left(0,88h - \frac{U^2}{2g} + \frac{U^2}{2g}\right)2g}$. Это будутъ первыя приближительныя велич. U, v, u и u_1 . Велич. угла γ должна тогда быть около на 2° менѣе α . Такъ какъ скорость w должна быть перпендикулярна къ нижней плоскости кол., то $u_1 = v \frac{1}{\sin(90^\circ - \gamma)}$ если эта величина u_1 не разнится много отъ первой, то все вычисленіе сдѣлано вѣрно. Если же формула $u_1 = \frac{v}{\sin(90^\circ - \gamma)}$ даетъ величину слишкомъ большую, то вычисленіе надо повторить взявъ для U величину нѣсколько меньшую, чрезъ что увеличится реакція, а съ нею u_1 . Въ обратномъ случаѣ для повторенія вычисленія нужно взять для U нѣсколько большую величину.

Примѣръ. При паденіи отъ 0,9 до 1,1 метра и достаточномъ количествѣ воды построить турбину Жонваля въ 13 силъ, при этомъ $\alpha + \beta = 90^\circ$.

Турбину нужно строить для наименьшаго паденія и количество воды будетъ

$$Q = \frac{Nn}{\eta \times 13,33h} = \frac{13}{0,72 \times 13,33 \times 0,9} = 1,5 \text{ куб. метр. въ секунду}$$

если коэфф. полезнаго дѣйствія $\eta = 0,72$ (или 72 процента). Такъ

какъ $\alpha + \beta = 90^\circ$, то $\frac{\sin \beta}{\cos \alpha \sin(\alpha + \beta)} = 1$ и скорость

$$U = \sqrt{gh \frac{\sin \beta}{\cos \alpha \sin(\alpha + \beta)}} = \sqrt{gh} = 0,707 \sqrt{2gh}.$$

Эту первую приближительную теоретическую величину U надо исправить, умножая на 0,924 такъ что первая приближительная дѣйствительная величина U будетъ

$$U = 0,924 \times 0,707 \sqrt{2gh} = 0,653 \sqrt{2gh} = 0,65 \sqrt{19,61 \times 0,9} = 2,731 \text{ м.}$$

Сумма всехъ отверстій въ направляющемъ колесѣ

$$F = \frac{Q}{U} = \frac{1,500}{2,731} = 0,5492 \text{ метра.}$$

Средній діаметръ

$$D = 2,6 \sqrt{F} = 2,5 \sqrt{0,5492} = 1,850 \text{ метра.}$$

Шагъ (дѣленіе) лопатокъ въ направл. колесъ примемъ 220 мм.
Число лопатокъ

$$i = \frac{3,14 \times 1,850}{220} = \frac{5812}{220} = 26,4; \text{ примѣрь } 26.$$

Дѣйствительный шагъ $t = \frac{5812}{26} = 223\frac{1}{2}$ мм. Уголь α возьмемъ 17° и потому $\beta = 90 - 17 = 73^\circ$. Нормальная ширина s направл. каналовъ вычисляется изъ

$$s + \text{толщина лопатки} = t \sin \alpha = 223,5 \times 0,292 = 65,26 \text{ мм.}$$

Толщину лопатки примемъ $= 9,26$ мм.; такъ что $s = 56$ мм., каковую ширину каналы дѣйствительно должны имѣть. Суженіе нормальной ширины отъ удара лопатокъ турбиннаго колеса при толщинѣ ихъ въ плоскости зазора между колесами $=$ мм. будетъ $= 10 \sin \alpha = 10 \times 0,292 = 2,92$ или кругло 3 мм. Свободная часть s поэтому 53 мм. Ширина b направл. каналовъ

$$b = \frac{F}{i \times \text{свободная часть } s} = \frac{F}{53 \times 26} = 0,3985 \text{ метра.}$$

Величина реакціи въ зазорѣ между колесами

$$(0,924h) - \frac{U^2}{2g} = 0,924 \cdot 0,900 - \frac{2,731^2}{19,61} = 0,451 \text{ метра} = \frac{1}{2} h.$$

Наивыгоднѣйшая скорость на окружности

$$v = U \frac{1}{\sin \beta} = 2,731 : 0,956 = 2,856 \text{ м.} = 0,679 \sqrt{2gh}$$

Относительная скорость входа

$$u = U \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = 2,731 \frac{0,292}{0,956} = 0,834 \text{ метра.}$$

Высота давленія для u_1

$$0,88 h - \frac{U^2}{2g} + \frac{u^2}{2g} = 0,88 \cdot 0,9 - \frac{2,721^2}{19,61} + \frac{0,834^2}{19,61} = 0,447 \text{ метра.}$$

Относительная скорость выхода изъ турбиннаго колеса $\sqrt{2g \times 0,447} = 2,96$ м. $= 0,7 \sqrt{2gh}$. Количество воды, протекающее чрезъ турбинное колесо на $4\frac{1}{2}$ процента менѣе Q вслѣдствіе потери воды чрезъ зазоръ между колесами или

$$Q_1 = Q - 0,045 Q = 1500 - 67 = 1433 \text{ метра.}$$

Сумма F_1 всѣхъ отверстій при выходѣ изъ турбиннаго колеса

$$F_1 = \frac{Q}{u_1} = \frac{1,443}{2,960} = 0,4841 \text{ квадр. метр. Ширина } b_1 \text{ турбинныхъ каналовъ} = b + 10 = 408 \text{ мм.}$$

Число лопатокъ турбиннаго колеса д. б. на 1 больше, чѣмъ въ направл. колесъ; слѣд. $i_1 = 27$ и поэтому шагъ лопатокъ $t_1 = \frac{5812}{27} = 215,5$ мм. Нормальная ширина s_1 турбинныхъ каналовъ при выходѣ воды

$$s_1 = \frac{F_1}{\text{число лопатокъ} \times b_1} = \frac{0,4841}{27 \times 0,408} = 0,0439 \text{ или кругло } 44 \text{ мм.}$$

Уголъ выхода γ . Нижняя толщина лопатокъ пусть 9 мм., то

$$s_1 + 9 = t_1 \sin \gamma \text{ или } \sin \gamma = \frac{44 + 9}{215,2} = 0,246 \text{ и } \gamma = 14\frac{1}{2}^\circ.$$

Пострѣка правильности. u_1 и v . Мы нашли относительную скорость выхода $u_1 = 2,96$ метра. Если теперь абсолютная скорость должна быть направлена по оси, т. е. отвѣсно въ нижней плоскости колеса, то

$$u_1 = v \frac{1}{\sin(90^\circ - 8^\circ)} = 2,856 \frac{1}{0,969} = 2,947 \text{ метра.}$$

Объ эти величины 2,947 и 2960 совпадаютъ одна съ другой столь хорошо, что произведенное вычисленіе нужно признать правильнымъ. Величина абсолютной скорости выхода $w = u_1 \sin \gamma = 2,947 \times 0,245 = 0,724$ м. Эта величина составляетъ $\frac{1}{5,81}$ отъ $\sqrt{2gh} = 4,202$ м.; по-
этому потеря работы $= \frac{1}{5,81 \times 5,81} = \frac{1}{34}$ или только 3% полного запаса работы воды.

Установъ турбины долженъ быть таковъ, чтобъ турбинное колесо при наибольшемъ паденіи (низшемъ уровнѣ нижней воды) все еще было погружено въ воду, чтобъ щель между колесами лежала въ высотѣ нижняго уровня воды. Если же мѣстныя условія таковы, что отводной каналъ и камера турбины не могутъ быть опорожнены безъ особыхъ щитовъ и выкачиванія воды, то для починокъ рекомендуется ставить турбину на такой высотѣ надъ нижней водой, чтобъ турбинное колесо при наивышемъ стояніи воды (при наименьшемъ паденіи) все еще находилось надъ водою, при чемъ турбину необходимо закрыть кожухомъ, не пропускающимъ воздуха и погруженнымъ въ нижнюю воду.

2. Давящія турбины.

Турбины по системѣ Жирара.

Способъ дѣйствія воды въ давящей турбинѣ состоитъ въ томъ, что вода изливается изъ направляющаго аппарата съ скоростью, соотвѣтствующею полному паденію, и съ этою скоростью бѣжитъ вдоль по вогнутымъ сторонамъ лопатокъ двигающагося колеса, не прикасаясь къ выпуклой сторонѣ лопатокъ и нигдѣ не выполняя каналы.

Абсолютная скорость истеченія воды изъ направляющаго аппарата, не принимая во вниманіе сопротивленія:

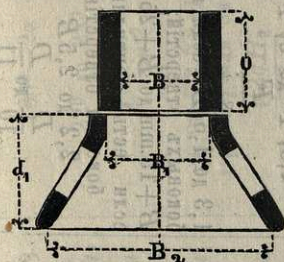
$$U = \sqrt{gH \frac{\sin \beta}{\cos \alpha \sin(\alpha + \beta)}}.$$

Соотвѣтствующая этой скорости высота давленія есть полная высота паденія; вслѣдствіе этого $\frac{\sin \beta}{\cos \alpha \sin(\alpha + \beta)} = 2$; это соот-
вѣтствуетъ $2\alpha + \beta = 180$, откуда $\beta = 180 - 2\alpha$; отъ этой величины нельзя удалиться, не нарушая полезное дѣйствіе турбины.

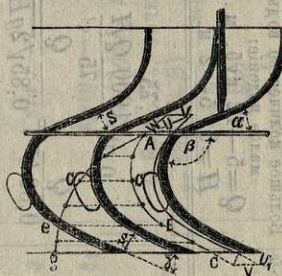
Такъ какъ каналы турбины никогда не наполнены водою вполне, то давящія турбины нельзя погружать въ воду, но всегда должно располагать ихъ на нѣкоторомъ разстояніи (H_1 около 80—100 mm) надъ нормальнымъ нижнимъ уровнемъ воды. Это нужно брать въ соображеніе при вычисленіи ско-

рости истечения U и кромѣ того нужно вычитать изъ полного паденія еще высоту d_1 турбиннаго колеса и высоту зазора σ , дабы получить дѣйствительную, соотвѣтствующую скорости истечения U , высоту паденія H_2 ; слѣдов. она будетъ $H_2 = H - (H_1 + d_1 + \sigma)$. Если трубчатый водопроводъ имѣетъ болѣе 5 метровъ длины, то нужно взять во вниманіе сопротивленія отъ тренія воды въ трубѣ.

Дающія турбины (Жирана) употребляются тамъ, гдѣ имѣется довольно постоянное паденіе и переменное количество воды, гдѣ слѣдовательно уровень нижней воды совершенно неизмѣняется или же очень мало. Турбины Жирана допускаютъ весьма совершенное регулированіе и даютъ всегда почти равное полезное дѣйствіе: будетъ ли турбина полная или же работаетъ какъ парціальная. Двигающееся колесо турбинъ Жирана имѣетъ вверху ширину вѣнца B_1 , которая всегда больше ширины B вѣнца направляющаго колеса. Нижняя ширина B_2 двигающагося колеса дѣлается въ 2—3 раза больше верхней ширины B_1 , чтобы по возможности уменьшить абсолютную скорость выхода. Для хорошаго протеканія воды чрезъ двигающееся колесо при свободной струѣ необходимо вентилировать каналы этого колеса; для этого употребляются вентиляціонныя отверстія на обоихъ боковыхъ ободьяхъ, (фиг. 30—31), или же радіальная ширина каналовъ дви-



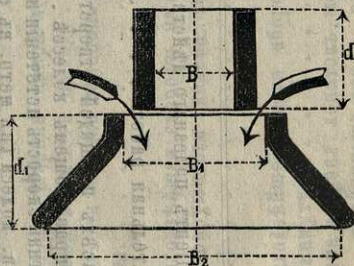
Фиг. 30.



Фиг. 31.

ающагося колеса при входѣ дѣлается въ 1,3 до 1,5 разъ больше ширины каналовъ направляющаго колеса при выходѣ, такъ что воздухъ можетъ ходить въ колесо съ верхней то плоскости (фиг. 32).

Если турбина Жирана временно затопляется низовой водой, то во избѣжаніе большой потери работы отъ входящей въ каналы двигающагося колеса низовой воды нужно ограничить водяныя струи, выходящія изъ каналовъ колеса; чрезъ это получаютъ такъ

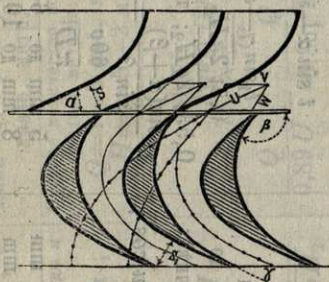


Фиг. 32.

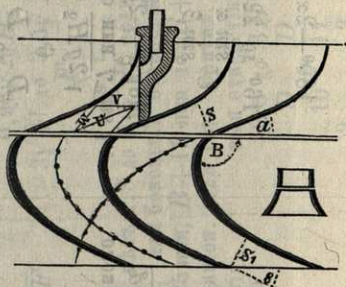
Если $F > 0,70 > 0,80$ кв. метр.	Если $0,70 > F > 0,15$ кв. метр.	Если $F < 0,15$ кв. метр.
Большое количество воды и малое падение: $Q = 5-12$ куб. м.; $H = 0,5-2$ м.	Среднее количество воды и среднее падение: $Q = 1-5$ куб. м.; $H = 0,5-2$ м.	Малое количество воды и большое падение: $Q < 1$ куб. м.; $H = 8-14$ м.
N_e	N_e	N_e
F	F	F
U	U	U
D	D	D
B	B	B
B_1	B_1	B_1
B_2	B_2	B_2
d_1	d_1	d_1
d	d	d

Угол направляющих съ плоскостью колеса	α	240 до 300	180 до 240	150 до 180
Угол лопаток турбины съ вертикальною плоскостью	β	1800—2α	1800—2α	180°—2α
Угол лопаток турбины съ вертикальною плоскостью колеса	γ	220 до 280	160 до 220	130 до 160
Относительная скорость входа воды въ турбин. колесо (въ ш въ сек.)	u	$U \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$	$U \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$	$U \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$
Изъ турбин. колеса (въ ш въ сек.)	u_1	$0,96\sqrt{u^2+2gd_1}$ $u_1 \sin \gamma$ или около	$0,96\sqrt{u^2+2gd_1}$ $u_1 \sin \gamma$ или около	$0,96\sqrt{u^2+2gd_1}$ $u_1 \sin \gamma$ или около
Абсолютная скорость выхода воды изъ турбинного колеса (въ ш въ сек.)	w	$\frac{1}{\sqrt{2gH_2}}$ $\frac{D}{20}$ до $\frac{D}{22}$	$\frac{1}{\sqrt{2gH_2}}$ $\frac{D}{18}$ до $\frac{D}{20}$	$\frac{1}{\sqrt{2gN_2}}$ $\frac{D}{15}$ до $\frac{D}{18}$
Шаг лопатокъ для обихихъ колесъ	$t=t_1$	$t \sin \alpha - \epsilon$	$t \sin \alpha - \epsilon$	$t \sin \alpha - \epsilon$
Нормальная ширина направл. канавъ въ мѣсть выхода	s	$t_1 \sin \gamma - \epsilon_1$	$t_1 \sin \gamma - \epsilon_1$	$t_1 \sin \beta - \epsilon_1$
Нормальная ширина канавовъ турбины	s_1	$0,54\sqrt{2gH_2}$ до $0,6\sqrt{2gH_2}$; точнѣе: $U \frac{\sin(\alpha+\beta)}{\sin \beta} = u_1 \cos \gamma$	$0,5\sqrt{2gH_2}$ до $0,53\sqrt{2gH_2}$; точнѣе: $U \frac{\sin(\alpha+\beta)}{\sin \beta} = u_1 \cos \gamma$	$0,47\sqrt{2gH_2}$ до $0,50\sqrt{2gH_2}$ точнѣе: $U \frac{\sin(\alpha+\beta)}{\sin \beta} = u_1 \cos \gamma$
Наивыгоднѣйшая скорость на средней окружности колеса (ш въ сек.)	v	$\frac{60v}{\pi D}$	$\frac{60v}{\pi D}$	$\frac{60v}{\pi D}$
Наивыгоднѣйшее число оборотовъ въ минуту	n	7 мм до 8 мм	5 мм до 6 мм	3,5 мм до 5 мм
Толщина направл. лопатокъ, желѣз. турбинныхъ лопат., чугуна	ϵ	10 мм до 13 мм	8 мм до 10 мм	6 мм до 8 мм

называемыя предѣльныя турбины, т. е. турбины, въ которыхъ абсолютная скорость истеченія U изъ направляющихъ каналовъ соотвѣтствуетъ всей располагаемой высотѣ давленія, но въ которыхъ каналы колеса еще вполне заполнены водою. Дабы вода вполне и въ каждомъ мѣстѣ наполняла каналы колеса, Генель и Риттингеръ устроили такъ называемыя обратныя лопатки, (фиг. 33), которыя дѣлаются изъ чугуна или также изъ листового желѣза. Смотри по той мѣрѣ, въ какой сѣченіе колеса расширяется внизъ, обратныя лопатки получаютъ болѣе или менѣе сильную выпуклость. Однако же необходимо, чтобы вода заполняла поперечное сѣченіе каналовъ колеса во время всего ея пути чрезъ колесо; но достаточно, если это будетъ только въ мѣстѣ выхода воды. Тогда получаютъ лопатки по (фиг. 34). Въ предѣльныхъ тур-



Фиг. 33.



Фиг. 34.

бинахъ, всегда имѣется на 3—5% большая потеря работы чѣмъ въ турбинахъ съ свободною струею.

Таблица на стр. 46—47 содержитъ (по Meissner'у) практическія правила построенія полныхъ турбинъ Жирара.

Если при большомъ паденіи (8—200 метровъ) и маломъ количествѣ воды (0,0005—1 куб. метръ) діаметръ турбины выходитъ слишкомъ малъ, а число оборотовъ слишкомъ велико (наибольшее 350—400 оборотовъ въ 1 минуту), то устраивается парціальная турбина, т. е. вода подводится не на всей окружности турбины, но только въ одной или двухъ, противоположно лежащихъ, частяхъ окружности. Парціальныя турбины исполняются какъ осевыя, такъ и радіальныя съ вертикальнымъ и горизонтальнымъ валомъ. Приводимъ слѣдующія практическія правила для построенія парціальныхъ турбинъ Жирара:

Коеффиціентъ полезнаго дѣйствія $\eta=0,7$. Дѣйствительная (эффективная) работа $N_e = 0,7 \frac{1000 QH}{75}$. Сумма всѣхъ площадей отверстій въ направляющемъ колесѣ

$$F = \frac{Q}{0,89 U} = \frac{Q}{0,85 \sqrt{2gH_2}}$$

Абсолютная скорость выхода воды из направляющего колеса (въ метрахъ въ секунду) $U=0,96\sqrt{2gH_2}$

$H=8$ до 12 м, $D=7\sqrt{F}$ до $8\sqrt{F}$	Радіальная ширина B направляющихъ каналовъ въ метр.	$B=\frac{D}{15}$ до $\frac{D}{20}$
$H=12$ до 25 м, $D=8\sqrt{F}$ до $12\sqrt{F}$		$B=\frac{D}{18}$ до $\frac{D}{22}$
$H=25$ до 60 м, $D=12\sqrt{F}$ до $18\sqrt{F}$		$B=\frac{D}{22}$ до $\frac{D}{25}$
$H=60$ до 100 м, $D=18\sqrt{F}$ до $20\sqrt{F}$		$B=\frac{D}{25}$ до $\frac{D}{30}$
$H=100$ до 200 м, $D=20\sqrt{F}$ до $25\sqrt{F}$		$B=\frac{D}{30}$ до $\frac{D}{40}$

Радіальная ширина каналовъ турбиннаго колеса при входѣ $B_1=1,5B$ до $1,8B$. Радіальная ширина каналовъ турбиннаго колеса при выходѣ $B_2=3,5$ до $4B$. Высота турбиннаго колеса

$d=\frac{D}{8}$ до $\frac{D}{12}$. Высота направляющаго колеса $d=\frac{2}{3}d_1$. Уголъ

направляющихъ лопатокъ съ нижнею плоскостью колеса $\beta=130^\circ$ до 200° . Уголъ лопатокъ турбины съ верхнею плоскостью колеса $\beta=180^\circ-2\alpha$. Уголъ лопатокъ турбины съ нижнею плоскостью колеса $\gamma=120^\circ$ до 180° . Относительная скорость

тока воды въ турбинное колесо (въ м. въ секунду) $u=U\frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$

Относительная скорость выхода воды изъ турбиннаго колеса

(въ м. въ сек.) $u_1=0,96\sqrt{u^2+2gd_1}$. Абсолютная скорость выхода воды изъ турбиннаго колеса (въ м. въ сек.) $w=u_1 \sin \gamma$

и около $\frac{\sqrt{2gH_2}}{6}$. Шагъ (величина дѣленія) для направляю-

го и турбиннаго колесъ $t=t_1=35$ до 60 мм. Нормальная ширина направляющихъ каналовъ при выходѣ $s=t \sin \alpha-\epsilon$.

Нормальная ширина турбинныхъ каналовъ при выходѣ воды $s_1 \sin \gamma-\epsilon$. Наивыгоднѣйшая скорость на средней окружности колеса (въ м. въ сек.) $v=0,42\sqrt{2gH_2}$ до $0,47\sqrt{2gH_2}$ или

иначе: $U\frac{\sin(\alpha+\beta)}{\sin \beta}=u_1 \cos \gamma$. Наивыгоднѣйшее число оборо-

товъ въ минуту $n=\frac{60v}{\pi D}$. Толщина направляющихъ лопатокъ

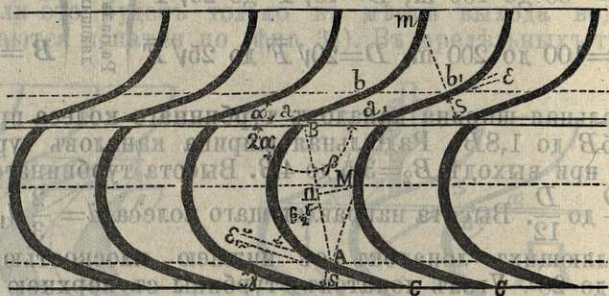
(въ мм.) $\epsilon=2$ до 4 мм. Толщина турбинныхъ лопатокъ (въ мм.) $\epsilon_1=2$ до 5 мм.

Построеніе лопатокъ. При построеніи лопатокъ турбинъ надо обращать вниманіе на то, чтобъ избѣжать всякое сильное (рѣзкое) искривленіе каналовъ, такъ какъ вода (безъ всякой рѣзки) скользитъ свободною струею вдоль по вогнутымъ плоскостямъ лопатокъ и оставляетъ турбинное колесо съ относи-

тельною скоростію, которая разнится весьма немного от относительной скорости входа.

Направляющие и турбинные каналы дѣлаются въ нижних частях совершенно параллельные, такъ что нормальное состояніе параллелей равно нормальной ширинѣ выхода. Построеніе лопатокъ дѣлается въ турбинахъ Жирара исключительно посредствомъ дугъ круга, а именно:

Откладываемъ дѣленіе направляющаго колеса $t = \frac{D\pi}{i} =$ на нижней плоскости направляющаго колеса (фиг. 35)



Фиг. 35.

проводимъ нижнія части лопатокъ ab и a_1b_1 прямолинейно подѣ угломъ α . Въ a_1 проведемъ къ a_1b_1 перпендикуляръ $a_1b = s + \epsilon$; линия, проведенная чрезъ b параллельно къ плоскости направляющаго колеса, отсѣкаетъ высоту колеса прямолинейными, параллельными частями лопатокъ. Центр кривизны для кривой части лопатокъ есть точка пересѣченія верхней плоскости направляющаго колеса съ продолженіемъ a_1b .

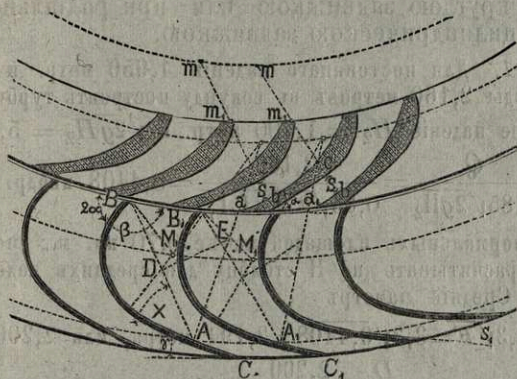
Для построения лопатокъ двигающагося колеса наносимъ дѣленіе этого колеса $t_1 = \frac{D\pi}{i} = CC_1$ по нижней его плоскости и вычерчиваемъ опять послѣдній элементъ лопатки прямолинейно подѣ угломъ γ , однако только до точки A . Слѣдующая часть лопатки AB должна пересѣкать верхнюю плоскость колеса подѣ угломъ β ; для этого продолжимъ CA и отложимъ отъ A уголъ $\hat{x} = \frac{\beta - \gamma}{2}$ вверхъ. Сторона этого угла пересѣкаетъ верхнюю плоскость колеса въ B . Тогда раздѣлимъ сторону AB пополамъ и на серединѣ ея возставимъ въ точкѣ n перпендикуляръ къ AB . Точка пересѣченія его съ перпендикулярномъ MA въ A къ CA есть центръ кривизны лопатки. Центры для другихъ лопатокъ лежатъ на прямой параллельной къ плоскости колеса, проходящей чрезъ M .

Это построение относится только къ среднему сѣченію турбиннаго вѣнца. Относительно построения для внутренней

Окружностей вѣнца все необходимое указано въ
опиcаніи о турбинахъ Жонваля.

Построение лопаток парциальных турбин при осевом введении воды остается тоже самое, что для полных турбин. Если же вода в парциальной турбине подводится радиально, то построение лопаток делается такъ:

Прежде всего откладываемъ на вѣншей окружности направляющаго колеса (фиг. 36) дѣленіе $t = \frac{D\pi}{i} = aa_1$ и проводимъ



Фиг. 36.

ружнныя части лопатокъ ab и a_1b_1 прямолинейно подъ угломъ къ касательнымъ въ точкахъ a и a_1 . Въ b и b_1 возстановимъ перпендикуляры къ ab и a_1b_1 , на которыхъ откладываемъ нормальную ширину выхода s , дабы получить нормальную ширину каналовъ. Центры кривизны m и m_1 беремъ тогда въ глазъ на нормальяхъ bm и b_1m_1 , обращая вниманіе на то, чтобы направляющіе каналы изнутри кнаружи суживались равномерно постепенно, плавно.

Лопатки двигающагося колеса строятся такъ: На окружно-
го опять откладываемъ дѣленіе $t_1 = \frac{D_1 \pi}{i} = CC_1$ и послѣд-

элементы лопаток проводимъ прямолинейно подъ угломъ α къ касательнымъ въ точкахъ C и C_1 до точекъ A и A_1 . Сюда лопатки искривляются; откладываемъ на CA въ A

ль $x = \text{около } \frac{\beta - 2\gamma}{2}$ вверхъ, такъ что верхняя сторона
 этого угла пересѣчетъ внутреннюю окружность двигающагося
 колеса въ B . Эту сторону AB раздѣлимъ въ D по перпендику-
 ляръ въ D продолжимъ до пересѣченія въ E съ
 нормалью къ AC въ A . Теперь отложимъ часть AE отъ E
 вверхъ; получимъ тогда центръ кривизны для нижней слабо
 изогнутой части лопатки. Тогда соединимъ эту точку съ D ,
 въ точкѣ пересѣченія M_1 этой линіи съ нормалью къ ка-
 телъной въ B подъ угломъ β будетъ центръ кривизны для

верхней части лопатки. Для прочих лопаток центры кривизны лежат на кругах проходящих чрез выше найденныя точки.

Регулирование турбин Жиара дѣлается весьма различно. Въ полныхъ турбинахъ употребляютъ либо вертикальныя задвижки, какъ уже было сказано въ главѣ о турбинахъ Журавля, или простой вертикальный шить или горизонтальный круглый шить. Иногда употребляютъ клапаны или гуттаперчевый шить Фонтеня. Парціальныя турбины обыкновенно регулируются круглою задвижкою или при радіальномъ паденіи воды цилиндрическою задвижкою.

Примѣръ 1. Для постоянного паденія 1,950 метр. и постоянного количества воды 2,160 метровъ въ секунду построить турбину Жиара. Дѣйствительное паденіе $H_2 = 1,700$ метр. и $\sqrt{2gH_2} = 5,775$ метр.

$$F = \frac{Q}{0,85\sqrt{2gH_2}} = \frac{2,160}{0,85\sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 1,7}} = 0,4408 \text{ кв. метр.}$$

Сумма F нормальныхъ площадей менѣе 0,70 кв. м.; поэтому турбину нужно рассчитывать по II столбцу для среднихъ паденія и количества воды. Средній діаметръ

$$D = 3,3\sqrt{F} = 3,3\sqrt{0,4408} = 2,194 \text{ метра, или } 2,200 \text{ м.}$$

Дѣленіе лопатокъ $t = \frac{D}{20} = \frac{2,200}{20} = 0,110$ метр. Средняя окружность

$3,1416 \times 2,200 = 6,911$ м. и потому число лопатокъ направл. и турбиннаго колесъ равно $\frac{6911}{110} = 62$; для круглоты примемъ 60. Дѣйствительно шагъ лопатокъ

$$t = \frac{6911}{60} = 115,2 \text{ мм.}$$

Уголъ α получаетъ среднюю величину 22° ; желѣзныя лопатки на колеса толщину 6 мм. и отсюда нормальная ширина направляющихъ каналовъ

$$s = t \sin \alpha = \text{толщина лопатки} = 115,2 \sin 22^\circ - 6 = 37,3 \text{ мм. или } s = 38 \text{ мм.}$$

Замѣтимъ кстати, что это есть уже полная ширина направляющихъ каналовъ въ которой уже принято во вниманіе суженіе отъ движущихся турбинныхъ лопатокъ.

Теперь радіальная ширина направляющихъ каналовъ

$$B = \frac{F}{s \times \text{число лопатокъ}} = \frac{0,4408}{0,0038 \times 60} = 0,1933 \text{ мм.}$$

Уголъ β будетъ: $\beta = 180^\circ - 2\alpha = 180^\circ - 2 \times 22^\circ = 180^\circ - 44^\circ = 136^\circ$

Уголъ γ будетъ $= 22^\circ$.

Число лопатокъ въ турбинномъ колесѣ равно числу направляющихъ слѣд. $= 60$.

Нормальная ширина s , каналовъ турбины при выходѣ опредѣляется изъ $s_1 = t \sin \gamma$ — толщина лопатки, или при 8 мм. толщины чугуныя

опатокъ, $s_1 = 115,2 \times 0,3746 - 8 = 35$ мм. Высота колесъ: тур-
биннаго $d_1 = \frac{D}{11} = \frac{2200}{11} = 200$ мм. и направляющаго $d = \frac{3}{4} d_1 =$
 $\frac{3}{4} \times 200 = 150$ мм. Верхняя радиальная ширина каналовъ турбины

будетъ зависеть отъ того—будетъ воздухъ подводиться чрезъ боковыя
отверстия или сверху; въ первомъ случаѣ $B_1 = B + 15$ мм. $= 193 + 15$
 $= 208$ мм., во второмъ же $B_1 = 1,4B = 1,4 \times 193 = 270$ мм. Нижняя
ширина каналовъ колеса $B_2 = 2,7B = 2,7 \times 193 = 521$ мм или 520 мм.

Чтобы быть вполне увѣреннымъ, что сѣченіе каналовъ турбины въ
мѣстѣ выхода воды имѣемъ необходимую величину, нужно вычислить
относительную скорость выхода u_1 изъ турбиннаго колеса. Такъ какъ

$$\beta = 180^\circ - 2\alpha, \text{ то } u_1 = 0,96 \sqrt{\left(U \frac{\sin \alpha}{\sin 2\alpha} \right)^2 + 2gd_1} =$$

$$= 0,96 \sqrt{\left(0,96 \sqrt{2gH_2} \frac{\sin 22^\circ}{\sin 44^\circ} \right)^2 + 2g \times 0,200} = 3,58 \text{ м.}$$

Сумма отверстій истеченій изъ турбиннаго колеса

$$F_1 = 0,035 \times 0,520 \times 60 = 1,092 \text{ квадрат. метр.}$$

Сумма поперечныхъ сѣченій водяныхъ струй при выходѣ изъ тур-
биннаго колеса

$$Q : u_1 = 2,160 : 3,58 = 0,6033 \text{ квадрат. метр.}$$

Отсюда толщина одной водяной струи $= 0,6033 : 60 \times 0,520 = 0,0193$ м.
 $= 19\frac{1}{2}$ мм.

Такъ какъ нормальная ширина $s_1 = 35$ мм., то между водяною струею
и лопаткою остается пространство $35 - 19\frac{1}{2} = 15\frac{1}{2}$ мм., такъ что
принципъ свободной струи сохраненъ вполне достаточно. Уголъ
 $= 180^\circ - 2 \times 22^\circ = 36^\circ$. Для входа безъ удара скорость на окружно-

$$v = U \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = 0,96 \times 5,775 \frac{\sin 22^\circ}{\sin 36^\circ} = 5,544 \frac{0,3746}{0,6947} = 2,987 \text{ мм.}$$

Если теперь конструкція турбины вполне правильна, то абсолютная
скорость w должна быть направлена вертикально къ нижней плоскости
колеса. Это будетъ тогда, если $u_1 \cos \gamma$ равно выше найденной скорости
окружности $v = 2,987$ м.; теперь $u_1 \cos \gamma = 3,58 \cos 22^\circ = 3,58 \times 0,927$
 $= 3,318$ м. Слѣд. эта послѣдняя величина слишкомъ велика и чрезъ
устройство можно видѣть, что при найденной скорости v абсолютная
скорость w будетъ уклоняться отъ вертикальной линіи почти на 2° .
Эта разность невелика и происходящая отсюда потеря работы будетъ
необычайно мала, если мы за дѣйствительную скорость окружности
примемъ среднее изъ наивыгоднѣйшихъ скоростей въ верхней и въ
нижней плоскостяхъ колеса

$$v = \frac{2,987 + 3,318}{2} = 3,152 \text{ м.} = 0,554 \sqrt{2gH}.$$

Чрезъ это увеличеніе скорости на окружности v относительная ско-
рость входа нѣсколько уменьшится, такъ что и разность выйдетъ мень-
ше, т. е. отчасти исправится.

Но хотя бы турбина съ этою среднею скоростью окружности 3,152 и соответствовала вполне всѣмъ требованіямъ, мы хотимъ здѣсь да примѣръ совершенно правильной конструкции безъ всякой разности. эту дѣлю примемъ на пробу уголъ β нѣсколько меньше, именъ $\beta = 34^\circ$ и повторимъ вычисленіе размѣровъ. Относительная скорост

$$\text{входа } u = U \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = 0,96 \times \sqrt{2gH} \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = 0,96 \times 5,775 \frac{0,3746}{0,793} = 2,887$$

$$\text{и относительная скорость выхода изъ турбиннаго колеса } u_1 = 0,96 \sqrt{n_2 + 2g} = 0,96 \sqrt{2,887_2 + 19,6} \times 0,200 = 0,96 \times \sqrt{12,25} = 3,360 \text{ м.}$$

$$\text{входа безъ удара скорость на окружности } v = U \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = 5,544 \frac{\sin 24^\circ}{\sin 34^\circ}$$

$$5,544 \frac{0,4067}{0,793} = 3,134 \text{ м. Напротивъ } u_1 \cos \gamma = 3,360 \times 0,927 = 3,114$$

Обѣ величины $U \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma}$ и $u_1 \cos \gamma$ совпадаютъ теперь столь хорошо одъ съ другой, что построеніе можно назвать совершеннымъ.

Уголъ β слѣдовало бы еще взять на нѣсколько минутъ больше; такъ какъ при отливкѣ турбинныя лопатки уклоняются съ указанна положенія иногда на нѣсколько градусовъ, то смѣло можно довольствоваться и этимъ приближеніемъ. Вслѣдствіе измѣненной величины промежутки между струями и лопатками выйдутъ теперь нѣсколько меньше, чѣмъ раньше было найдено. Абсолютная скорость вых

$$w = u_1 \sin \gamma = 3,360 \times \sin 22^\circ = 3,36 \times 0,3746 = 1,258 \text{ м.; } \frac{1,258}{U}$$

$$= \frac{1,258}{5,544} = \frac{1}{4,4}. \text{ Потеря работы отъ абсолютной скорости } w = \left(\frac{1}{4,4} \right)^2$$

$$= \frac{1}{19,36} \text{ или почти } 5\% \text{ всей механической работы воды при}$$

входѣ въ турбинное колесо.

2. *Примѣръ.* Для постояннаго паденія и переменнаго количес воды построить турбину Жирара. $H=11$ м. и $Q=160$ до 1475 ли въ секунду; N_e по $75\% = 162$ лш.

$$a) \text{ Примемъ } H_1 = 100 \text{ мм. и } d_1 = 150 \text{ мм. то } H_2 = H - (150 + 10) = 10,75 \text{ м.}$$

$$b) \sqrt{2gH_2} = \sqrt{19,6 + 10,75} = 14,55 \text{ м и } H = 0,96 \sqrt{2gH_2} = 13,96 \text{ м.}$$

$$c) F = \frac{Q}{0,85 \sqrt{2gH_2}} = \frac{1,475}{13,96} = 0,1197 \text{ кв. м. М. к.}$$

$$E < 0,15 \text{ кв. м., то расчетъ по III столбю.}$$

$$d) D = 3,5 \sqrt{F} = 3,5 \sqrt{0,1197} = 1,215 \text{ м.; примемъ } D = 1250 \text{ мм.}$$

е) Беремъ $\alpha=160$; $\beta=180-2\alpha=148$; примемъ $\beta=149$.

ф) Вода несетъ много сору и потому заказчикъ требуетъ не очень узкіе каналы. Беремъ $t = \frac{1250}{12,5} = 100 \text{ mm}$; $i = \frac{\pi \cdot 1250}{100} =$

$$= 39,27 \text{ или } 40 \text{ и } t = \frac{3927}{40} = 98,2 \text{ mm.}$$

г) $E = 5 \text{ mm.}$ для желѣза.

h) $s \sin x - E = 98,2 + 0,2756 - 5 = 221\frac{1}{2} \text{ mm.}$

i) $B = \frac{F}{s+i} = \frac{0,1197}{0,0225+40} = 0,1330 \text{ mm.}$

k) $d_1 = D: 9 = 1250: 9 = 140 \text{ mm.}$; беремъ $d_1 = 150 \text{ mm.}$

l) $d = \frac{2}{3} d_1 = \frac{2}{3} + 150 = 100 \text{ mm.}$ Такъ какъ здѣсь направляющее колесо д. б. снабжено регулируемыми задвижками, которые и въ самомъ верхнемъ положеніи должны еще имѣть хорошее направленіе, то продолжаемъ лопатки вверхъ на прямую часть въ 25 mm. и $d = 125 \text{ mm.}$

m) Заказчикъ во избѣжаніе засоренія колеса желалъ, чтобы турбинные каналы были не уже, но нѣсколько шире направл. каналовъ; по этому беремъ $\gamma = 200$.

n) $r_1 = 8 \text{ mm.}$ для чугунныхъ лопатокъ турбины.

o) $s_1 = t \sin \gamma - E_1 = 98,2 + 0,342 - 8 = 25\frac{1}{2} \text{ mm.}$

p) Уголъ $c = 180 - (\alpha + \beta) = 180 - (16 + 149) = 15$ и $v =$

$$= H \frac{\sin c}{\sin \beta} = 13,96 \frac{0,2588}{0,515} = 7,015.$$

q) $n = \frac{60v}{D\pi} = \frac{60+7,015}{3927} = 107 \text{ въ минуту.}$

r) $u = H \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = 13,96 \frac{0,2756}{0,515} = 7,45 \text{ m.}$

s) Пренебрегая ускореніемъ воды въ турбинѣ, $U_1 = 0,96 + 7,45 = 7,17 \text{ m.}$

t) Вентиляція сверху, а не чрезъ боковыя отверстія.

u) $B_1 = 1,5 \text{ } B = 1,5 + 133 = 199,5 \text{ mm}$ или 200 mm.

v) $B_2 = 3 \text{ } B = 3 + 133 = 399$ или 400 mm.

w) Толщина водяной струи при выходѣ $= \frac{Q}{u_1 + i_1 B_2} =$

$$= \frac{1,475}{7,17 \cdot 40 \cdot 0,480} = 0,0128 \text{ m.}$$

Слѣд. вода наполняетъ каналы только до половины. Считается достаточнымъ, если свободный промежутокъ $= \frac{1}{3}$ до $\frac{1}{2} s_1$ при большихъ паденіяхъ и $= \frac{1}{5}$ до

$\frac{1}{3} s_1$ при малыхъ.

$$x) v = u_1 \cos \gamma = 7,17 + 0,939 = 6,732 \text{ м.}, \text{ что дов. согл. съ } 7,015$$

$$z) w = n_1 \sin \gamma = 7,17 \times 0,342 = 2,452 \text{ м.}; \frac{2,452}{14,55} = \frac{2}{5,9} \text{ или } \frac{1}{3}$$

отъ $\sqrt{2gH_2}$; потеря 30%. Вслѣдствіе боковаго расширенія коле-
большая часть водяныхъ струй выходятъ изъ турбины въ косомъ на-
правленіи; поэтому w будетъ немного больше, такъ что дѣйств. по-
теря при выходѣ 4,5 до 50%. Полезное дѣйствіе $\eta = 75$ до 78%.
Мы вообще подъ паденіемъ подразумѣваемъ дѣйствительную разность
обоихъ уровней воды.

3. *Примѣръ.* Предѣльная турбина. $H=0,900$ до $1,200$ м. при по-
стоянномъ верхнемъ уровнѣ воды и $Q=2500$ литр.; построить во-
можно дешевую турбину. Условія таковы, что при высокомъ паденіи
 $1,2$ м имѣющееся наименьшее количество воды 2500 литр. нужно ути-
лизировать какъ можно лучше. При среднемъ и высокомъ стояніи воды
когда паденіе мало, турбина можетъ расходовать воды сколько угодно
чтобъ во всякое время давать равную движущую силу.

а) Турбину нужно установить такъ, чтобъ при низкой водѣ турби-
ное колесо еще было надъ водою, при чемъ она будетъ работать
какъ парціальная съ свободною (но оформленною) струею и въ
этомъ случаѣ должна давать 73 до 75%.

б) Примемъ, что при $H=1,2$ м. $H_1=70$ мм. и что при $H=0,9$ м.
турбина на $300-70=230$ мм погрузится въ подируванную воду,
что тогда $\eta=65\%$. При $H=1,2$ м и $Q=2500$ литр. при

$$\eta=75\%, N_e = \frac{2500 \cdot 1,2}{100} = 30 \text{ лш.}$$

Чтобъ развить эту силу при $H=0,9$ м и при $\eta=65\%$ нужно израсходовать воды
 $\frac{75}{65} \cdot \frac{1,2}{0,9} \cdot 2500 = 3850$ литровъ въ секунду.

в) При $d_1=180$ мм и подирудѣ 230 мм. паденіе $H_2=H=$
 $=0,90$ м; $\sqrt{2gH}=4,202$.

$$d) U = 0,95 \sqrt{2gH} = 0,95 \times 4,202 = 3,992 \text{ м.}$$

$$e) F = \frac{Q}{0,85 \sqrt{2gH}} = \frac{3,850}{0,85 \cdot 4,202} = 1,080 \text{ кв. м.}$$

ф) $D = 1,8 \sqrt{F} = 1,8 \sqrt{1,08} = 1,875$ м; ради дешевизны
берется меньше обыкновеннаго.

г) Чтобъ не дѣлать обратныя лопатки и въ виду большаго Q нуж-
но брать α больше и β меньше чѣмъ обыкновенно, но чтобъ $2\alpha +$
 $\beta = 180$. Примемъ $\alpha=45^\circ$ и $\beta=180-2\alpha=180-90=90^\circ$.

h) Направ. колесо получаетъ чугунныя лопатки 9 мм. толщиною
при выходѣ.

$$i) t = \frac{D}{15} = \frac{1875}{15} = 125 \text{ мм}; i = \frac{3,14 \cdot 1875}{125} = 47. \text{ Беремъ до } 3$$

шевизны ради 44 лопатки и $t = \frac{5890}{44} = 134 \text{ mm.}$

$$k) s - t \sin \alpha - \epsilon = 134.0,707 - 9 = 85,7 \text{ mm. или } 86 \text{ mm.}$$

$$l) B = \frac{F}{s+i} = \frac{1,08}{0,086+44} = 0,2857 \text{ m, или } 286 \text{ mm.}$$

$$m) d_1 = \frac{D}{10} = \frac{1875}{10} = 187,5 \text{ mm. или } d_1 = 180 \text{ mm.; } d_1 = \frac{2}{3} d_1 = 120 \text{ mm.}$$

$$n) u = U \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = 3,992 \frac{\sin 45}{\sin 90} = 3,992 \frac{0,707}{1} = 2,822 \text{ m.}$$

$$o) u_1 = 0,96 \sqrt{u^2 + 2gd_1} = 0,97 \sqrt{2,822^2 + 19,6 \times 0,180} = 3,249 \text{ mm.}$$

p) Вода должна выполнять каналы или протекать оформленную струею; дадим колесу двойное расширение $B_2 = 2B = 2 + 286 = 572$

$$\text{mm и } s_1 = \frac{Q}{B^2 + H_1 + i_1} = \frac{3,850}{0,572 \times 3,25 \times 44} = 0,047 \text{ m.}$$

$$q) t \sin \gamma = \text{толщина лопатки} + s_1 \text{ и } \sin \gamma = \frac{s_1 + E_1}{t} = \frac{47 + 11}{134}$$

$= 0,4328$ и $\gamma = 25\frac{1}{2}^\circ$. Толщина ϵ_1 принята 11 mm. вследствие большой ширины B_2 колеса.

$$r) v = U \frac{\sin c}{\sin \beta} = 3,992 \frac{\sin 45}{\sin 90^\circ} = 3,992 \times 0,707 = 2,822 \text{ m.}$$

$= 0,671 \sqrt{2gH}$ вверху; $a = u_1 \cos \gamma = 3,249 \cos 25\frac{1}{2}^\circ = 2,930 \text{ m}$ или $= 0,697 \sqrt{2gH}$ внизу; объё величины довольно близки, так что расчет ввернь и

$$v = \frac{2,822 + 2,930}{2} = 2,876 \text{ m} = 0,684 \sqrt{2gH}.$$

$$s) w = u_1 \sin \gamma = 3,249 \sin 25\frac{1}{2}^\circ = 3,249 + 0,4305 = 1,397 \text{ m} = 0,332 \sqrt{2gH}.$$

t) Потеря работы $= 0,332^2 = 0,1102$; эта величина еще увеличится отъ увеличения w вследствие расширения вниз и косаго выхода воды въ объё стороны до 130° .

u) Сумму всехъ потерь падения отъ удара ребрами лопатокъ и трения въ каналахъ примемъ около 100° . Потеря отъ трения въ шипахъ около 30° . Полная потеря работы:

$$\left. \begin{array}{l} 1) \text{ отъ гидравлическихъ сопротивлений } 100^\circ \\ 2) \text{ , трения шиповъ } 30^\circ \\ 3) \text{ , скорости } w 130^\circ \end{array} \right\} 260^\circ$$

такъ что турбина, въ подпрудной водѣ работая, можетъ дать 740° . Однако при этомъ предположено, что чугунныя лопатки отлиты возможно чисто и что верхнія ребра лопатокъ обоихъ колесъ хорошо заострены по направленію относительной скорости входа (ребра $2\frac{1}{2}$ до 3 mm. шириною); если же эта предосторожность упущена изъ виду, то

вѣдѣствіе большой относительной скорости и удары въ ребра и гидравлическія сопротивленія протеканію будутъ очень велики. Черезъ затопленіе турбиннаго колеса подпрудною водою полезное дѣйствіе турбины сильно понижается, до 68 и 700/0. Для надежности мы приняли при вычисленіи только 650/0 и опыты съ нажимомъ это оправдываютъ.

4. *Примѣръ.* Парціальная турбина. Полное паденіе 150 м и количество воды 250 литровъ въ секунду; построить парціальную турбину. Силой воды нужно воспользоваться какъ можно лучше. Мѣстныя условія обуславливаютъ турбину съ вертикальнымъ валомъ. Вода берется изъ резервуара; изъ него же она подводится еще къ двумъ другимъ двигателямъ. Труба въ 600 мм, подводящая воду, вблизи двигателей раздѣляется на отдѣльныя трубы въ 450 мм къ отдѣльнымъ турбинамъ. Полная длина трубъ около 1000 метр. (Этотъ примѣръ, какъ и всѣ остальные, взятъ съ натуры). Потерю паденія мы примемъ для надежности 10 м.

а) Полное паденіе 150 м. потеря 10 м. Дѣйствительное паденіе по манометру у впуска 140 м; $\sqrt{2gH} = \sqrt{19,6 \times 140} = 52,30$ м.

б) Дѣйств. скорость выхода изъ направляющих (10/0 потеря болѣе обыкновеннаго) $U = 0,95 \sqrt{2gH} = 49,68$ м.

в) $F = \frac{Q}{0,85 \sqrt{2gH}} = \frac{0,250}{0,85 + 52,3} = 0,00568$ квадр. метр. или кругло 57 кв. сантим.

д) Выбираемъ $D = 24 \sqrt{F} = 24 \sqrt{0,0057} = 1,824$ м. или кругло 1, 8 м.

е) Выбираемъ $\alpha = 21^\circ$. Уголъ $\beta = 180 - 2\alpha = 138^\circ$. При высокомъ паденіи беремъ $\beta = 142^\circ$.

ф) Шагъ для турбины примемъ около 55 мм; $\frac{3,14 \times 1,800}{55} =$

$\frac{5654}{55} = 103$ лопатки примемъ $i_1 = 100$ и шагъ $t = \frac{5654}{100} = 56,54$ мм.

Для направляющих примемъ шагъ побольше, 67 мм. Вода не чиста и нельзя дѣлать каналы очень узкіе во избѣжаніе быстрого засоренія.

г) Нормальная ширина направляющихъ каналовъ. Имѣемъ $s + \epsilon = t \sin \alpha = 67 \sin 21^\circ = 67 \times 0,3584 = 24$ мм.

Такъ какъ вода несетъ много песку, то при этомъ чугунныя и желѣзныя лопатки портятся весьма быстро и потому нужно дѣлать направ. аппаратъ изъ бронзы; беремъ толщину лопатки при выходѣ 8 мм. Тогда $s = 24 - 8 = 16$ мм.

Высоту каналовъ примемъ $B = \frac{D}{40} = \frac{1800}{40} = 45$ мм. или кругло

50 мм. Число каналовъ $i = \frac{F}{s \times B} = \frac{57}{1,6 \times 5} = 7,1$; беремъ

$i=7$ и действительная высота каналов окончательно будетъ

$$B = \frac{F}{s \cdot i} = \frac{57}{1,6 \times 7} = \frac{57}{11,2} = 50,88 \text{ или } 51 \text{ mm.}$$

h) Высота турбинного колеса $d_1 = \frac{D}{12} = \frac{1800}{12} = 150 \text{ mm.}$ Одна-

ко такъ какъ все турбинное колесо должно быть отлито изъ пу-
шечнаго металла (вслѣдствіе песку въ водѣ) то надо его размѣры
уменьшить; беремъ $d_1=120 \text{ mm.}$; а высоту $d=85 \text{ mm.}$

i) Уголь γ будетъ немного меньше α , беремъ $\gamma=191/2^\circ$.

j) Нормальная ширина каналовъ турбины изъ

$$s_1 + \varepsilon_1 = t \sin \gamma; s_1 = t \sin \gamma - \varepsilon_1; \text{ при } \varepsilon_1 = 7 \text{ mm.}$$

$$s_1 = 56,54 \times 0,3338 - 7 = 12 \text{ mm.}$$

k) Скорость на окружности: $v = U \frac{\sin c}{\sin \beta} = U \frac{\sin 170}{\sin 142^\circ} =$

$$= 49,68 \frac{0,2924}{0,6157} = 23,54 \text{ m.} = 0,45 \sqrt{2g H}.$$

l) Относит. скорость входа: $u = U \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = 49 \frac{0,3584}{0,6157} =$
 $= 28,91 \text{ m. въ сек.}$

m) Относит. скорость выхода: $u_1 = 0,94 u = 0,94 \times 28,91 = 27,16 \text{ m.}$
въ сек. Эту меньшую величину $u_1=0,94$ и мы взяли вслѣдствіе
малой высоты колеса и происходящаго отсюда быстрого искри-
вленія лопатокъ.

n) Скорость окружности v для нижней плоскости колеса для осевой
 w будетъ $v = u_1 \cos \gamma = 27,16 \times 0,9426 = 25,60 = 0,49 \sqrt{2g H}$

Эта величина на 80% больше первой $v=0,45 \sqrt{2g H}$. Слѣд. надо
дать колесу либо среднюю скорость окружности $v = \frac{0,45 + 0,49}{2}$

$= 0,47 \sqrt{2g H}$ или, если желаемъ эту разность устранить,
нужно взять уголь β меньше напр. $\beta=140$ вмѣсто 142° и по-
вторить расчетъ турбины. Тогда v выйдетъ больше, а u и u_1 мень-
ше, при чемъ получится осевой выходъ воды при входѣ безъ
удара. Однако турбина будетъ работать вполне удовлетворительно
уже при данной выше средней скорости $v=0,47 \sqrt{2g H} = 24,57 \text{ m.}$

Число оборотовъ $n = \frac{60 \times 24,57}{5654} = 260 \text{ въ минуту.}$

o) Абсолютная скорость выхода $w = u_1 \sin \gamma = 27,16 \times 0,3338 =$
 $= 9,066 \text{ m.} = 0,173 \sqrt{2g H}.$

p) Потеря работы отъ w будетъ $0,173^2 = 0,0299$ или кругло 30%
абсолютной работы воды.

Дешевыя турбины для большихъ количествъ воды и малыхъ падений.

Данныя до сихъ поръ правила для построения турбинъ Жирара относятся къ нормальнымъ условіямъ, когда требуется наивыгоднѣйшее употребленіе водяной силы. Но при большомъ Q и маломъ h иногда желаютъ имѣть не наилучшій въ отношеніи полезной работы, но небольшой и дешевый двигатель, дающій все таки удовлетворительную работу; цѣль эта будетъ достигнута тогда, когда частямъ, отъ которыхъ существенно зависятъ издержки построенія, но которыя могутъ имѣть только малое вліяніе на работу, каковы діаметръ и ширина колеса, будутъ дѣлаться поменьше; напротивъ части, имѣющіе малое вліяніе на расходы, будутъ выполняться какъ можно лучше. Въ такихъ случаяхъ нужно брать уголъ β меньше, напротивъ α , γ и ν больше, при чемъ всегда $2\alpha + \beta = 180^\circ$. При выборѣ угловъ можно идти до предѣла $\alpha = \beta = 60^\circ$, когда скорости U , v и u образуютъ равносѣрный треугольникъ. (Такъ какъ въ этомъ крайнемъ случаѣ v почти равна $\sqrt{2gU}$, то такой двигатель назыв. турбиною съ большой скоростью). При этомъ діаметръ турбины получается меньше, а также валъ и передачи легче. Построенная такъ турбина дастъ на 8 до 10% менѣ полезной работы, чѣмъ безусловно наилучшая, но будетъ стоить на 40 или 50% дешевле этой послѣдней. Пояснимъ это примѣромъ.

5. *Примѣръ.* Лѣтомъ при высокой водѣ (4—5 мѣсяцевъ) $Q=1500$ до 1800 литровъ и больше, $U=1180$ мм. Зимой при низкой водѣ $Q=500$ литр. и $H=14800$ мм. Верхній уровень постоянный, нижній измѣняется. Турбина должна быть устроена для $Q=1500$ метр., при $H=1,100$, ибо каналъ и рѣшетка уменьшаютъ H нт. 80 мм. Водяная сила должна быть особенно тщательно употребляема зимою при низкой водѣ; но турбина должна быть дешева и такой величины, чтобы могла хорошо помѣщаться въ камерѣ 3 м. шириною. Скорость турбины должна быть велика.

а) Дешевизна и большая скорость, а также то, что турбина при маломъ паденіи (при высокой водѣ) должна работать въ подпрудѣ, что подпруда бываетъ и при среднемъ стояніи воды, указываютъ на то, что двигатель нужно строить при маломъ β ; но тщательное пользование воды при средней и малой водѣ не позволяетъ идти слишкомъ далеко при увеличеніи α и ν .

б) Величина $\sqrt{2gU} = \sqrt{19,6 \times 1,100} = 4,645$ м.

с) Сумма $F = \frac{Q}{0,85 \sqrt{2gU}} = \frac{1,500}{0,85 \times 4,645} = \frac{1,500}{3,944} = 0,3803$ кв. м.

д) Діаметръ $D = 2,5 \sqrt{F} = 2,5 \sqrt{0,3803} = 1,542$ м. или 1,500 м. = 2,

е) Примемъ $\alpha = 30^\circ$ и $\beta = 180 - 2\alpha = 120^\circ$.

ф) Шагъ $t = \frac{D}{16} = \frac{1500}{16} = 94$ мм.; $i = \frac{1500 \cdot 3,14}{94} =$ почти 50 воей

г) Направляющія лопатки желѣзныя въ 5 mm. толщиною, ϵ .

h) Высота направл. колеса примемъ побольше, 200 mm.

и) Нормальная ширина $s = t \sin \alpha - E = 94,24 \times 0,50 - 5 = 42,12$ mm.

к) Радиальная ширина $B = \frac{F}{s} = \frac{0,3800}{0,042 \times 50} = 0,181$ m.

л) U , u и u_1 . Такъ какъ турбина затоплена, то сопротивление выходу изъ направ. каналовъ нѣсколько увеличится; примемъ

$$U = 0,95 \sqrt{2gH} = 0,95 \times 4,645 = 4,410 \text{ m.}; u = U \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} =$$

$$= 4,41 \frac{0,50}{0,866} = 2,546 \text{ m.}; u_1 = 0,96 u = 0,96 \times 2,444 \text{ m.}$$

м) Турбина должна быть съ оформленною струею, безъ вентеляціи. Поэтому

$$B_1 = B + 10 \text{ m} = 181 + 10 = 191 \text{ или } 190 \text{ m.}; B_2 = 2,2 B = 398 \text{ или } 400 \text{ m.}$$

н) Нормальная ширина каналовъ колеса при выходѣ будетъ:

$$s_1 = \frac{Q}{u_1 \times i_1 \times B_2} = \frac{1500}{2,444 \times 50 \times 0,400} = 0,0301 \text{ или } 31 \text{ mm.}$$

о) Лопатки турбины (чугунныя) имѣютъ внизу толщину $\epsilon_1 = 8$ mm.

р) $\sin \gamma = \frac{s_1 + \epsilon_1}{t} = \frac{31 + 8}{94,24} = 0,413$; отсюда $\gamma = 24\frac{1}{2}^\circ$.

г) $w - u_1 \sin \gamma = 2,444 \times 0,414 = 1,012$ m. или $= 0,217 \sqrt{2gU}$.

р) Потеря работы отъ $w = 0,217^2 = 0,047$ или $4,7\%$.

с) Наивыгоднѣйшая скорость вращенія турбины: при маломъ паденіи 1,100 m.

$$v = U \frac{\sin c}{\sin \beta} = 4,41 \frac{\sin 30^\circ}{\sin 120} = 2,546 \text{ m. вверху}$$

$v = u_1 \cos \gamma = 2,44 \cdot \cos 24\frac{1}{2}^\circ = 2,221$ m. внизу при большемъ паденіи 1,400 m.

$$v = 0,96 \sqrt{19,6 \cdot 1,4} \frac{\sin 30}{\sin 120} = 2,632 \text{ m. вверху}$$

$$v = 0,96 \sqrt{u^2 + 2gd}, \cos \gamma = 2,8724 \text{ m. внизу.}$$

Мы видимъ, что при среднемъ паденіи v вверху и v внизу должны приближаться; въ самомъ дѣлѣ при $U = 1,250$ m. $U = 4,560$ и $u = 2,632$;

$$u_1 = 0,96 \sqrt{2,632^2 + 19,6 \cdot 0,100} = 2,980 \text{ m.}; v = U \frac{\sin c}{\sin \phi} = 2,632,$$

$$u_1 \cos \gamma = 2,700. \text{ Средняя скорость будетъ } v = \frac{2872 + 2221}{2} =$$

$$00 \text{ m.} = 2,546 \text{ m.}$$

Примѣчаніе. Расширеніе колеса внизъ есть существенный элементъ построенія турбины Жирара, хорошее дѣйствіе коей безъ расширенія невозможно; но оно не произвольно;

максимумъ выигрыша въ работѣ получается при $2\frac{1}{2}$ или 3-номъ расширеніи — дальше $3\frac{1}{2}$ идти не слѣдуетъ. Число каналовъ турбины ни въ какомъ случаѣ не слѣдуетъ дѣлать больше чѣмъ два для направляющихъ каналовъ. Для уменьшенія удара воды на лопатки наверху сколь возможно заострять въ направленіи относительной скорости входа; а чтобъ заостренные лопатки не ломались, то надо ставить предъ турбиною рѣшотки для удержанія крупныхъ предметовъ, кусковъ дерева, камней и пр. Хотя малая абсолютная скорость выхода есть неупустительное условіе хорошей работы, но этого одного еще не достаточно,—а нужно чтобъ ея малость достигалась единственно черезъ ея отклоненіе въ колесѣ, а не отъ вредныхъ сопротивленій; поэтому каналы должны быть по возможности гладкіе и плавно изогнутые и сѣченіе турбинныхъ каналовъ вездѣ больше сѣченія струи.

Детали турбинъ.

Направляющее и турбинное (двигающееся) колеса отливаются изъ чугуна, при очень маломъ діаметрѣ и при водѣ, несущей песокъ, изъ пушечнаго металла; лопатки турбиннаго колеса дѣлаютъ большею частію чугунныя, направляющія лопатки — желѣзныя.

Толщина стѣнокъ колесъ (фиг. 37) съ отливными чугунными лопатками опредѣляется по эмпирической формулѣ $\delta = 0,02R + 0,8 \text{ см}$; для колесъ съ желѣзными заливными или

приклепываемыми лопатками по $\delta = \frac{5}{4} (0,02R + 0,8 \text{ см})$. Для

ручекъ $\frac{b}{h} = \frac{1}{4}$. Въ малыхъ турбинныхъ колесахъ замѣняютъ

ручки сплошнымъ чугуннымъ дискомъ толщиной $= 2,0 \text{ см} + 0,008R$. Длина втулки l обыкновенно $= d_1$ высчитывается турбиннаго колеса или $= 1,25d - 1,5d$ (d — діаметръ вала).

толщина втулки $s = 0,1 \text{ см} + \frac{d}{3}$. Число ручекъ $J = 2 + \frac{R}{500}$; сѣче-

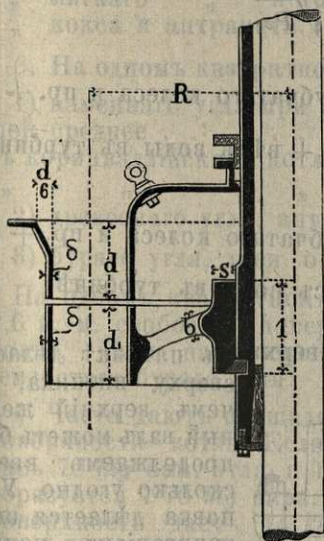
ніе ручки (ширина b , толщина h) по $\frac{bh^2}{6} \cdot s = \frac{3}{4} \times \frac{1}{J} \times 716200 \frac{N}{n}$

гдѣ s допускаемое напряженіе на кв. мм. $= 3-4 \text{ klg}$. Валы турбины въ настоящее время дѣлаютъ большею частію полныя чугунныя; онѣ обнимаютъ желѣзную стойку, на верхній конецъ которой валъ опирается посредствомъ висячаго подшипника Фонтеля. Толщина вала (сплошнаго круглаго сѣченія)

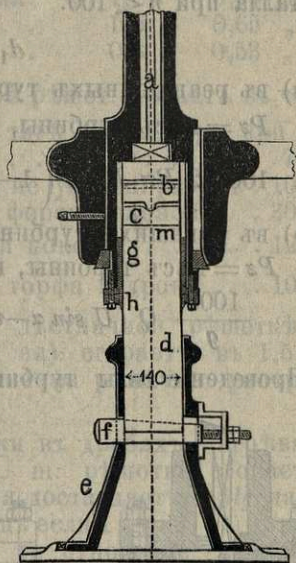
$d = 13,5 \sqrt[3]{\frac{N}{n}}$ для желѣза и $d = 17 \sqrt[3]{\frac{N}{n}}$ для чугуна. Горизон-

тальные валы рассчитываются на скручиваніе и на изломъ.

Пятники для турбин дѣлаются нижніе и верхніе. Пятники
овизу (фиг. 38) употребляются только въ такихъ случаяхъ,
когда употребленіе верхняго надводнаго пятника представляетъ
ишкомъ большія трудности; они неудобны въ отношеніи
хода и осмотра. Нижніе пятники (фиг. 38) годятся преи-



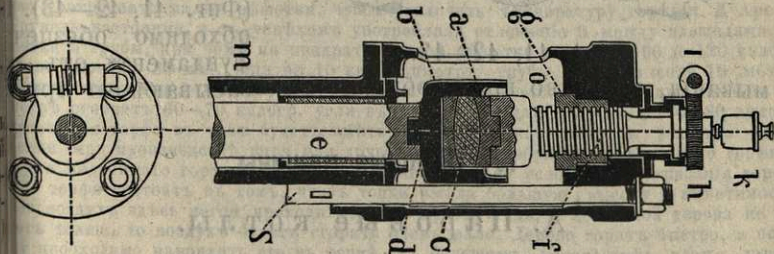
Фиг. 37.



Фиг. 38.

ишественно для полыхъ чугунныхъ валовъ, такъ какъ под-
вѣшеніе смазки дѣлается удобно трубою *a*; *b* компенсирующее
единеніе. Пята *c* вращается ея поверхностью на стальномъ
подпятникѣ, который направляется въ стойкѣ *e* и передви-
гается по высотѣ клиномъ *f*.

Висячій пятникъ Фонтеня (фиг. 39) устраивается въ фо-



Фиг. 39.

арфъ *c*, который соединенъ болтами съ полымъ чугуннымъ ва-
ломъ *m* турбины. *a* и *b* двѣ закаленные стальные пластинки,

с бронзовая чечевицеобразная промежуточная пластинка, пятниковая втулка, с подпорная стойка. Посредством чечавки i можно поворачивать шпиндель пятника и чрезъ то регулировать щель между колесами.

Диаметръ пять стальныхъ на подкладкахъ изъ чугуна металла при $n < 100$.

$$d_1 = 0,14 \sqrt{Pz}$$

а) въ реакціонныхъ турбинахъ:

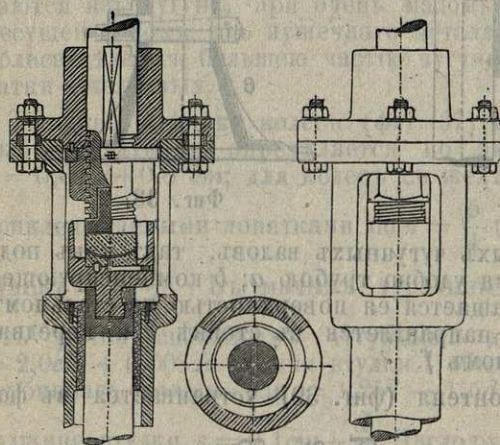
Pz = вѣсъ турбины, вала, зубчатаго колеса и пр. + $1000 \cdot 2 R \pi \cdot B \cdot H \left(1 - \frac{U^2}{2gH} \right)$ + вѣсъ воды въ турбинѣ.

б) въ давящихъ турбинахъ:

Pz = вѣсъ турбины, вала, зубчатаго колеса и пр. +

$$\frac{1000}{g} Q (U \sin \alpha - w) + \text{вѣсъ воды въ турбинѣ.}$$

Проведеніе силы турбины при верхнемъ пятникѣ дѣлаетъ болѣе



Фиг. 41, 42—43.

сверху пятника, шчемъ верхній желѣзный валъ можетъ бы продолжаемъ вверхъ сколько угодно. Установка дѣлается поворачиваніемъ находящейся въ фонарѣ гаки. Пята вращается чашекъ на верхней концѣ желѣзной стойки, охватываемой турбиннымъ валомъ солидно укрѣпленна нижнимъ ея концомъ въ чугунной подставкѣ (Фиг. 41, 42—43). Необходимо обезпечить фундаментъ отъ ра-

мыванія, особливо при турбинахъ съ всасывающею трубо-

IV. Паровыя машины.

A. Паровые котлы.

I. Нагрѣваніе котла.

1. Рѣшетка, топка и зольникъ. α Величина площади рѣшетки определяется по количеству горючаго матеріала.

а, Такимъ образомъ для сжиганія 100 *klg* топлива въ часъ
че нужны:

	Полная площадь рѣшетки въ кв. метрахъ.	Объемъ топки въ куб. метр.
Для каменнаго угля	1,4	0,25 до 0,20
„ твердаго дерева и бураго угля	1,2	0,43 „ 0,50
„ мягкаго „ и торфа	1,0	0,65 „ 0,75
„ кокса и антрацита	0,8	0,53 „ 0,62

β. На одномъ квадратномъ метрѣ рѣшет. сгораетъ въ часъ *)

- 1) каменнаго угля при плохой тягѣ 40 килогр. при хоро-
шей среднее 70 *klg*.
въ коринвалійскихъ котлахъ при не усилен. работѣ . 100 „
„ „ „ „ форсированной „ . 300 „
- 2) древеснаго угля, антрацита и кокса 125 „
- 3) бураго угля, древ. опилокъ, торфа и дровъ . . . 100 „

На одномъ квадратномъ метрѣ лѣстничной рѣшеткѣ (или
С,6 к. м. свободной поверхности ея) сгораетъ въ 1,5 разъ
аетъ болѣе, чѣмъ на плоской. Лѣстничная рѣшетки употр. для
ш землистаго бураго угля.

γ. Часто даютъ площадь рѣшетки въ дробяхъ, нагрѣваемой
бы поверхности котла. Если на 1 □ м. рѣшотки сгораетъ въ
вер часъ 70 *klg* кам. угля и 1 *klg* угля доставляетъ 1 *klg* пара то
Уст образуется 7 70 *klg* пара. Наконецъ если 1 □ м. нагрѣваемой
пов поверхности даетъ 14 *klg* пара, то отношеніе площадей—
ход 14 : 7.70 = 1 : 35. Это отношеніе зависитъ отъ силы тяги и
ѣ величины котла.

*) *Примѣчаніе.* Количество горючаго матеріала, которое должно быть сожжено,
зависитъ главнѣйшимъ образомъ отъ размѣровъ трубы; размѣры же рѣшетки умень-
шаютъ или увеличиваютъ силу и температуру горѣнія, но мало вліяютъ на рас-
ходъ горючаго въ данное время. Сила горѣнія и температура зависятъ отъ отно-
шенія между расходомъ горючаго въ часъ и поверхностью рѣшетки; это отношеніе
оказываетъ большое вліяніе на полезное дѣйствіе печи и должно измѣняться съ ея
назначеніемъ. Такъ какъ количество тепла, проходящее чрезъ поверхность нагрѣ-
тава зависитъ отъ разности температуръ газовъ въ печи и воды въ котлѣ, то выпо-
д)дно употреблять малыя рѣшетки, чтобъ увеличить температуру горѣнія. Д'Арсе и
печ Грувель постоянно и съ успѣхомъ употребляли отношеніе 3 между площадями рѣ-
рѣшетки и трубы, при чемъ на квадратн. метрѣ рѣшетки сгораетъ 100 до 120 килогр.
руб угля; (или 30—33 кил. угля на 10 кв. дециметрѣ трубы при ея высотѣ 10 метр.)
но гдѣ требуется медленное горѣніе, тамъ это отношеніе—6 до 7, при чемъ на кв.
метрѣ сгораетъ 60—70 килогр. угля въ часъ. Печь для сжиганія 70—80 килогр.
дровъ или торфа въ часъ будетъ имѣть трубу 0,10 кв. метр., а рѣшетка втрое
болѣе при производствѣ пара или другой работы, требующей дѣятельнаго горѣнія;
а для медленнаго горѣнія въ 4 раза. Наиважнѣйшее условіе для сжиганія дерева
или торфа состоятъ въ томъ, чтобъ топка имѣла большую высоту и вмѣстимость,
ибо воздухъ здѣсь легче проходить, чѣмъ чрезъ уголь; и если слой дерева не бу-
детъ толще, то воздухъ будетъ сгорать очень мало. Дерево горитъ быстро, а пото-
му необходимо накоплять его въ топкѣ въ большемъ количествѣ; пламя дерева
длинное, оно также требуетъ большаго пространства, чтобъ смѣшаться съ возду-
хомъ, сгорѣть, отдѣлить свою теплоту и произвести все свое полезное дѣйствіе.
Для этого даютъ топкѣ по крайней мѣрѣ 0,54 м. высоты до котла, но лучше 0,65
м., если сжигаютъ 200—250 килогр. дровъ въ часъ, и даже 0,80 м. если сжигаютъ
300—350 килогр. дровъ въ часъ.

д. Отношеніе площади рѣшетки къ нагреваемой поверхности въ связи съ работою котла даетъ слѣдующая таблица для обыкновеннаго цилиндрическаго котла.

РОДЪ РАБОТЫ.	1 klg угля производить пара. kg	Въ часть.			Отношеніе нагр. пов.		Упругость пара. amu	Горячій мате- ріалъ.
		1 кв. м. на- грѣв. поверх.	1 кв. м. площади рѣшетки сжиг. угля	Расхо- дуетъ угля.	Произ- водитъ пара.	Площадь рѣш.		
		kg.	kg.	kg.	kg.	Малые котлы.	Больш. котлы.	
При весьма осторожной работѣ	9	1,11	10	40—60	36	54	4,5	Хорошій востральскій камен. уголь
„ менѣе осторожной „	8	2,08	16,66	60—80	29	38	—	
„ умѣренно сильной „	7	3,33	23,33	80—100	24	30	—	
„ усиленной „	6	5	30	100	20	—	—	
Локомотивные котлы	5	6	30	192	32	—	4,7	Средній бурый уголь.
Локомотивные „	8	5	40	230	43	—	10	
При весьма осторожной работѣ	3,3	3,3	10	100	33	—	4,5	
„ менѣе „	3	5,6	16,66	100—200	18	36	—	
„ умѣренно сильной „	2,7	8,7	23,33	200— 00	23	34	—	Средній бурый уголь.
„ усиленной „	2,3	12,8	30	300—450	23	35	—	

Откуда видно, что обыкновенное правило, чтобы 1 klg пара образовался въ минуту на 2,5 кв. м. нагреваемой поверхности, (24 klg на квадратъ метръ въ часть) требуетъ только умѣреннаго нагреванія. Среднее можно считать 0,07—0,08 кв. м. (0,77—0,88 кв. ф.) площади рѣшетки на дѣйств. лошадинную силу. Въ паровыхъ котлахъ $\frac{1}{28} - \frac{1}{35}$, въ локомотивныхъ съ искусствен. тягою $\frac{1}{50} - \frac{1}{80}$, въ локомотивныхъ $\frac{1}{30} - \frac{1}{50}$ нагр. поверх.

е. Площадь проходовъ въ рѣшѣткѣ нужно дѣлать сколько возможно больше; практическія величины для ширины пролетовъ суть: для дерева и торфа 7 до 9 mm., для землистаго бураго угля 4 до 9 mm., для хорошаго бураго угля въ кусочкахъ 9 до 13 mm., для каменнаго угля и кокса 9 до 13 mm.

Отношеніе площади пролетовъ къ полной площади рѣшетки $\frac{1}{4}$ до $\frac{1}{3}$ при сжиганіи каменнаго и бураго угля и кокса. $\frac{1}{6}$ до $\frac{1}{5}$ при топкѣ дровами и торфомъ.

ж. При топкѣ внизу котла длина рѣшетки къ ея ширинѣ 10 : 7 до 10 : 6, среднее 1,5 : 1. Длинная рѣшетка выгоднѣе, но не дѣлаютъ ее длиннѣе 2 до 2,2 m.; а наибольшая ширина рѣшетки 1,5 метра. Длина колосниковъ не больше 0,6 до 0,6 метра, для кам. угля и 0,3 до 0,6 m. для бураго угля.

з. Толщина колосниковъ опредѣляется изъ ширины пролетовъ и изъ отношенія между площадью пролетовъ и площадью рѣшетки. Въ поперечномъ сѣченіи колосники всегда дѣлаютъ

ся вверху толще, чѣмъ внизу, чтобъ зола, шлакъ и проч. могли легче проваливаться. Для спекающагося каменнаго угля толщина вверху 20 mm., внизу 15 mm.; для бураго угля и дерева 16 mm. и внизу 7 mm.

Если L mm. длина колосника, то высота его въ срединѣ дѣлается $(25 + 0,1 L)$ mm., и на концахъ 35 mm. При длинныхъ рѣшеткахъ хорошо давать имъ небольшой наклонъ назадъ, именно 1 : 10 до 1 : 12. Чрезъ это рѣшетка удобнѣе для ухода. Колосникъ при красномъ каленіи расширяется на $\frac{1}{26}$ до $\frac{1}{24}$ его длины.

Примѣръ. Нужно получить 480 килогр. пара въ часъ, каковы главные размѣры рѣшотки?

На 6 *klgr.* испаряемой воды требуется 1 *klgr.* угля; а для 480 *klgr.*

нужно $\frac{480}{6} = 80$ *klgr.* угля. Для сжиганія 100 *klgr.* угля въ часъ

нужно 1,5 кв. метра поверхности рѣшотки; а для сжиганія 80 *klgr.*

угля необходимо $1,5 \frac{80}{100} = 1,2$ квадр. метра. Площадь пролетовъ рѣ-

шетки $= \frac{1}{3} \times 1,2 = 0,4$ квадр. метра. Избираемъ ширину пролета,

соотвѣтственно сорту угля, $= 10$ mm. Ширина колосниковъ вверху 20

mm. Разстояніе срединъ колосниковъ 30 mm. Если длина рѣшетки 1,4

метра и ширина $\frac{1,2}{1,4} = 0,86$ метра, то получаемъ (за вычетомъ 20

mm. запаса въ ширину) число колосниковъ: $\frac{860 - 20}{30} = \frac{840}{30} = 28$ mm.

9. Высота порога надъ рѣшеткой должна быть по крайней мѣрѣ 250 mm. и порогъ по всей его длинѣ долженъ стоять вертикально. Порогъ имѣетъ цѣлю съ одной стороны концентрировать пламя, а съ другой препятствуетъ увлеченію угля и золы сильною тягою.

10. Разстояніе рѣшотки отъ находящагося надъ ней котла дѣлаютъ при жирномъ каменномъ углѣ 350 до 380 mm., при спекающемся каменномъ углѣ 400 до 420; при буромъ углѣ 400 до 470 mm., при мягкомъ деревѣ и торфѣ 470 до 630 mm., для кокса 420 до 470 mm. Большое разстояніе не только позволительно, но даже выгодно; по Fehland'у разстояніе рѣшетки отъ низшей точки котла при топкѣ внизу его для каменнаго угля при силѣ котла

№ = 1—10	0,53—0,40
10—20	0,42—0,48
30—40	0,50—0,50

11. Свободный проходъ, который остается подъ котломъ надъ порогомъ, $= \frac{3}{4}$ до $\frac{4}{3}$ площади пролетовъ въ рѣшеткѣ

или около $\frac{1}{5}$ полной поверхности рѣшетки. Выгодно обкладывать котель надъ порогомъ шамотною массою, дабы защитить его отъ вреднаго вліянія сильнаго жара перваго пламени. Разстояніе порога отъ котла 130—200 мм.

1. Высота рѣшетки надъ поломъ котельнаго помѣщенія около 700—800 мм. Величина дверецъ одностворчатыхъ: 300 до 350 мм. Ширина и 250 до 300 мм. высота; двухстворчатыхъ: 450 до 530 мм. ширина и 300 до 350 мм. высота.

Каждая топочная дверца извнутри прикрывается желѣзнымъ листомъ, помѣщаемымъ на разстояніи 80 до 100 мм. отъ дверцы. Дверца и листъ соединены заклепками и муфтами.

Дверца должна закрываться плотно, дабы не входилъ воздухъ, и не должна быть бесполезно открытою. Для наблюденія за рѣшеткой дѣлають въ дверцѣ дыру въ 25 до 30 мм. діаметромъ.

г. Зольникъ на передней сторонѣ ниже топочныхъ дверецъ имѣетъ особыя дверцы, которыя при остановкахъ (а также задвижка въ боровѣ) запираются, чтобы предупредить сильное охлажденіе воды въ котлѣ и каменной кладки.

Глубина зольника отъ 800 до 1000 мм.

в. Средняя скорость воздуха въ рѣшеткѣ=1,3 метру.

2. *Дымовые ходы.* Опытъ указалъ, что кирпичные дымовые ходы (стѣнки изъ котельныхъ листовъ и кирпичной кладки) работаютъ лучше всего, если ихъ ширина не менѣе 100 мм. и не болѣе 150 мм., и что ходы дѣйствуютъ тѣмъ выгоднѣе, чѣмъ менѣе ихъ ширина, если стѣнки изъ желѣзныхъ листовъ. Поперечное сѣченіе отдѣльныхъ ходовъ опредѣляютъ по отношенію къ наименьшему поперечному сѣченію дымовой трубы, такъ чтобы сѣченіе перваго хода=2½ раза наименьшаго сѣченія трубы, тогда какъ поперечное сѣченіе борова (соединяющаго котель съ дымовой трубой)=наименьшему сѣченію дымовой трубы. Поперечныя сѣченія переходятъ одно въ другое постепенно.

При двухъ дымовыхъ ходахъ и боровѣ берутъ: первый ходъ=1,5 наименьшаго сѣченія трубы, второй=1,25 и боровъ=наименьшему сѣченію. При трехъ оборотахъ и боровѣ дѣлають: первый ходъ=1,5 наименьшаго сѣченія трубы; второй=1,34; третій=1,17 и боровъ=наименьшему сѣченію трубы.

Дымовые ходы можно дѣлать тѣмъ длиннѣе, чѣмъ меньше давленіе пара, слѣд. чѣмъ менѣе температура пара и воды въ котлѣ. Дѣлають длину ходовъ не свѣше 18 метр. (59 фут.) при малыхъ тонкихъ и не свѣше 28 метр. (92 фут.) при большихъ. Повороты ходовъ не должны имѣть острыхъ реберъ и угловъ и поперечное сѣченіе въ поворотахъ увеличивается, дабы газы не встрѣчали здѣсь большаго сопротивленія. Располагають ходы такъ, чтобъ легко можно было ихъ очищать

отъ сажи и золы; это дѣлается чрезъ особыя отверстія для чистки, закрываемыя дверцами или кирпичемъ. Внутреннія стѣнки ходовъ д. б. гладкия, чтобъ уменьшить треніе газовъ. Боровъ долженъ образовать подъемъ отъ котла къ трубѣ.

Поперечное сѣченіе дымовыхъ ходовъ по Fehland'y $= \frac{1}{4}$ и $\frac{1}{3}$ поверхности рѣшетки.

3. Дымовая труба.

а. Размѣры трубъ опредѣляются всецѣло изъ опыта и испытанное правило гласить (по Reiche):

Наименьшее поперечное сѣченіе дымовой трубы равно $\frac{1}{4}$ полной поверхности рѣшетки при толкѣ каменнымъ углемъ.
 $\frac{1}{6}$ " " " " буромъ углѣ и дровахъ.

Высота дымовой трубы дѣлается въ 25 разъ болѣе наименьшаго діаметра трубы, но никогда не менѣе 18 метровъ. Такія трубы вполне надежны. Можно также опредѣлять размѣры трубъ въ зависимости отъ количества газовъ, т.-е. отъ количества топлива, сгорающаго въ данное время.

Обозначимъ S *kly* количество топлива сгорающаго въ часъ, то вполне надежно брать:

$$\text{Высота дымовой трубы } H = \left(\frac{7S}{S+40} \right)^2$$

$$\text{Поперечное сѣченіе вверху } q = \frac{S}{60\sqrt{H}} \text{ кв. метр.}$$

По этимъ формуламъ высота трубы получается нѣсколько болѣе, а поперечное сѣченіе немного менѣе, чѣмъ при опредѣленіи ихъ по поверхности рѣшетки.

S	H	q	S	H	q	S	H	q
50	19	0,23	300	38	0,81	550	42	1,41
100	25	0,33	350	40	0,92	600	43	1,52
150	30	0,46	400	40	1	650	44	1,62
200	34	0,57	450	41	1,17	700	44	1,75
250	36	0,70	500	42	1,3	800	45	2

Для нѣсколькихъ топокъ общая труба имѣетъ выгоду, если завалка топлива на рѣшетки происходитъ попеременно. Сѣченіе ея = суммѣ поперечныхъ сѣченій всѣхъ трубъ, необходимыхъ для каждой топки. Газы изъ разныхъ топокъ нужно

соединять тогда, когда они имѣютъ уже одно и тоже направленіе движенія. Трубы могутъ быть: 1) одной ширины сверху до низу, 2) вверху уже чѣмъ внизу и 3) внизу уже, чѣмъ наверху. Въ отношеніи устойчивости, экономичности построенія, меньшаго тренія газовъ и пр. трубы, которыя внизу шире, а вверху уже, суть самыя лучшія.

Матеріаль для трубъ кирпичъ и желѣзо. Невыгода желѣзныхъ трубъ состоитъ въ ихъ порчѣ и въ охлажденіи отъ холоднаго внѣшняго воздуха; но, не смотря на повторяющіяся починки, онѣ дешевле каменныхъ. Если особыя условія не требуютъ желѣзной трубы, то всегда рекомендуется постройка каменной дымовой трубы. Желѣзныя трубы строятся: 1) если плохой грунтъ требуетъ слишкомъ дорогаго фундамента для каменной трубы; 2) если требуется ускоренная установка трубы; 3) если каменный матеріаль слишкомъ дорогъ и 4) если устройство лишь временное или предвидится позднѣе перемѣна мѣста.

β. Кирпичныя дымовыя трубы. Круглыя самыя выгодныя: треніе въ нихъ газовъ и объемъ кладки наименьшія; круглая форма даетъ большую устойчивость пртивъ давленія вѣтра. Квадратныя не рекомендуются, хотя постройка ихъ дешева и легка, ибо не требуется лекальный кирпичъ. Восьмиугольныя приближаются къ круглымъ и м. б. возводимы изъ обыкновеннаго кирпича.

Если H и d высота и ширина вверху, опредѣленные по даннымъ правиламъ, то ширина внизу $D = d + 0,017H$. Толщина стѣнокъ

$e = 15$ ст. при кругл. попер. сѣченіи, если $d = 1$ м. или меньше

$e = 19$ " " " " " " $d = 1$ до 1,5 м.

$e = 23$ " " " " " " $d = 1,5$ до 2 м. и б.

$e = 14$ или 12 ст. $= \frac{1}{2}$ кирпича $\left\{ \begin{array}{l} \text{при квадратн.} \\ \text{и восьмиугольн.} \end{array} \right\}$ до $d = 1$ м.

$e = 25$ до 29 ст. $= 1$ " $\left\{ \begin{array}{l} \text{сѣченіи.} \end{array} \right\}$ при $d = 1$ до 2 м.

Въ круглыхъ дымовыхъ трубахъ можно дѣлать уступы чрезъ 4 метра увеличивая толщину стѣнъ на 8 до 12 ст. Въ квадратныхъ и восьмиугольныхъ можно дѣлать уступы на $\frac{1}{2}$ кирпича чрезъ 3 метра высоты.

Примръ. Опредѣлить размѣры круглой дымовой трубы для сжиганія 180 килогр. каменнаго угля въ часъ.

$$\text{Высота трубы } H = \left(\frac{7S}{S+40} \right)^2 = \left(\frac{7 \cdot 180}{180+40} \right)^2 = 33 \text{ метра.}$$

Поперечное сѣченіе въ верхнемъ отверстіи

$$q = \frac{S}{60\sqrt{H}} = \frac{180}{60\sqrt{33}} = \frac{180}{60 \cdot 5,74} = 0,523 \text{ кв. м.}$$

Верхний диаметр внутри

$$d = \sqrt[4]{\frac{4}{\pi} q} = 2 \sqrt[4]{\frac{0,523}{3,14}} = 0,82 \text{ м.}$$

Внутренний диаметр внизу $D = d + 0,017H = 0,82 + 0,017 \cdot 33 = 1,38 \text{ м.}$
 Допустимъ, что трубы на параллелипедальномъ цоколя, а вверху имѣть толщину стѣнокъ $e = 0,15 \text{ м.}$ Высота цоколя $7,2 \text{ м.}$ Стержень трубы $H' = 33 - 7,2 = 25,8 \text{ метра.}$ Внутренний диаметр вверху $d = 0,82 \text{ м.}$, наружный $d_1 = d + 2 \cdot 0,15 = 1,12 \text{ м.}$ Внизу на цоколя: внутренний диаметр $d_2 = (D - d) \frac{H'}{H} + d = (1,38 - 0,82) \frac{25,8}{33} + 0,082 = 1,26 \text{ м.}$ Наружный диаметр находится такъ: если примемъ 6 уступовъ по $4,3 \text{ метр.}$ высотой и $0,12 \text{ м.}$ шириною, то нижняя толщина кладки $e_2 = (6 - 1)0,12 + e = 0,60 + 0,15 = 0,75 \text{ м.}$ Слѣдов. наружный диаметр внизу $D_2 = d_2 + 2e_2 = 1,26 + 2 \cdot 0,75 = 2,76 \text{ метра.}$

Примѣчаніе. Формула Бернули $q = \frac{0,0012h}{\sqrt{h}} \square \text{ м.}$ гдѣ h объемъ холоднаго воздуха, который долженъ сгорѣть на рѣшоткѣ въ часъ, даетъ совершенно тождественные результаты. При этомъ сѣченіи токъ воздуха въ трубѣ получаетъ скорость $1,3 \text{ м.}$ до $3,2 \text{ м.}$ въ секунду.

Примѣръ. Паровая машина въ 30 силъ расходуетъ въ часъ на лошадиную силу $2,2 \text{ klg}$ ($5,37 \text{ фунт.}$) угля и каждый klg угля требуетъ 15 куб. метр. холоднаго воздуха; труба имѣетъ высоту 25 м.

Количество воздуха въ часъ $h = 2,2 \cdot 30 \cdot 15 = 990 \text{ куб. м.}$

Слѣдов. поперечное сѣченіе трубы $\frac{0,0012 \cdot 990}{\sqrt{25}} = 0,237 \square \text{ м.}$

Площадь на 1 лощ. силу $0,237 : 30 = 0,0079 \square \text{ м.}$

„ „ 1 klg угля въ часъ $= 0,0036 \square \text{ м.}$

По Батайлю сѣченіе трубы для большихъ машинъ $= 0,0066 \square \text{ м.}$ (10 кв. д.) на лошадиную силу, а по Клоделю для часоваго расхода 1 klg кам. угля $0,0025$ до $0,0031 \square \text{ м.}$ По даннымъ формуламъ имѣемъ:

Высота трубы 10 20 30 40 $\square \text{ м.}$

Площадь на 1 klg угля въ часъ $0,0057$ $0,0040$ $0,0033$ $0,0028 \square \text{ м.}$

Трубы состоятъ изъ цоколя, стержня и карниза. Отношеніе подошвы фундамента ко всей высотѣ трубы $1:8$ до $1:7$. Цоколь почти всегда квадратный, высоту $= \frac{1}{4}$ до $\frac{1}{5}$ всей

высоты трубы, а ширина $1:10$ до $1:11$ высоты надъ землею. Квадратная форма удобнѣе другихъ. Цоколь внутри всегда выкладывается огнеупор. кирпичемъ на глинѣ и притомъ такъ, что между нимъ и выкладкой остается промежутокъ 5 ст. Переходъ отъ цоколя къ стержню дѣлается по кривой съ сильнымъ подъемомъ; внизу оставляется углубленіе въ 1 метрѣ для золы.

Стержень трубы, какъ и цоколь, кладется изъ хорошаго обозженнаго кирпича на извести. Утоненіе стержня на обѣихъ сторонахъ 18 до 20 мм. на метръ. Карнизъ либо изъ кирпича, либо изъ песчанника (въ первомъ случаѣ верхніе слои на гидрав.извести) и покрывается слоемъ цемента; еще лучше покрывать тонкой чугунной доской. Капитель изъ песчанника покрывается горячимъ масломъ и потомъ масляною краскою.—Reiche не рекомендуетъ употребленіе капители.

7. Желѣзныя трубы всегда круглыя, съ площадью $\frac{4}{3}$ площади каменныхъ. Диаметръ внизу $D=d+0,015H$. Если труба стоитъ изолированно, то толщина стѣнокъ внизу 6 до 9 мм., вверху 4 до 6 мм. Если же она укрѣплена цѣпями, то внизу 4 до 6, вверху 2 до 4 мм. Цѣпь укрѣпляютъ на $\frac{2}{3}$ высоты. Противъ

ржавленія трубы окрашиваются смолою или суриковою краскою чрезъ каждые 2 года. Труба внизу привинчивается къ чугунной фундаментной плитѣ помощію приклепаннаго къ ней желѣзнаго кольца; плита удерживается 4 болтами.

Трубы локомотивей имѣютъ диаметръ 1 до 1,5 диаметра пароваго цилиндра и высоту надъ конусомъ въ 6 до 7 диаметровъ трубы.

Дымовыя трубы, подверженныя сильному жару, какъ напр. позади печей въ прокатныхъ заводахъ, цѣлесообразно стягивать снаружи желѣзными кольцами на разстояніяхъ около 2,25 метр. (7 ф. 6 д.).

Въ прокатныхъ заводахъ въ новѣйшее время при пудлинговыхъ и сварочныхъ печахъ ставятъ по 6. ч. двѣ печи съ 2 котлами къ одной дымовой трубѣ и тогда даютъ ей при пудлингов. печахъ 0,50 квадр. метр. сѣченія вверху при 30 метр. высоты.

Не должно ставить болѣе 8 печей къ одной дымовой трубѣ и тогда онѣ располагаются на 4 съ каждой стороны. Въ этомъ случаѣ даютъ:

при $H=40$ метр. на пудлингов. печь 0,30 кв. м. попер. сѣч.

45	"	"	"	0,25	"	"	"	"
50	"	"	"	0,20	"	"	"	"

Дымовой боровъ мало по малу расширяется съ увеличеніемъ числа печей и токи газовъ не должны сталкиваться одинъ съ другимъ въ дымовой трубѣ.

Устойчивость дымовыхъ трубъ. Когда по даннымъ правиламъ найдены размѣры дымовой трубы, то пробуютъ: не уклоняется ли наибольшимъ наблюдаемымъ въ мѣстности давленіемъ вѣтра центръ давленія въ какомъ либо сѣченіи трубы отъ центра фигуры болѣе, чѣмъ на величину x_0 (см. сопот. мат.). Слабѣйшее сѣченіе cadaго яруса находится въ его основаніи и потому изслѣдованіе нужно произвести для основанія cadaго яруса при уступѣ. Давленіе вѣтра во всѣхъ слояхъ воздуха можно принимать за постоянное по величинѣ и направ-

Пусть: p давление вѣтра на кв. метръ проектированной площади.

F площадь проекции трубы на вертик. плоскость в кв. м

тогда мы имѣемъ:

$$\left. \begin{array}{ll} a. \text{ для трубы квадратной} & P = Fp \\ b. \text{ } & P = 0,65 Fp \\ c. \text{ } & P = 0,5 Fp \end{array} \right\} (1)$$

Обозначимъ: G вѣсъ всей трубы въ klg ; x_0 наибольшее допускаемое уклоненіе центра давленія отъ центра тяжести сѣченія въ м.; h высота центра тяжести надъ разсматриваемымъ сѣченіемъ находящейся) площади проэкціи надъ этимъ сѣченіемъ въ м.; то мы должны имѣть

$$Ph = Gx_0; P = G \frac{x_0}{h}; p = \frac{Gx_0}{F \cdot h \cdot k} \quad (2)$$

где k коэффициент входящий в (1) формулу, зависящий от формы трубы.

Въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ нужно еще посмотрѣть—не превосходитъ ли средняя величина давленія (давленія на единицу площади),

т. е. $\frac{G}{F_1}$ где F_1 площадь сечения в кв. ст., в каком либо шве величину 2,5 *klg*, дабы (вызываемое давлением втра) в двое большее напряжение на передней сторонѣ шва не превосходило 5 *klg* на кв. ст., какъ наибольшую съ надежностію допускаемую величину.

Примѣръ. Будемъ разсматривать трубу (предыдущаго примѣра) какъ разность двухъ усѣченныхъ конусовъ; объемъ ея кладки

$$v = \frac{H'\pi}{12} \left[(D_2^2 + d_1^2 + D_2 d_1) - d_2^2 + d^2 + d d_2 \right] = \frac{25,8 \cdot 3,14}{12} [11,99 - 2,99] = 58,5 \text{ кв. м.}$$

Если вѣсь куб. метра кирпичной кладки примемъ = 1800 *kilg.*, то вѣсь трубы

$$G = 58,5 \cdot 1800 = 105300 \text{ kJq.}$$

Величина x_0 в формулѣ 2 находится по таблицѣ главы (сопр. мат.)

$$x_0 = \frac{D_2^2 + d_2^2}{8D_2} = 0,42$$

Площадь проэкції

$$F = \frac{D_2 + d_1}{2} \cdot H' = \frac{2,76 + 1,12}{2} \cdot 25,8 = 50 \text{ кг. м.}$$

Высота центра тяжести надъ цоклемъ.

$$h = \frac{D_2 + 2h_1}{D_2 + d_1} \cdot \frac{H'}{3} = \frac{2,76 + 2,24}{2,76 + 1,12} \cdot \frac{25,8}{3} = 11,18.$$

Принимая $k=0,5$, по формулѣ 2 получимъ

$$p = \frac{105300 \cdot 0,42}{50 \cdot 11,2 \cdot 0,5} = 158 \text{ klg на кв. м.}$$

Для средней Европы слѣдов. можно принять въ основаніе найденные размѣры. Что касается второй части нашей задачи, то средняя величина давленія въ основаніи трубы на поверхности цоколя, если выразимъ діаметры кольцевой площади въ ст.

$$\frac{G}{F_1} = \frac{G}{\pi (D_2^2 - d_2^2) \frac{4}{4}} = \frac{105,300}{0,785 (2,76^2 - 1,26^2)} = 2,2 \text{ klg.}$$

II. Построеніе паровыхъ котловъ.

а. Обозначенія.

Пусть: M количество питающей воды въ часъ въ $klg.$; B количество горючаго въ часъ въ $klg.$; F общая нагрѣваемая поверхность котла въ кв. м; въ котлахъ съ противоположными токами воды и газовъ $F = f_1 + f_2$, гдѣ f_1 собственно испаряющая и f_2 подогревающая поверхность; R полная площадь рѣшетки въ кв. м. H нагрѣват. сила горючаго матеріала въ калоріяхъ; L_0 количество воздуха въ $klg.$, которое теоретически необходимо для полного сгорания 1 $klg.$ горючаго; $\bar{L} = nL_0$ практически необходимое количество воздуха въ $klg.$, при чемъ $n=1,3$ до 3, среднее $n=2$; $G=(1+L)B$ вѣсъ получающихся въ часъ горящихъ газовъ въ $klg.$; $c=0,244$ удѣльная теплота ихъ T_0 температура газовъ надъ рѣшеткой; $T_0 = \xi_1 H: c(1+L)$; при чемъ ξ_1 есть коэффициентъ *) сгорания, обыкновенно $=0,9$; T_1 температура газовъ въ концѣ дѣйствительной испаряющей поверхности; T_2 температура газовъ при выходѣ въ трубу; $\xi_2 cG(T_0 - T_2)$ полное передаваемое въ котель количество теплоты, при чемъ ξ_2 коэффициентъ потери теплоты, обыкновенно $=0,9$; t_1 температура питающей воды; w температура воды, соответствующая абсолютной упругости въ котлѣ; $q_1 = 1,013(w - t_1)$ явная теплота 1 $k/g.$ воды при w^0 ; $r=607-0,708w$ теплота испаренія 1 $klg.$ воды при w^0 ; x содержаніе воды въ 1 $klg.$ пара въ котлѣ; $r_1=r(1-x)$ дѣйствительная теплота испаренія 1 $klg.$ воды при w^0 ; $\lambda=r_1+q_1$ полное количество теплоты, которое требуетъ 1 $klg.$ питающей воды; $M\lambda$ полное количество теплоты, принимаемое котломъ въ часъ; k коэффициентъ теплопроводности.

По Редтенбахеру k среднее $=23$ кал. въ часъ на кв. м. нагрѣваемой поверхности и на 1 градусъ разности температуръ при котлѣ, уже находящемся нѣкоторое время въ дѣйстви. Для очищенной поверхности котла k на 30 до 50% болѣе. Въ подогревателяхъ съ противоположными теченіями съ сильнымъ осадкомъ грязи и саж, особенно же при низкихъ температурахъ газовъ, k спускается ниже 10 калорій.

*) ξ_1 полезное дѣйствіе топки, ξ_2 полезн. дѣйст. поверхности нагрѣва.

b. Расчетъ нагреваемой поверхности котла.

1. Въ котлахъ безъ подогревателей

$$F = \frac{M\lambda_1}{k} \times \frac{2,3}{T_0 - T_2} \log \frac{T_0 - w}{T_2 - w}$$

или по Шмидту

$$F = \frac{M\lambda_1}{17,4k} \times \frac{1}{[4,5 + 3a + (1,36 + 0,2a)b]}, \text{ при чемъ } a = \frac{T_2 - w}{100},$$

$$= \frac{T_0 - w}{100} \text{ или для } k=23; \lambda_1=600; \lambda:17,4k=1,50.$$

2. Въ котлахъ съ подогревателями противоположнаго теченія:

$$f_1 = \frac{Mr_1}{k} \times \frac{2,3}{T_0 - T_1} \log \frac{T_0 - w}{T_1 - w} \text{ при чемъ}$$

$$\frac{T_1 - T_2}{T_0 - T_2} = \frac{q_1}{\lambda_1}, \text{ слѣд. } T_1 = T_2 + (T_0 - T_2) \frac{q_1}{\lambda_1}. \text{ Далѣе}$$

$$f_2 = \frac{Mq_1}{k\Delta}, \text{ при чемъ } \Delta = \frac{T_1 + T_2}{2} - \frac{t_1 + w}{2}$$

средняя разность температуръ въ подогревателяхъ.

3. Нагрѣваемая поверхность экономайзера (Economiser), которая понижаетъ температуру газовъ отъ T_2 до T_3 и нагрѣваетъ воду отъ t_0 до t_1 , найдется, если подставимъ $q_0 = t_1 - t_0$,

$$\text{зъ } f_3 = \frac{Mq_0}{k\Delta_1}, \text{ гдѣ } \Delta_1 = \frac{T_2 + T_3}{2} - \frac{t_1 + t_0}{2}.$$

При этомъ $k = 10-15$ для экономайзеровъ изъ чугунныхъ рубъ; $k=15-20$ для подогревателей изъ листового желѣза, легко очищаемыхъ внутри.

4. При расчетъ поверхности для перегрѣванія пара нужно обращать вниманіе на содержаніе воды въ парѣ, которая должна быть испарена, для чего необходимо r калорій для 1 kg . Для перегрѣванія 1 kg . сухаго пара на 1°C необходимо $= 0,48$ калорій. По опытамъ Гирна здѣсь $k=10$ до 15 калорій на кв. м. перегрѣвающей поверхности (чугунныя трубы) въ часъ и 1° разности температуръ.

Если проводить для осушенія пара дымовой ходъ надъ паровымъ пространствомъ котла, то поверхность скоро дѣлается едѣйствующею вслѣдствіе осажденія золы.

c. Полезное дѣйствіе и сила котла.

1. Коэффициентъ полезнаго дѣйствія котла.

$$= \frac{M\lambda}{BH} = \xi_1 \xi_2 \frac{T_0 - T_2}{T_0} \text{ при чемъ обыкновенно } \xi_1 \xi_2 = 0,8.$$

2. Испарительная способность котла.

$$\frac{M}{B} = \eta \frac{H}{\lambda_1} = \xi_{132} \frac{T_0 - T_2}{T_0} \frac{H}{\lambda_1}.$$

Вообще испаряетъ:

1 klg. кам. угля въ обыкновенн. кот.	5—7 klg. в.	1 klg. бурого угля	4—4,5 klg. в.
1 " въ котлахъ Рута	6 " "	1 " дерева съ 20% в.	2,5 3,0 "
1 " въ корнвалійскихъ	6—8 " "	1 " торфа съ 20% в.	3,1—4,2 "
1 " въ локомотивныхъ	6—7 " "	1 " соломы	1,5—2,0 "
1 " въ тендерныхъ	8—9 " "	1 " дубовой коры	1,0—1,0 "
Котель съ 15% золы	5,2—6 " "	1 " нефти	12—14 "

3 klg. каменного угля испаряютъ столько же воды, сколько 5 klg. бурого угля или 8 klg. дровъ. Два пуда нефтяныхъ остатковъ замѣняютъ 3 пуда угля по Нобелю Конденсация въ паровыхъ машинахъ берегаетъ около 20% горючаго матеріала.

Слѣд. величина испаренія зависитъ не отъ одной только нагрѣвательной силы H горючаго матеріала.

Благопріятное вліяніе высокой температуры на рѣшеткѣ, также величины котла, видно изъ слѣдующей таблицы (по Шмидту), вычисленной для среднего каменного угля съ $H=6300$.

для $T^0=10000$ C.

$T^0=13000$ C.

T_2 въ °C.	$M:F$	$M:B$	$B:F$	T_2 въ °C.	$M:F$	$M:B$	$B:F$
250	13,33	6,38	2,09	250	16,36	6,86	2,38
300	15,40	5,95	2,60	300	18,83	6,54	2,88
400	18,83	5,10	3,69	400	22,62	5,83	3,87

3. *Опредѣленіе нагрѣвательной поверхности по числу лошадиныхъ силъ.* Въ обыкновенныхъ случаяхъ рассчитываютъ нагрѣваемую поверхность на дѣйствительную лошадиную силу.

а) въ обыкновенныхъ котлахъ для угля 1,5 до 2 кв. м.; для соломы 2,4 до 4; для опилокъ 1,8 до 3 и для торфа 1,5 до 2,5 кв. м.

б) въ котлахъ изъ стали и изъ тонкаго желѣза 1,2 до 1,5 кв. м.

в) для котловъ, при гарантіи малаго расхода горючаго 2,5 кв. м.

г) для пароходныхъ котловъ 0,6 до 0,8 кв. м.

е) для локомотивныхъ котловъ съ сильною искусственною тягою 0,4 до 0,6 кв. м.

ж) для локомобильныхъ 0,6 до 1 кв. м.

Для паровыхъ котловъ менѣе 10 лошадиныхъ силъ принимаютъ нагрѣваемую поверхность на лошадиную силу болѣе а именно берутъ оную (по Штюлену):

6. Часовой расход воды и угля для различных паровых котлов и машин (по Штюлену).

В:Е	Каменный уголь klg.	Питающая вода klg.	При нагреваемой поверхности: кв. м.	Работа действующих лошадинах сил.	Каменный уголь klg.	Питающая вода: klg.	При нагреваемой поверхности: кв. м.	Работа действующих лошадинах сил.
2,38								
2,88								
3,87								
мощна	Малые дешевые машины высокого давления с наполнением 0,6.				Новейшие скороходные машины высокого давления с охлаждением, очень короткими паровыми каналами и с наполнением 0,1 (лучшие одноцилиндровые).			
на	1	6,5	0,38	0,23	1	7,0	0,5	0,74
силу.	0,15	1	0,059	0,035	0,14	1	0,071	0,106
и для	2,61	17	1	0,59	1,00	14	1	1,5
кв. м.	4,40	29,1	1,68	1	1,34	9,4	0,67	1,
до 1,5	Большие машины высокого давления с наполнением 0,3				Компандные машины (лучшие двух цилиндровые).			
	1	6,8	0,40	0,34	1	7	0,5	0,87
очаго	0,15	1	0,059	0,05	0,14	1	0,071	0,125
	2,55	17	1	0,85	2,00	14	1	1,75
	2,94	20	1,18	1	1,14	8	0,57	1
енно	Машины с охлаждением при наполнении 0,2 (обыкновенные одноцилиндровые с охлаждением и по систем Вульфа).				Сварочная печь нагревает газам.			
прини	1	7,0	0,44	0,47	200	680	45,3	27,2
болше	0,14	1	0,062	0,067	1	3,4	0,23	0,136
	2,28	16	1	1,067	4,41	15	1	0,60
	2,14	15	0,94	1	7,35	25	1,67	1

По Fehland'у лучшія большія машины въ Корнваллисѣ употребляютъ только 1 klg. лучшаго англійскаго каменнаго угля въ часъ на силу.

Расходъ бурога угля около въ 1,9 раза болѣе и обыкновеннаго землистаго бурога угля смотря по содержанію въ немъ воды въ 2,25 до 2,75 разъ болѣе, чѣмъ расходъ каменнаго угля.

d. Толщина стѣнокъ паровыхъ котловъ, трубъ и цилиндровъ

Пусть δ необходимая толщина стѣнокъ въ mm.; D діаметръ котла въ m.; n давленіе пара въ atm. въ котлѣ сверхъ воздушнаго; слѣдующія данныя весьма хорошо совпадаютъ съ испытанными котлами изъ обыкновеннаго хорошаго котельнаго желѣза:

Толщина стѣнокъ $\delta = 1,575nD + 0,428(8 - n)$ mm.
по Reiche $\delta = D(2 + n) + 2$ mm.
по новой прусской формулѣ . . $\delta = 1,54nD + 2,6$ mm.
Толщ. стѣнокъ пламенныхъ трубъ $\delta = 1,8nD + 4$ mm.

Толщина котельныхъ днищъ, выгнутыхъ по радіусу r , Reuleaux $\delta = 1,54nr_1 + 2,6$ mm., гдѣ r_1 радіусъ въ m (=около $2m$) n давленіе сверхъ воздушнаго. Плоскія днища получаютъ толщину $\delta_1 = \delta + 0,8nD$ при простой и $\delta_1 = \delta + nD$ при двойной скленкѣ продольнаго шва.

Толщина въ mm.	Давленіе пара въ атмосфер. сверхъ воздушнаго:										
	1	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	4 1/2	5	6	7

Наибольшій допускаемый діаметръ въ cm:

а) для желѣзныхъ паровыхъ котловъ и трубъ съ внутреннимъ давленіемъ.

4	160	103	79	63	53	45	39	35	31	26	22	20	18	16
5	244	159	121	96	80	69	60	53	48	40	34	30	27	24
6	330	215	162	129	107	93	81	72	64	54	46	41	36	32
7	—	272	204	163	135	116	101	90	81	68	58	51	45	40
8	—	—	245	196	162	140	122	109	98	82	70	61	54	49
9	—	—	236	230	190	164	143	127	114	95	81	71	63	57
10	—	—	—	263	217	188	164	145	131	109	93	82	72	65
11	—	—	—	—	244	211	184	164	147	123	105	92	81	73
12	—	—	—	—	272	235	205	182	164	137	117	102	90	81
13	—	—	—	—	—	259	226	200	181	151	129	112	99	89
14	—	—	—	—	—	—	247	219	197	165	141	123	108	97
15	—	—	—	—	—	—	267	237	214	179	158	133	117	105
16	—	—	—	—	—	—	—	256	234	193	165	143	126	114

*) Въ Россіи до 1873 года, толщина стѣнокъ желѣзныхъ котловъ опредѣлялась по $e'' = 0,0092 Pr + 0,12$; гдѣ P давленіе на кв. дюймъ

Толщина въ мм.	Давленіе пара въ атмосфер. сверхъ воздушнаго:													
	1	1½	2	2½	3	3½	4	4½	5	6	7	8	9	10

Наибольшій допускаемый діаметръ въ *ст.*:

б) для стальныхъ паровыхъ котловъ и трубъ съ внутреннимъ давленіемъ.

4	271	179	135	106	89	77	67	59	53	45	38	33	30	27
5	—	254	190	150	126	109	95	84	75	63	54	47	42	38
6	—	329	245	195	162	140	122	108	97	82	70	61	54	49
7	—	—	300	239	199	172	150	133	119	100	85	74	66	60
8	—	—	—	283	235	204	177	158	142	118	101	88	79	71
9	—	—	—	—	272	235	205	182	164	136	117	102	91	81
10	—	—	—	—	—	267	232	207	186	155	133	116	103	92
11	—	—	—	—	—	—	260	231	218	173	148	129	115	103
12	—	—	—	—	—	—	—	256	230	191	164	143	127	114

г) для мѣдныхъ паропроводныхъ трубъ съ внутреннимъ давленіемъ.

2	27	18	14	12	9	8	7	6	6	5	4	4	3	3
3	—	62	48	38	32	27	23	21	19	16	14	12	10	9
4	—	—	—	—	—	—	40	36	32	27	25	20	17	16
5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	35	28	25	22
6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	36	32	29

д) для чугунныхъ паровыхъ цилиндровъ и трубъ съ внутреннимъ давленіемъ.

10	25	17	13	10	8	7	6	5	5	4	3	3	3	2
15	125	73	62	49	41	35	31	27	25	20	17	15	14	12
20	225	149	112	89	74	63	55	49	44	36	31	27	24	21
25	325	216	161	128	107	91	80	70	64	53	44	39	35	31
30	—	282	211	168	140	119	104	92	83	69	58	51	46	40
35	—	—	260	207	173	148	129	114	103	85	72	63	56	50
40	—	—	—	247	206	176	154	136	122	101	86	75	67	59
45	—	—	—	286	239	204	178	158	142	117	100	87	77	69
50	—	—	—	—	272	232	203	180	161	133	114	99	88	78
55	—	—	—	—	—	260	227	201	181	150	127	111	99	88
60	—	—	—	—	—	288	252	223	200	166	141	123	109	97
65	—	—	—	—	—	—	277	245	220	182	155	135	120	107

удахъ сверхъ воздушнаго; *r* внутр. радіусъ и *e* толщина стѣнокъ ойм.; атмосфера считается 16,25 фунт. на кв. дюймъ. Теперь законъ отмѣненъ.

котловъ в. дюймъ

Толщина въ мм.	Давленіе пара въ атмосфер. сверхъ воздушнаго:													
	1	1½	2	2½	3	3½	4	4½	5	6	7	8	9	10
	Наибольшій допускаемый діаметръ въ см: е) для латунныхъ дымогарныхъ трубъ съ внѣш- нимъ давленіемъ.													
2	2	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	12	10	9	9	8	8	7	7	7	7	6	6	5	5
4	22	19	17	16	15	14	13	13	13	12	11	11	10	10
5	—	28	26	23	22	21	20	19	19	18	17	16	15	15

д) желѣзныхъ дымогарныхъ трубъ съ внѣшнимъ давленіемъ

6	70	61	56	52	48	46	44	42	41	39	37	35	34	32
7	85	74	68	63	59	56	53	51	50	47	45	42	41	39
8	100	87	80	74	70	66	63	60	58	55	53	50	48	46
9	115	101	91	85	81	76	72	69	67	64	60	57	55	53
10	130	114	103	96	93	85	82	78	76	72	68	65	62	60
11	—	127	115	107	104	95	91	87	84	80	76	72	69	67
12	—	—	127	118	115	105	101	97	93	88	84	80	77	74
13	—	—	—	129	126	115	110	106	102	96	92	87	84	81
14	—	—	—	—	—	125	120	115	111	105	99	95	91	88
15	—	—	—	—	—	—	129	124	119	113	107	102	98	95
16	—	—	—	—	—	—	—	133	128	121	115	110	105	102

По опытамъ Фербера сопротивленіе трубъ съ внѣшнимъ давленіемъ зависитъ отъ длины трубъ и при большей длинѣ уменьшается. Поэтому рекомендуется усиливать трубы при помощи кольцами изъ углового или тавроваго желѣза.

Для сравненія служить формула Ферберна:

$$\text{въ англійскихъ мѣрахъ } \delta = \sqrt{\frac{pLd}{16120}} = 0,0025\sqrt{pLd}$$

$$\text{въ метрич. мѣрахъ } \delta = 0,27\sqrt{pLd},$$

гдѣ δ необходимая толщина въ мм. (или въ д.)

d діаметръ пламенной трубы въ см. (или въ дюйм.)

L длина ея (между укрѣпл. кольцами) въ м. (въ футахъ)

p давленія пара въ *klg.* на кв. см. (въ англ. фунтахъ на кв. дюймъ)

е. Общія условія для построенія котловъ.

1. Выборъ системы опредѣляется по имѣющемуся въ распоряженіи пространству и по роду потребности пара производства.

2. *Пространство для воды.* Вода въ котлѣ всегда имѣетъ ту же самую температуру, какъ и паръ; а черезъ это она является регуляторомъ парообразованія. Если расходъ пара весьма неравномеренъ, если по временамъ требуется очень много пара, напр. (въ химическихъ фабрикахъ), то объемъ воды въ котлѣ д. б. возможно болѣе. Напротивъ оно д. б. возможно менѣе если нужно поднять паръ быстро, напр. въ локомотивахъ и пожарныхъ насосахъ; тогда питаніе д. б. весьма правильное, дабы уровень воды въ котлѣ держался на данной высотѣ. Чѣмъ перерывы въ дѣйствіи чаще и продолжительнѣе, тѣмъ менѣе д. б. пространство для воды. Если же котель работаетъ день и ночь безъ перерывовъ, то безусловно нужно большое пространство для воды.

3. Паровое пространство должно освобождать паръ отъ увлекаемой имъ воды, поэтому оно должно быть велико при часто и внезапно возрастающемъ расходѣ пара.

4. Величина поверхности воды въ котлѣ по отношенію къ производству пара имѣетъ вліяніе на содержаніе въ парѣ увлекаемой воды; если поверхность воды мала въ сравненіи съ нагреваемой поверхностію, то паръ увлекаетъ много воды и будетъ влажный.

Простой цилиндрическій котель, котлы съ пламенною трубою и котлы съ подогревателями производятъ 40 до 100 *kg.* пара въ часъ на в. метръ горизонта воды и даютъ не слишкомъ мокрый паръ (3 до 6% воды) при нормальномъ производствѣ. Болѣе высокое производство пара на кв. метръ горизонта воды производить увеличенную влажность пара требуетъ аппарата для отдѣленія воды или перегревающую поверхность.

5. Питаемое пространство (т. е. пространство между наивысшимъ и наинизшимъ уровнями воды) доставляетъ самое дѣйствительное средство для регулированія хода котла и нужно его дѣлать возможно болѣе при очень переменномъ расходѣ пара. Необходимо наблюдать, чтобы при высшемъ стояніи воды ея горизонтъ не могъ несообразно уменьшаться.

Питающую воду должно вообще вводить въ наименѣе горячую часть котла. Если нѣсколько котловъ питаются изъ одной общей трубы, то каждая вѣтвь и соотвѣтствующій питательный клапанъ получаютъ діаметръ въ ст. $= 1,80\sqrt{N}$ до $3,00\sqrt{N}$, гдѣ N число лошадиныхъ силъ котла. При одномъ котлѣ труба опредѣляется по питательному насосу машины. На лошадиную силу въ часъ требуется 20—30 литровъ воды (1,6 до 2,4 ведра) въ хорошо построенныхъ машинахъ безъ расширенія и охлажденія. Но каждый питательный приборъ долженъ доставлять в 2—3 раза болѣе, т. е. 60—90 метровъ $= 4,8$ до 7,2 ведра в силу въ часъ (2,25 до 3 куб. фут.).

6. Возобновленіе котловъ среднее чрезъ 10 лѣтъ, наибольшее чрезъ 25. Всѣхъ парового котла получается приблизительно вѣрно, если къ всѣмъ, опредѣленному по его размѣрамъ, прибавимъ еще 20 до 25% на перекрытія, угловое желѣзо,

Накладки, головки заклепок и пр. Поддерживающія распорки и соединит. рукава расчитываются особо. (Вообще 8—10 пуд. на силу).

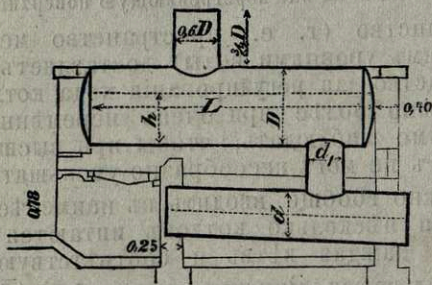
f. Употребительнѣйшія системы котловъ.

а. Простой цилиндрической котелъ для малаго производства, до 25 кв. м. нагреваемой поверхности. Онъ отличенъ хорошъ для непрерывнаго дѣйствія днемъ и ночью, особенно при водѣ дающей большую накипь; по простотѣ и удобству первый, но требуетъ много мѣста; употребляется преимущественно въ желѣзномъ производствѣ. Длину котла по отношенію къ диаметру нужно брать больше. Диаметръ между 0,9 до 1,5 м. (3 до 5 фут.). Котелъ опирается на кладку помощью чугунныхъ лапъ, прилепанныхъ къ его верхней части на разстояніяхъ 1 до 2 м.; онъ наклоняется къ задней части гдѣ находятся питательный клапанъ и продувальный кранъ на $\frac{1}{60}$ до $\frac{1}{100}$ его длины. Нагреваемая поверхность по отношенію къ объему котла выходитъ мала.

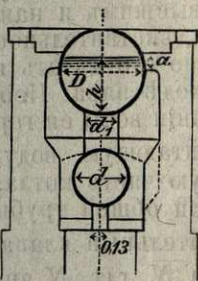
$$\frac{\text{Паровое пространство}}{\text{Водяное пространство}} = \frac{2}{3}.$$

Каменная кладка боковыхъ дымовыхъ ходовъ находится еще на 100 mm (4d) ниже самаго низкаго уровня воды.

б. Котелъ съ однимъ подогревателемъ (фиг. 44 и 45).



Фиг. 44.



Фиг. 45.

$D=0,70$ до $1,20$; $d=\frac{2}{3}D$; $d_1=\frac{2}{3}d=0,45D$. Сухопарникъ 3 высоты и $0,6D$ диаметромъ; $h=\frac{2}{3}D$; $a=0,13$.

Полная длина верхняго котла $=L+0,1D$; цилиндрической части $=L-0,1D$. Полная нагреваемая поверхность $F=L(3,58D 0,36) 0,52D$; F не дѣлають свыше 50 кв. метровъ.

с. Котелъ съ 2 подогревателями (фиг. 46).

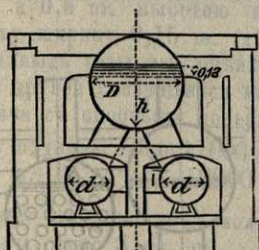
Каждога подогревателя $d=0,55D$. Сухопарникъ $0,75D$

состою и $0,6D$ шириною; $h=2/3D$. Полная нагреваемая поверхность $F=L(4,67D-0,26)-0,86D$. Употребление для $F=40$ до 70.

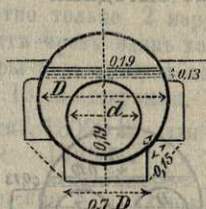
Котлы съ подогревателями хороши для безостановочнаго дѣйствія днемъ и ночью, въ особенности въ такихъ случаяхъ, гдѣ требуется много пару и при грязной водѣ, дающей толстую накипь; чистятся удобно. Подогреватели получаютъ на-

клонъ $\frac{1}{50}$ до $\frac{1}{100}$. Питающ. вода подводится въ самый нижній подогреватель. Диаметръ подогревателей между $0,6$ до 1 метр., длина ихъ ограничена тѣмъ, что вся длина дымовыхъ ходовъ не должна превышать 30 м.

д. *Котелъ съ одной пламенной трубой* (фиг. 47) Корнвалійскій. Употребляется для $F=15$ до наибольшаго 50 ; $d=0,55D$. Сухопарникъ $0,55$ высотой и шириною.



Фиг. 46.



Фиг. 47.

Полная нагреваемая поверхность $F=3,40(D+0,2)L$.

$D=1,25$ $1,30$ $1,35$ $1,40$ $1,45$ $1,50$ $1,55$ $1,60$ $1,65$ $1,70$.

$f=4,25$ $4,62$ $4,79$ $4,96$ $5,13$ $5,30$ $5,47$ $5,64$ $5,81$ $5,98$.

f нагревательная поверхность на 1 метръ длины котла.

е. *Котелъ съ 2 пламенными трубами* (фиг. 48) Ферберна или Ланкаширскій. Употребляется при $F=50$ и болѣе. Сухопарникъ $0,5D$ высотой и $0,45D$ шириною.

$D=1,90$ $2,00$ $2,10$ $2,20$

$d=0,70$ $0,75$ $0,80$ $0,85$

$e=0,88$ $0,93$ $0,98$ $1,04$

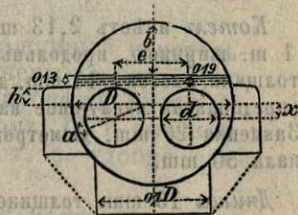
$a=0,14$ $0,14$ $0,14$ $0,14$

$x=0,14$ $0,14$ $0,14$ $0,125$

$h=0,27$ $0,30$ $0,32$ $0,36$

$b=0,55$ $0,57$ $0,60$ $0,61$

$f=7,62$ $8,15$ $8,67$ $9,22$



Фиг. 48.

При этомъ котлѣ часто употребляютъ также подогреватели d , по (фиг. 49), которые могутъ дать до 10% сбереженія въ

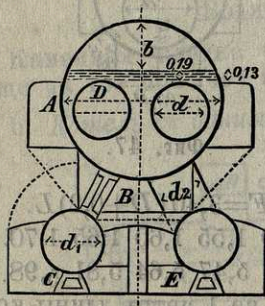
углѣ, но онѣ не входятъ въ расчетъ нагреваемой поверхности. Дымъ идетъ тогда чрезъ dd , потомъ чрезъ A , B , C и E или A , B , E и C . Можно принимать $d_1=0,40$ до $0,42D$ и

$$d_2 = \frac{2}{3} d_1.$$

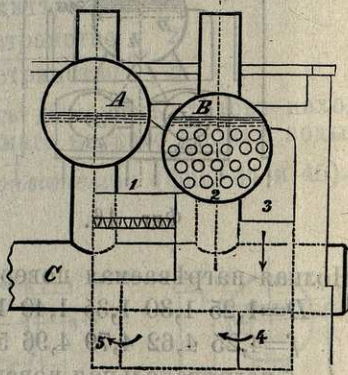
Подогреватели соединяются одинъ съ другимъ трубою ширины d_2 на переднемъ концѣ, т. е. возлѣ рѣшетки; кромѣ того каждый съ котломъ трубою d_2 и именно на заднемъ концѣ, тогда какъ спереди между котломъ и подогревателями вделанъ чугунный или желѣзный патрубковъ.

Котлы (d) Корнвалійскій и (e) Ланкаширскій суть самые лучшіе для обыкновеннаго фабричнаго дѣйствія съ перерывами на ночь; къ уходу и работѣ весьма способны.

Для Ланкаширскаго котла по опытамъ Манчестерскаго Общества владѣльцевъ паровыхъ котловъ (Manchester Steam User's Assosiation) слѣдующія соотношенія являются, какъ наиболѣе выгодныя:



Фиг. 49.



Фиг. 50.

Котелъ имѣетъ 2,13 м. діаметръ, 8 наибольшее 9 м. длину. Листы 1 м. шириною, продольные швы (2 или 3 въ окружности) двойные; толщина листовъ 11 мм. для 5 атм. (13 мм. для 7 атм.) давленія пара (предполагая наилучшее качество желѣза, иначе 2 до 3 мм. болѣе). Закленки 20 мм. діаметромъ при разстояніи около 65 мм., по діагонали 50 мм.

Днища 13 мм. толщиною для 5 атм. (14 мм. для 7 атм.) плоскія, нѣсколько упругія, дабы могли приспособляться къ различному расширенію дымогарной трубы и наружнаго кожуха; ради этого же они соединяются съ ними помощію углового желѣза. Между днищами и внѣшнимъ корпусомъ 5 укрѣпляющихъ стѣнокъ, въ коихъ самыя нижнія

аклепки отстоять отъ пламенной трубы еще на 0,23 м. Особенности продольные тяжи не необходимы.

Объ пламенная трубы 0,84 м. діаметромъ отстоять на 0,1 м. отъ оружнаго корпуса, на 0,13 м. одна отъ другой; толщина ихъ 10 мм. для 5 атм. (11 мм. для 7 атм.). Продольные швы либо заварные (желѣзные) либо съ 2 рядами заклепокъ (стальные) Поперечные швы съ отогнутыми внаружу флянцами.

Сухопарникъ лучше всего совѣмъ не дѣлать. Лазъ, вверху 0,4 м. діаметромъ, съ желѣзнымъ мунштукомъ 20 до 22 мм. толщиною; его дынецъ получаетъ 2 ряда заклепокъ. Предохранительный клапанъ, діаметръ 100 мм.

Питательная труба подходит сбоку спереди, внутрь на 4 м. высоты; послѣдніе 1,5 м. продырявлены. Ръшотка (внутренняя топка) 8 м. длиною; колосники въ 3 яруса, толщина ихъ 20 мм. ширина колецъ 10 мм.

Закладка. Газы изъ пламенной трубы чрезъ нижній ходъ въ 1,16 шириною и 0,6 м. высотой идутъ въ оба боковые хода, кои идутъ вверху ширину 0,15 м. (дѣлаютъ охотно только 2 наружные дыры и заставляютъ газы изъ обѣихъ трубъ идти чрезъ одинъ ходъ наредъ, чрезъ другой возвращался назадъ. Опоры подъ котломъ изъ шапчатого кирпича съ опорными поверхностями 0,13 м. шириною.

Вѣсъ при 8 м. длины около 11000 *klg* для 5 атм., 13000 *klg*. для 7 атм.
9 м. „ „ 12000 „ „ 5 „ „ 14250 „ „ 7 „

Нагрѣваемая поверхность: около 72 кв. м. при 8 м. длины. Площадь рѣшотки около 3 кв. м.

Количество угля около 100 *klg*. въ часъ на кв. м. площади рѣшотки.

f. Комбинированные котлы. Съ узкими дымогарными трубами съ или безъ пламенной трубы, а также съ или безъ китильниковъ или подогревателей, но въ отношеніи нагрѣваемой поверхности рассчитываютъ также, какъ дано.

Всѣ эти котлы требуютъ очень чистой воды, а гдѣ ея не бѣдется, тамъ вызываютъ очень скоро дорогія починки (решотки).

Принадлежащіе сюда котлы Вульфа (машинный и котельный заводъ въ Букау Магдебургѣ) изображены на фиг. 50; съ двухъ сторонъ средняго котла А лежатъ трубчатые котлы В. Въ 3 котла соединены съ нижнимъ котломъ С; и дымогарные трубы въ В сдѣланы выдвижными, т. е. удобно очищаемыми.

Пламя совершаетъ путь 1, 2, 3, 4 и чрезъ каналъ 5 въ среднюю уходитъ въ дымовую трубу.

Полная нагрѣ- ваемая поверх- ность кв. метр.	Внутренніе діаметры.		Длина кот- ловъ.		Дымогарные трубы.		Вѣсъ котла въ килограм.	Вѣсъ арматуры и частей толки
	A	B	A	B	Число.	Наруж. діамет.		
35	0,940	—	2,95	2,00	56	0,070	4800	1500
45	1,100	—	3,00	2,00	72	0,070	6500	1700
60	1,100	—	3,50	2,50	72	0,076	7300	1900
75	1,250	—	3,80	2,75	76	0,083	9500	2200
90	1,250	—	4,15	3,10	76	0,089	10500	2400
105	1,410	—	4,30	3,20	92	0,089	12500	2700
120	1,410	—	4,60	3,50	92	0,095	14000	3000

г. Котельная арматура.

1. Сухопарники имѣютъ діаметръ и высоту отъ 0,6 до 0,8 фт. целесообразно устраивать ихъ какъ аппараты для отдѣленія пара отъ воды.

2. Если для машины употребляется только одинъ котелъ, то діаметръ паровыхъ трубъ опредѣляется по цилиндру машины. По Радингеру площадь трубъ = $\frac{cO}{30}$, гдѣ O площадь

поршня c скорость поршня въ m въ сек.; но могутъ быть и нѣсколько уже. Нужно избѣгать крутыхъ поворотовъ. Хорошо давать трубамъ отъ паровпускнаго клапана наклонъ къ поршню и ставить тамъ въ самомъ низкомъ мѣстѣ приспособленіе для отведенія воды. Если же нѣсколько котловъ отдавать паръ въ общую трубу, то діаметръ боковыхъ трубъ и паровпускныхъ вентилей котловъ можно дѣлать діаметромъ въ діаметра предохранит. клапановъ или по крайней мѣрѣ по наименьшему діаметру предохран. клапана. Чугунныя паропроводныя трубы употребляются до 30 ст. діаметромъ; свыше 30 ст. берутъ желѣзныя трубы.—Расширеніе паропроводныхъ трубъ: чугунныхъ 1: 900 ихъ длины, желѣзныхъ 1: 800 длины. Конденсация пара въ паропр. трубахъ при давленіи 2 до 4 атм. поверхъ воздушнаго составляетъ среднее на 1 кв. метръ паровой поверхности въ часъ: 0,75 до 1 *klg.* при хорошей обложкѣ и 2 до 3 *klg.* воды если оболочки совсѣмъ нѣтъ.

3. Вязное отверстіе или лазъ—эллиптической формы: до 320 mm. шириною и 370 до 420 mm. длиною; два винта 26 до 29 mm. съ 2 дугами удерживаютъ его въ плотномъ состояніи; окружающее вязное отверстіе желѣзное кольцо можно по кр. мѣрѣ замѣнять сѣченіемъ листа въ отверстіи. Нецъ и крышка лаза точенныя.

4. Предохранительный клапанъ, манометръ, питательный клапанъ.

Предохранительные клапаны должны имѣть свободное поперечное сѣченіе на квадрат. метръ полной нагрѣваемой поверхности (по $d = 2,6 \sqrt{\frac{F}{m-0,412}}$; F въ кв. м. и т. абсолютное давленіе въ атмосф.).

0	1/2	1	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	4 1/2	5	5 1/2	Давленіе сверхъ воздушн.
до 1/2	до 1	до 1 1/2	до 2	до 2 1/2	до 3	до 3 1/2	до 4	до 4 1/2	до 5	до 5 1/2	до 6	
482	338	255	207	174	154	135	121	106	96	89	82	кв. м. м.

По русскимъ постановленіямъ діаметръ клапана опредѣляется по

$$d = 0,316 \sqrt{\frac{F}{n-0,412}}$$

гдѣ d наименьшій діаметръ отверстия, закрываемаго клапаномъ, F вся нагрѣваемая поверхность въ кв. фут. и n полное давленіе пара въ атм.

Ширина опорной кольцевой поверхности не болѣе $\frac{1}{30}$ діам. клапана и никогда не болѣе 2 mm. Полезно діаметръ клапана всегда нѣсколько увеличивать.

Примѣръ. Какъ великъ діаметръ предохран. клапана для котла въ кв. м. нагрѣваемой поверхности при 4 атм. давленія сверхъ воздушнаго.

$$\text{Площадь по таблицѣ} = 106.40. = 4240 \text{ кв. мм. } \frac{\pi d^2}{4} = 4240;$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 4240}{\pi}} = 75 \text{ mm.}$$

5. Продувательная труба. Котель, кипятивники и подогреватели кладутся съ наклономъ 5 до 10 mm. на 1 м. длины и въ самомъ низкомъ мѣстѣ имѣютъ продувательную трубу, діаметръ которой $= \frac{1}{20} - \frac{1}{24}$ діаметра котла. Труба снабжается краномъ или вентилемъ.

6. Водомѣрное стекло. Оно имѣетъ діаметръ (наружный) около 17 mm и длину по кр. мѣрѣ 160 mm. Каждая, идущая къ котлу желѣзная труба, можетъ быть закрываема краномъ. и должна имѣть діаметръ 0,10 m.; кранъ соединяетъ нижній конецъ стеклянной трубки съ воздухомъ или запираетъ ее.

7. Пробныя водомѣрные краны. Одинъ находится при самомъ низкомъ уровнѣ воды, другой на 80 mm. выше.

8. *Поплавки.* Рекомендуются поплавки съ горизонт. осью и магнитный поплавокъ Летюлье.

Примѣчаніе. Каждый котель должно снабжать двумя водоуказательными приборами. Вода въ котлѣ не должна подниматься слишкомъ высоко, дабы не суживать паровое пространство и не опускаться настолько низко, чтобъ нагреваемая поверхность не была покрыта водою. Обыкновенно огневая линія лежитъ на 10—15 ст. ниже самаго низкаго уровня воды въ котлѣ.

h. Средства противъ образованія накипи.

Накипь чрезвычайно вредна, потому что она, какъ плохой проводникъ теплоты, не только уменьшаетъ полезное дѣйствіе топлива, но часто составляетъ главную причину взрывовъ паровыхъ котловъ.

Если котель питается неочищеною водою, тогда необходимо соотвѣственно химическому составу питающей воды его частое продуваніе.

Самое простѣйшее, продувать котель только отчасти, то есть выпускать изъ котла каждый разъ только часть воды.

Время отъ времени необходимо производить чистку котла. Когда котель вполне остылъ, выпускаютъ изъ него всю воду; тогда влѣзаетъ въ него рабочій, удаляетъ оставшуюся тамъ грязь и на чисто обмываетъ внутренность котла. Если накопилась накипь, нужно ее осторожно отбить легкимъ остроконечнымъ молоткомъ или зубиломъ. При этомъ на стѣнкахъ котла остаются многочисленные зазубрины; къ такой шероховатой поверхности новая накипь пристаётъ еще крѣпче прежняго.

Можно предохранить нагреваемую поверхность паровика отъ накипи, дѣлая внутри его такъ называемыя вкладыи, въ которыхъ грязь осаждалась вслѣдствіе циркуляціи воды. Черезъ лазъ вводятъ въ котель длинныя полосы кровельнаго желѣза шириною около 1 фут. каждая и тамъ изъ нихъ составляется полукруглое корыто, нѣсколько эксцентричное съ котломъ. Посредствомъ приклепанныхъ къ нему ноженъ корыто устанавливается выше дна котла дюйма на $1\frac{1}{2}$ а на разстояніи каждаго 25 д. по длинѣ корыта къ нему предѣланы отвѣсныя трубы для сообщенія воды выше и ниже корыта.

Той же цѣли старались достигъ чрезъ прибавленіе въ котель веществъ, которые дѣйствуютъ отчасти химически и отчасти механически на составныя части воды, образующія накипь, и препятствуютъ ихъ осажденію; однако результатъ подобныхъ средствъ обыкновенно крайне неудовлетворителенъ.

Если вода содержитъ сѣрнокислую известь, (гипсъ), тогда хлористый барій дѣйствуетъ относительно полезно, потому что онъ разлагаетъ гипсъ, содѣйствующій сілоченію частицъ накипи въ плотную кору, при этомъ сѣрнокислая известь и хлористый барій превращаются въ хлористый кальцій и въ сѣрнокислый баритъ, изъ нихъ послѣдній осаждается почти моментально въ видѣ мелкаго порошка, который не можетъ дѣйствовать, какъ связывающее средство.

Какъ другое средство для разложенія гипса предлагалось также прибавленіе соды въ котель, потому что углекислый натръ и сѣрнокислый

кальцій образуютъ сѣрноокислый натръ и углекислую известь. Такъ какъ здѣсь и углекислая известь осаждается очень скоро, то предпочтительно образование ея осажденію гипса. Избытокъ соды въ водѣ задерживаетъ парообразование и производитъ вскипаніе и выбрасованіе воды изъ котла вмѣстѣ съ паромъ. Но всѣмъ этимъ средствамъ не слѣдуетъ довѣряться, такъ какъ имѣется много примѣровъ очень твердой и крѣпкой накипи, которая состоитъ почти изъ одной углекислой извести съ углекислою магнезією и содержитъ самое незначительное количество гипса. Неуменьшая, а напротивъ увеличивая количество солей въ котлѣ получимъ массу грязи, способствующей выкидыванію воды, уменьшенію паропроизводительности котла, засоренію цилиндровъ и клапановъ: (Хлористый барій сильно разбѣдаетъ вентили и пр.).

Единственное радикальное средство отвратить образованіе накипи есть *очищеніе питающей воды до поступленія ея въ котелъ*.

Для этой цѣли употребляются обыкновенно два сосуда. Въ первый выпускается неочищенная вода съ осаждающимъ средствомъ. Послѣ выдѣленія осадковъ очищенная вода выпускается во второй нѣсколько ниже стоящій сосудъ, откуда ее уже можно чрезъ питательный насосъ пускать въ котель. Для полного успѣха предварительнаго очищенія необходимо имѣть точный анализъ воды, дабы сообразно солямъ, подлежащимъ удаленію, употреблять наиболѣе подходящій реактивъ. Если растворенныя въ водѣ соли состоятъ главнымъ образомъ изъ гипса и двууглекислой извести, какъ это въ большинствѣ случаевъ и бываетъ то употребляется какъ осаждающее средство, по способу *de Гена (de Haën)*, хлористый барій и известковое молоко (или известковая вода).

Сначала прибавляется къ водѣ въ достаточномъ количествѣ растворъ хлористаго барія; потомъ при постоянномъ помѣшиваніи известковое молоко до тѣхъ поръ, пока въ водѣ покажутся бѣлыя хлопья. Тогда помѣшиваютъ еще короткое время, и оставляютъ воду стоять до тѣхъ поръ, пока на днѣ насядутся твердыя части. Если при этомъ воду можно нагрѣть до 40 градусовъ, тогда процессъ очищенія ускоряется и вода очищается совершенно въ 10 минутъ.

Если эти сосуды содержатъ примѣрно по 7,5 куб. метр. каждый, то можно при нагрѣваніи воды до 40° С. въ сутки очищать до 300 куб. метровъ. Для малаго производства можно при очищеніи употребить обыкновенныя деревянные бочки.

Очищеніе воды по способу Г. А. Беранже и Г. Штингль. Большая часть водъ содержитъ гораздо болѣе углекислыхъ соединений (*carbonate*), чѣмъ гипса, и поэтому на нихъ нужно дѣйствовать ѣдкой известью и ѣдкимъ натромъ. Но тѣ воды, которые, кромѣ большого количества гипса содержатъ только малыя части углекислой извести и углекислой магнезій, можно съ пользою очищать посредствомъ ѣдкаго натра и соды. Способъ дѣйствія ѣдкой извести и ѣдкаго натра при совмѣстномъ ихъ употребленіи, Штингль объясняетъ слѣдующимъ образомъ: Ёдкій натръ дѣйствуетъ во первыхъ на двууглекислыя соединения кальція и магнезія, (*bicarbonate*), отнимаетъ у нихъ часть углекислоты, и осаждаетъ ихъ какъ одноокислыя соли (*carbonate*), и при этомъ самъ переходитъ въ углекислый натръ. Но пока еще находящійся въ водѣ гидратъ окиси кальція, превращаетъ углекислый натръ

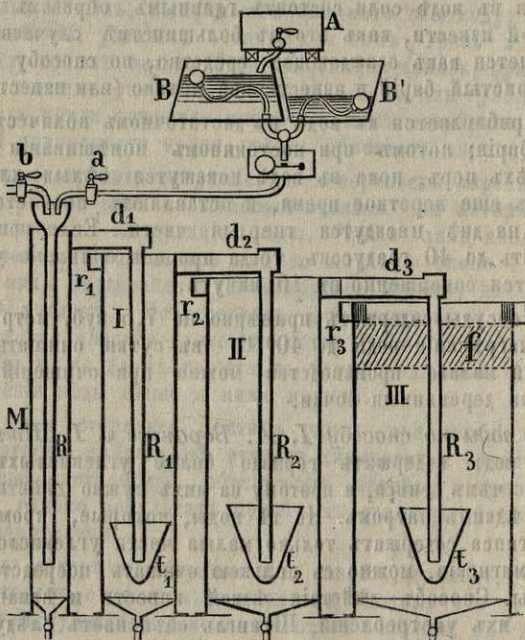
опять въ ѣдкій натръ, при чемъ самъ ѣдкій кальцій переходитъ въ углекислую известь. Когда этимъ путемъ всѣ бикарбонаты разложены, при чемъ никогда не можетъ явиться избытокъ ѣдкой извести, тогда начинается дѣйствіе углекислаго натра на гипсъ, который превращается въ нерастворимую углекислую известь.

Если вода кромѣ того содержитъ еще хлористый магній и сѣрно-кислую магнезію, то эти соли осаждаются посредствомъ ѣдкаго натра въ видѣ гидрата окиси магнія (*Magnesium hydroxyd*). Глиноземъ и кремлеземъ, а также находящіеся иногда въ водѣ жирныя вещества, выдѣляются одновременно съ этими осадками.

Если вода содержитъ въ растворѣ сѣрнистый водородъ или сѣрнистыя щелочи или имѣетъ много органическихъ примѣсей, (какъ многіе заводскія воды), нужно предъ употребленіемъ ѣдкаго кальція, прибавить не много хлористаго желѣза.

По сдѣланіи анализа воды опредѣляется вѣсъ ѣдкаго натра, а иногда и соды, требующихся для очищенія 1 куб. метра воды. Реактивъ растворяется въ водѣ и затѣмъ опредѣляется его титръ, соотвѣтственно которому устанавливается выпускной кранъ реактивнаго резервуара.

Приготовленіе ѣдкаго натра происходитъ въ маленькомъ сосудѣ *a* (фиг. 51), изъ котораго онъ въ измѣренномъ количествѣ впускается въ двѣ



Фиг. 51.

кадки *B*, *B'*, въ которыхъ приготовлено известковое молоко. Изъ послѣднихъ растворъ ѣдкой извести, смѣшанной съ растворомъ ѣдкаго

натра, выпускается въ ниже находящийся цилиндр M , въ которомъ происходитъ перемѣшиваніе его съ очищаемою водою.

Притокъ реактива регулируется при a . Черезъ b притекаетъ очищаемая вода въ M . C есть регуляторъ съ поплавкомъ, который позволяетъ, чтобы краны при B и B^1 могли быть вполне открыты. Удаленіе образовавшихся, вслѣдствіе наступившей реакціи, осадковъ дѣлается особеннымъ образомъ:

Очищаемая вода впускается одновременно съ реактивами въ трубу R , которая находится въ центрѣ узкаго высокаго цилиндра M , изъ листоватаго желѣза; при этомъ происходитъ полнѣйшее перемѣшиваніе и взаимное дѣйствіе обѣихъ жидкостей. Бѣловато-мутная отъ образующихся осадковъ вода двигается вверхъ, и наполнившійся цилиндръ M_1 переходитъ чрезъ горизонтальный желобокъ d_1 въ трубу R_1 , которая въ свою очередь находится въ центрѣ другаго широкаго цилиндра I . По выходѣ изъ трубы B_1 вода двигается въ цилиндръ I къверху, но уже съ меньшей скоростью, чѣмъ въ M , вслѣдствіе большаго діаметра цилиндра I . При этомъ уменьшается также живая сила, съ которой поднимаются вверхъ выдѣленные частицы, (они удѣльнымъ вѣсомъ тяжелѣе воды). Вода уже не въ состояніи поднять крупнѣйшія частицы до верхняго края цилиндра, и они отчасти падаютъ на дно.

За цилиндромъ I слѣдуютъ еще два подобные цилиндра II и III еще съ большими діаметрами, въ которыхъ скорость вверхъ выступающей воды все болѣе уменьшается, почему здѣсь и мелкія частицы падаютъ ко дну. Вода должна вытекать равномерно черезъ верхній край цилиндровъ, гдѣ она во первыхъ поступаетъ въ кругообразные желобы t_1 и t_2 , изъ которыхъ она чрезъ горизонтальные желобы d_1 d_2 и t_3 проходитъ въ центральныя трубы R_1 R_2 и R_3 слѣдующихъ очистительныхъ цилиндровъ.

Нижніе концы этихъ центральныхъ трубъ оканчиваются въ воронкообразныхъ сосудахъ t_1 t_2 и t_3 которые уничтожаютъ ударъ воды, и тимъ предохраняютъ отъ взболтыванія части, которыя уже успѣли садиться на дно. На днѣ каждаго цилиндра находятся выпускныя краны, чрезъ которые выпускается накопленная тамъ грязь *).

На верхнемъ краю послѣдняго очистительнаго сосуда III должна вода выходить почти совсѣмъ чистою, и только для того, чтобы задержать немногіе мелчайшіе еще находящіеся и воду мутящія частицы, установленъ стружками наполненный фильтръ f . Этотъ фильтръ можетъ дѣйствовать весьма долго, такъ какъ онъ назначенъ только для задержанія весьма малаго количества осадковъ.

Притокъ воды и реактивовъ а слѣдовательно и очищеніе воды совершается въ этихъ аппаратахъ непрерывно. Мастеръ производящій чистку, долженъ пробовать очищенную воду куркумовою бумажкой и азелевогислымъ амміакомъ; при окрашиваніи бумажки въ коричневый цвѣтъ уменьшать, а при бѣлой мутѣ въ пробирной трубкѣ увеличивать притокъ реактива.

*) На Ростово-Владикавказской дорогѣ желѣзные цилиндры имѣютъ высоту отъ 5 до 5,8 метр. и діаметръ послѣдовательно отъ 0,6 до 1,5 метра; вертикальныя водопроводныя трубы 0,12 метра.

Очищеніе воды по способу барона Дершау. Въ послѣднее время химикъ Болигъ въ Эйзенахъ доказалъ съ полнымъ успѣхомъ возможность употреблять для очищенія воды гидратъ окиси магнезіи.

На Всероссийской выставкѣ 1882 года былъ представленъ самодѣйствующій аппаратъ съ магнезіальнымъ реактивомъ системы Барона Дершау состоявшій изъ батарей въ 4 цилиндра (высота 1 метръ, діаметръ 0,6 м.), соединенные желѣзными трубами. Очищаемая вода проходитъ чрезъ очистительную массу со скоростію 0,23 метра въ минуту подъ напоромъ отъ 2,5 до 3 метровъ. Очистительная масса сперва высыпается въ цинковые цилиндры меньшей высоты съ сѣтчатымъ дномъ, которые вставляются одинъ надъ другимъ внутрь большихъ цилиндровъ. Верхнее сито имѣетъ заплечикъ съ каучуковымъ вольцомъ, которое придавливается бортомъ крышки большого цилиндра, такъ что вода должна непремѣнно просачиваться чрезъ очистительную массу. Автоматическое дѣйствіе прибора продолжается непрерывно до тѣхъ поръ, пока совершенно не израсходуется все количество реактива въ первомъ цилиндрѣ; тогда дѣйствіе прибора останавливается на полчаса; снимается крышка цилиндра и вынимаются цинковыя сита, замѣняя ихъ другими заранѣе наполненными свѣжею очистительною массою; крышка цилиндра плотно завинчивается и вода идетъ чрезъ II, III, IV и I цилиндры. Полный оборотъ дѣйствія батарей имѣетъ 4 сочетанія цилиндровъ *).

Очистительная масса состоитъ изъ смѣси равнаго по вѣсу магнезіальнаго препарата съ опилками мелкаго сухаго мягкаго дерева, отсѣянными отъ мелочи и пыли. Оба вещества тщательно перемѣшиваются въ вертящемся барабанѣ; потомъ приливаютъ къ барабану по немногу воды (половину вѣса магнезіальнаго препарата) и продолжаютъ мѣшать. По мѣрѣ поступленія воды образуется гидратъ окиси магнезіи $Mg\ O_2\ H_2$, который облекая огромную поверхность влажныхъ деревянныхъ опилокъ, сильно къ ней пристаётъ. По вынутіи массы изъ барабана она скоро высыхаетъ, усвоивъ однако воду для образованія гидрата магнезіи, который такъ тѣсно соединяется съ опилками, что не только не возможно отдѣлать его механически, но даже и при промывкѣ опилокъ водою не увлекается, такъ какъ гидратъ магнезіи почти нерастворимъ.

При очищеніи Реакція происходитъ быстрая и полная, даже при низкихъ температурахъ. Гидратъ магнезіи, поглотивъ свободную и полусвязанную углекислоту, обращается въ среднюю углекислую магнезію, причемъ выделяетъ углекислую известь въ кристаллическомъ видѣ на огромную поверхность опилокъ. Въ то же время средняя углекислая магнезія вступаетъ въ обмѣнное разложеніе съ гипсомъ, выделяя на опилки углекислую известь и оставляя въ растворѣ очищенной воды сѣрнокислую магнезію или горькую соль вмѣсто бывшаго гипса, какъ извѣстно образующаго котельный камень, тогда какъ горькая соль при ея растворимости въ сильной степени, не можетъ въ паровыхъ котлахъ дойти до насыщенія и образовать осадки. Описанный приборъ можетъ въ 12-часовъ работы очистить до 50 куб. метр. воды.

Единственное измѣненіе этого способа очищенія воды требуется для воды богатыхъ сѣрнокислою известью, но бѣдныхъ углекислотою.

*) Извлеченіе изъ брошюры „Самодѣйствующій водоочиститель“ 1882.

В этомъ случаѣ анализъ воды ясно указываетъ на количество окиси магнезія, которое требуется замѣнить основною углекислою магнезіею $MgO, 4CO_2$ также не растворимую, но дѣйствующую на гипсъ одновѣсно съ среднею углемagneзіевою солью.

По заключенію гг. Ходнева, Бейльштейна и Шуляченко: 1) Способъ барона Дершау не представляетъ опасности въ отношеніи разрушенія стѣнокъ котла 2) образованіе или отъ магнезіальнаго препарата можетъ произойти лишь въ незначительномъ количествѣ. При гипсовыхъ водахъ, содержащихъ въ растворѣ двууглекислыя соли (въ особенности двууглекислую магнезію) способъ барона Дершау выгоднѣе способа Бенжамин-Штингль; магнезіальный способъ вообще болѣе рационаленъ съ теоретической точки зрѣнія.

Г. Ф. Фишеръ (Dinglers Journ. 1876) занимавшійся тщательными изслѣдованіями средствъ противъ образованія накипи пришелъ къ выводу: Средства, вводимыя для этой цѣли въ котель—будь они органическаго или неорганическаго происхожденія—способствуютъ или накопленію грязи въ котлѣ или образованію пѣны на поверхности воды, или же разъѣдаютъ желѣзо, а потому всѣ они, въ большей или меньшей степени, вредятъ правильной работѣ котла и дурно вліяютъ на продолжительность его службы.

Дѣйствительно рациональныя средства противъ образованія накипи суть слѣдующія:

1. *Химическая или механическая очистка воды отъ ея примѣсей, способныхъ превратиться въ накипь—до введенія воды въ котель.*

Для химической очистки лучше другихъ оказался способъ Бенжамин и Штингль (и барона Дершау). При этомъ вода выдѣляетъ белую часть своихъ примѣсей способныхъ образовывать накипь, и, будучи потомъ употреблена для питанія котла, образуетъ въ теченіи 2—3 сутокъ самое ничтожное количество грязи, которое легко удалить простымъ продуваніемъ.

2. Одновременно съ употребленіемъ воды, очищенной такимъ способомъ, устраиваютъ также *вкладки въ котлы* (по крайней мѣрѣ надъ реднымъ топочнымъ листомъ), или *приборы для собиранія грязи.*

3. *Періодическое продуваніе котла* и частое возобновленіе воды для воспрепятствованія ей насыщаться веществами, образующими накипь.

4. *Устройство собирателей дождевой воды* преимущественно въ сырыхъ странахъ для станцій желѣзныхъ дорогъ.

Тѣмъ изъ владѣльцевъ паровыхъ котловъ, которые по нѣкоторымъ причинамъ, держатся обыкновенно вводить разныя средства во внутренность котла, мы совѣтуемъ имѣть по крайней мѣрѣ въ виду, чтобы употребленіе этихъ средствъ не имѣло своимъ послѣдствіемъ образованіе грязи и пѣны, или разъѣданіе желѣза.

і. Котлы для доменныхъ печей.

Нагрѣвательную поверхность котловъ для газовъ изъ коксовыхъ печей можно рассчитывать по $1\frac{3}{4}$ —2 квадр. метр. на

тонну угля, коксуемого въ 24 часа. Дымовые ходы дѣлаются вдвое болѣе, чѣмъ при топкѣ углемъ.

На кв. метрѣ испаряется въ часъ 30—27 килогр. воды.

Употребляются котлы съ двумя пламенными трубами, Геншеля или съ кипяtilьниками, отъ 70 до 80 кв. метр. нагрѣваемой поверхности. Для 10 дымовыхъ оборотовъ можетъ достигнуть 18—22 метровъ.

Для доменныхъ газовъ употребляютъ также вышеуказанные котлы, но часто и другіе, состоящіе изъ двухъ нижнихъ трубъ 0,80 діаметромъ при 6,00 м. длины, которыя и подвергаются первому дѣйствию пламени; а сверху нихъ находится цилиндръ около 2,00 діаметромъ съ 80 дымогарными трубами въ 98 мм. внутреннего діаметра.

Хвостовые котлы діаметромъ 1,5 м. въ передней части 0,80 метра въ наклоненныхъ заднихъ котлахъ ставятся для обоихъ родовъ газовъ.

к. Котлы при пудлинговыхъ и сварочныхъ печахъ въ желѣзо-прокатныхъ заводахъ.

Простые цилиндрическіе котлы въ 1,30 до 1,40 діаметромъ и 11—12,0 м. длиною при 4,5 до 5 атмосфер. рабочаго давления спереди наполненные водою на $\frac{2}{3}$ діаметра и сильно наклоненные назадъ, даютъ при хорошей тягѣ и хорошемъ вѣсѣ фальскомъ углѣ 13—14 *kg* пара въ пудлинговыхъ и 16—17 килогр. въ сварочныхъ печахъ на квадр. метрѣ поверхности нагрѣва въ часъ, если котлы чисты.

Такъ называемые хвостовые котлы съ горизонтальными главнымъ котломъ въ 6,30 длиною и 1,10 діаметромъ, на послѣдняго лежащимъ въ огнѣ, и съ сильно наклоненнымъ заднимъ котломъ въ 11,40 длиною и 0,77 діаметромъ, имѣютъ 45,4 кв. м. нагрѣваемой поверхности и испаряютъ въ пудлинговыхъ печахъ обыкновенной величины на 250 килограммъ чугуна 12,33 килогр. воды въ часъ на квадр. метрѣ слѣд. полное парообразованіе очень велико.

Стоячіе котлы слѣдуетъ употреблять только при ограниченности мѣста (въ тѣсныхъ фабрикахъ), такъ какъ они могутъ имѣть слишкомъ малую нагрѣваемую поверхность и требуютъ много починокъ; они могутъ быть для одной печи 1,30 до 1,40 въ діаметрѣ и 10—12 метровъ высотой, изъ коихъ 7,50 до 9,50 въ огнѣ. Высота воды надъ дымовымъ ходомъ 0,30 м. Разстояніе толстой огнеупорной кирпичной оболочки отъ котла=0,25 до 0,26. Оболочка связывается желѣзными кольцами около 0,100 м. на 0,015 до 0,020 м. на разстояніи 1,25 м. одно надъ другимъ. При опредѣленіи толщины листовъ надо брать въ расчетъ высоту водянаго столба въ котлѣ.

Примѣчаніе. Форма и расположеніе паровыхъ котловъ разнообразны до крайности, постоянно находятся въ зависимо-

сти отъ случайныхъ обстоятельствъ, напр. отъ величины листовъ продажнаго желѣза и потому по всей справедливости д. 6. предоставлены полному произволу строителя. Для него гораздо важнѣе знать то, что не слѣдуетъ дѣлать. При постройкѣ паровыхъ котловъ не слѣдуетъ допускать: 1) діаметръ котловъ болѣе 1,8 м. (6 фут.), потому что тогда потребуется слишкомъ толстое желѣзо; 2) діаметръ дымогарныхъ трубокъ болѣе 0,075 м. (3 дюйм.), потому что онѣ будутъ постоянно течь; 3) діаметръ кипяильниковъ менѣе 0,450 м. (18 дюйм.), потому что въ нихъ будетъ трудно обивать накипь; 4) толщину желѣза менѣе 6 мм. ($\frac{1}{4}$ дюйм.), потому что оно скоро прогоритъ; 5) силу одного нетрубчатого котла болѣе 50 лошадей, ибо паропроизводительность на кв. футъ поверхности выйдетъ очень слабая; наконецъ 6) объемъ пароваго пространства менѣе чѣмъ удесятѣренный расходъ пара въ секунду, ибо иначе паръ будетъ дурно держаться на опредѣленныхъ гра-дусахъ въ особенности при неопытномъ кочегарѣ.

При простомъ заклепочномъ швѣ листъ теряетъ чрезъ про-биваніе дыръ при паровыхъ котлахъ около 0,35 его попе-речнаго сѣченія. Такъ какъ кромѣ того крѣпость непроби-аго листа относится къ крѣпости пробитаго какъ 10: 9, то отношеніе цѣлага листа къ пробитому почти=1: 0,59.

Абсолютную крѣпость хорошаго котельнаго желѣза можно принять среднее 35 килогр. на квадр. миллиметръ. (Проба и вѣсъ желѣза для котловъ см. часть II стран. 13).

1. *Правила предосторожности при употребленіи паровыхъ котловъ.* Статья 44 устава о промышленности фабричной и заводской. Ч. 2, т. XI св. зак.

2 При введеніи въ употребленіе паровыхъ машинъ и котловъ предписаны къ точному и неуклонному исполненію особыя, при семъ приложенныя, правила предосторожности (въ измѣ-ненномъ въ 1873 году видѣ *).

1. Прежде допущенія къ употребленію паровыхъ котловъ, котлы должны быть подвергнуты испытанію, для удостовѣренія ихъ прочности. Паровые котлы, предназначенные къ дѣй-вію при постоянномъ давленіи не выше одной атмосферы, (за исключеніемъ внѣшняго атмосфернаго давленія), подвер-гнутся испытанію при давленіи втрое болѣе рабочаго, т. е. того давленія пара, которому они будутъ подвергнуты при постоянной работѣ. Паровые котлы, предназначенные къ дѣй-вію при давленіи, превышающемъ одну атмосферу (за исклю-ченіемъ внѣшняго атмосфернаго давленія), испытываются давленіемъ вдвое болѣе рабочаго,—но во всякомъ случаѣ не выше трехъ атмосферъ, за вычетомъ внѣшняго давленія. Кипяильники испытываются при тѣхъ же условіяхъ, какъ и котлы. Послѣ испытанія, какъ на котлы, такъ и на кипя-ильники, налагаются клейма съ обозначеніемъ того рабочаго давленія пара, которое не должно быть превышаемо во время

дѣйствіа котла и кипятильника, а также—года и мѣсяца, когда произведена проба. Не испытанные котлы и кипятильники не могутъ получить клейма, а на клейменные отнюдь не должны быть допущены къ употребленію. Вышеозначенное испытаніе должно быть возобновляемо послѣ каждаго капитальнаго исправленія котловъ, впрочемъ если бы котлы и не имѣли бы капитальнаго исправленія, то, во всякомъ случаѣ, они должны быть, каждые три года, испытаны подобно первоначальному испытанію.

2. Преподаваніе дальнѣйшихъ подробныхъ правилъ о мерахъ предосторожности при употребленіи паровыхъ машинъ и объ испытаніи паровыхъ котловъ предоставляется взаимному соглашенію Министровъ: Морскаго, Финансовъ и Путей Сообщенія *).

3. Покой, гдѣ помѣщается котель паровой машины высокаго давленія, долженъ содержать объемъ воздуха, превышающій объемъ котла не менѣе, какъ въ 27 разъ.

Покой сей долженъ имѣть съ двухъ противоположныхъ сторонъ широкія окна, съ легкими рамами, отворяющимся наружу. Котлы должны отстоять не менѣе шести съ половиною футовъ отъ стѣнъ, отдѣляющихъ ихъ помѣщеніе отъ другихъ комнатъ. Толщина сихъ каменныхъ или кирпичныхъ стѣнъ не должна быть менѣе одного съ четвертью аршина. Надъ покоемъ, гдѣ помѣщаются котлы, не должно быть жилыхъ комнатъ.

4. Владѣльцы заводовъ, въ коихъ употребляются паровыя машины высокаго давленія, обязаны внушить, всѣми зависящими отъ нихъ средствами, машинистамъ, подмастерьямъ, въ особенности рабочимъ, что ихъ собственная безопасность зависитъ отъ точнаго соблюденія предписанныхъ правилъ, ибо всякая неосторожность и небреженіе можетъ имѣть стои- жизни. Для лучшаго же удостовѣренія въ ихъ повиновеніи необходимо приставлять къ котламъ рабочихъ трезваго и дежнаго поведенія, машинистовъ же опредѣлять испытанныхъ познаніи и нравственности.

Примѣры для расчета паровыхъ котловъ 1) по количеству пара, расходуемаго за извѣстное время и 2) по числу лоша- ныхъ силъ машины, для которой они проектируются (по Гар- ту).

1. Котель съ 2 дымогарными трубами съ внутренней топкой.

Дано: Давленіе пара въ котлѣ $31\frac{1}{2}$ атм. Дл.

(Упругость или абсолютное давленіе: $31\frac{1}{2} + 1 = 41\frac{1}{2}$).

Необходимая движущая сила 313 пар.

Число котловъ 8

(Семь дѣйствующихъ и одинъ запасный).

Слѣдовательно, дѣйствіе одного котла $\frac{313}{7} = 45$ лош. силъ.

*) Правиль этихъ еще нѣтъ.

Расчетъ одного котла.

Число лошадиныхъ силъ = 45

Допустимъ что расходъ каменнаго угля на одну лоша-
дую силу въ часъ = 2 klg.

Слѣдовательно, на 45 лош. силъ:

$$B = 2 \times 45 = \dots = 90 \text{ klg.}$$

(Взято изъ практики для извѣстнаго сорта каменнаго
угля).

Беремъ на одну лошадиную силу поверхность нагрѣва. = 1.25 □ mt.

Поэтому искомая поверхность нагрѣва:

$$F = 45 \times 1.25 = \dots = 56.25 \text{ □ mt.}$$

Поверхность рѣшетки (по Редтенбахеру):

$$R = \frac{B}{50} = \frac{90}{50} = \dots = 1.8 \text{ □ mt.}$$

Слѣдовательно, на каждую прогарную трубу приходитъ

$$\text{поверхности рѣшетки: } \frac{R}{2} = \dots = 0.9 \text{ □ mt.}$$

Пусть діаметръ главнаго котла = = D

» » прогарныхъ трубъ = d = 0.33 D

Длина главнаго котла = = L = 5 D

» прогарныхъ трубъ = l = L = 5 D

Горячіе газы омываютъ только половину поверхности главнаго кот-
ла. — Поверхность нагрѣва состоитъ изъ поверхност. нагрѣва котла и
поверхности нагрѣва прогарныхъ трубъ.

$$F = \frac{1}{2} \pi D L + 2 \pi d l.$$

$$F = \frac{1}{2} \pi D \times 5 D + 2 \pi \times 0.33 D \times 5 D = \dots = 18.21 D^2$$

$$D = \sqrt{\frac{\pi F}{18.21}} = \sqrt{\frac{56.25}{18.21}} = 1.71 \text{ mt.}$$

$$d = 0.33 D = 0.56 \text{ mt. } L = 5 D = 8.55 \text{ mt.}$$

Ширину рѣшетки беремъ = 0.50 mt.

въ какъ d = 0.56).

Длина рѣшетки:

$$= \frac{R}{2.05} = \frac{1.80}{1} = \dots = 1.80 \text{ mt.}$$

$$\text{Длина колосниковъ (два ряда): } = \frac{1.80}{2} = \dots = 0.90 \text{ m.}$$

Толщина котельнаго желѣза (по Редтенбахеру):

Главнаго котла:

$$\delta = D \frac{1.315 + 0.495(p + 1)}{363 - (p + 1)} = (\text{гдѣ } p - \text{давленіе пара}).$$

$$= 1.71 \frac{1.315 + 0.495 \times 4.5}{363 - 4.5} = 0.0167 \text{ mt} \approx 17 \text{ mm.}$$

Прогарных трубъ:

$$\delta = 1,3d \times \frac{1,315 + 0,495 \times 4,5}{363 - 4,5} =$$

$$1,3,0,56 \frac{1,315 + 0,495 \times 4,5}{363 - 4,5} = 0,0073 \text{ mt. } \approx 8 \text{ mm.}$$

Предохранительный клапанъ.

$$d^{\text{cent.}} = 2,6 \sqrt{\frac{F}{p - 0,412}} \text{ гдѣ } F \text{ въ квадр. метрахъ.}$$

$$d = 2,6 \sqrt{\frac{56,25}{4,5 - 0,412}} = 10,85 \text{ cent.}$$

Давленіе пара на клапанъ:

$$\frac{\pi \cdot d^2}{4} \times 3,5 \times 1,003 = 334,57 \text{ kgr} = \infty \dots 335 \text{ kgr.}$$

1,033 kgr. давленіе одной атмосферы на $\square$ cent.).

$$\text{Вѣсъ рычага} = \dots = 4 \text{ gr.}$$

$$\text{Вѣсъ клапана} = \dots = 2 \text{ kgr.}$$

$$\text{Давленіе на нижнюю поверхность клапана} =$$

$$= 335 - 2 = \dots = 333.$$

$$\text{Отношеніе плечъ рычага } \frac{8}{8 + 72} = \dots = \frac{1}{10}.$$

$$\text{Грузъ } G = \frac{333}{10} - \frac{1}{2} \text{ вѣса рычага} =$$

$$= \frac{333}{10} - 2 = \dots = 31 \text{ kgr.}$$

$$d = 16 \text{ cent. } e = 21,5 \text{ cent.}$$

Труба. Одна труба служить для всѣхъ семи котловъ, находящихъ въ дѣйстви. — Выводный каналъ устроенъ такъ, что горячіе газы ла, при вступленіи въ трубу не могутъ быть перебиты газами слабѣющихъ котловъ. — Это достигается тѣмъ, что выводные каналы впадаютъ въ трубу уступами, т. е. каждый изъ послѣдующихъ каналовъ несколько выступаетъ впередъ.

Потребленіе каменнаго угля однимъ котломъ $B = 90 \text{ klg.}$

Потребленіе угля 7-ми котлами $S = 630 \text{ klg.}$

Задаемся высотой трубы (высота эта зависитъ отъ мѣстности) определяемъ площадь поперечнаго сѣченія (по эмперической формулы данной Редтенбахеромъ).

$$\Delta = \frac{S}{42 \sqrt{H}}$$

Пусть $H = \dots = 34 \text{ mt.}$
тогда:

$$\Delta = \frac{630}{42 \sqrt{34}} = \dots = 2,6 \square \text{ mt.}$$

Для круглаго сѣченія:

$$\frac{\pi d^2}{4} = 2,6.$$

Гдѣ d — діаметръ верхняго сѣченія; отсюда:

$$d = 1,86 \text{ mt.}$$

Діаметръ верхняго сѣченія (выхода)

$$d_1 = d - \frac{H}{75} = 1,41 \text{ mt.}$$

Толщина стѣнокъ вверху $e_1 = \dots = 0,18 \text{ mt.}$

$$\text{внизу } e = e_1 + \frac{H}{64} = 0,70 \text{ mt.}$$

Труба снабжена задвижкой, которая съ помощію цѣпи и рычаговъ соединена съ топочною дверцею такимъ образомъ, что при открываніи этой послѣдней задвижка уменьшаетъ входное отверстіе въ трубу дымога канала. — Это сдѣлано съ тою цѣлью, чтобы излишнимъ притокомъ воздуха во время закладки топлива не понижать температуры горѣхъ газовъ.

Проектъ пароваго котла Вульфовой 60 сильной машины.

Абсолютная упругость пара въ котлѣ $p = 4$ атмосферамъ. Температура пара, соответствующая этой упругости (по таблицѣ):

$$t = 144^{\circ}.$$

Поэтому количество единицъ теплоты потребное для образованія 1-го kgr. пара при температурѣ $t = 144^{\circ}$ (по Ренъю):

$$\lambda = 606,5 + 0,305t - t_0,$$

въ t_0 температура воды, питающей котелъ. — Вода берется въ конденсатора и пусть ея температура $t_0 = 40$; тогда:

$$\lambda = 606,5 + 0,305 \cdot 144 - 40 = 604,4 \text{ ед. теп.}$$

Въ разсчета машины имѣемъ часовое потребленіе пара въ машинѣ:

$$M = 800 \text{ klg.}$$

Поэтому количество единицъ теплоты, которое должно быть ставляемо котлу въ 1 часъ для образованія этихъ 800 klg. пара

$$W = M\lambda = 604,4 \cdot 800 = 483520.$$

Эффектъ полезнаго дѣйствія котла η состоитъ изъ двухъ факторовъ:

η_1 — коэффиціента полезнаго дѣйствія топки.

η_2 — коэффиціента полезнаго дѣйствія поверх. нагрѣва.

Гдѣ что:

$$\eta = \eta_1 \eta_2.$$

Задаемся величиной η , а именно полагаемъ:

$$\eta = \eta_1 \eta_2 = 0,54.$$

Если положимъ далѣе, что калориметрическое дѣйствіе топлива (каменнаго угля)

$$H = 6600$$

то получаемъ количество топлива въ килограммахъ B , которое должно сжигать въ 1 часъ на рѣшеткѣ:

$$B = \frac{W}{\eta_1 \eta_2 H} = \frac{483520}{0,54 \cdot 6600} = 135,7 \text{ klg.}$$

Опредѣляемъ далѣе высоту дымовой трубы, откуда получить температуру вступающихъ въ трубу газовъ. — Высота дымовой трубы (считая отъ высоты рѣшетки до устья трубы).

$$(\text{эмпир. фор.}) H_1 = 11 + \sqrt{40 + 0,8B} = 23,1 \sim 24 \text{ met.}$$

Пусть:

t_1 — начальная температура газовъ въ топкѣ.

t_2 — температура, съ которой газы выступаютъ въ трубу тогда, въ случаѣ отдѣльно стоящей каменной трубы *)

$$t_2 = \frac{300H}{\left(0,971 - \frac{0,3}{\sqrt{B}}\right)H_1 - 8} - 273 = \frac{300 \cdot 24}{\left(0,971 - \frac{0,3}{\sqrt{135,7}}\right)24 - 8} - 273 = 215^\circ.$$

Температура t_1 можетъ быть принята въ случаѣ вѣнскихъ топки по Грасгофу:

$$t_1 = 784^\circ.$$

Если положимъ отношеніе количества теплоты, которое передается прямо лучеиспусканіемъ поверхности нагрѣва количеству полезной теплоты:

$$s = 0,2$$

и далѣе $\eta_1 = 0,75$, то можно коэффициентъ полезнаго дѣйствія поверхности нагрѣва разсчитать по формулѣ:

$$\eta_2 = 1 - (-s) \frac{t_2}{t_1} = 1 - (1 - 0,2) \frac{215}{784} = 0,78$$

такъ, что коэффициентъ полезнаго дѣйствія котла будетъ:

$$\eta = \eta_1 \eta_2 = 0,75 \cdot 0,78 = 0,58$$

и слѣдовательно количество угля въ 1 часъ:

$$B = \frac{W}{0,58 \cdot 6600} = 130 \text{ klg.}$$

а на одну лошадиную силу:

$$\frac{B}{N} = \frac{130}{60} = 2,16 \text{ klg.}$$

*) Для желѣзныхъ трубъ берется 0,9 вмѣсто 0,3 надъ корнемъ.

поверхность нагрева может быть рассматриваема, как поверхность нагрева первого рода, для которой можно по-

$$F = \frac{\eta_2 - s}{\eta_2} \cdot \frac{W}{k} \cdot \frac{\lg. \left\{ \frac{t_1 - t^1}{t_2 - t^1} \right\}}{t_1 - t_2} =$$

$$= \frac{0,78 - 0,2}{0,78} \cdot \frac{483520}{22} \cdot \frac{\lg. \left\{ \frac{784 - 144}{215 - 144} \right\}}{784 - 215} = F = 63,32 \square mt.$$

22 есть коэффициент теплопроводности через желѣзную стѣнку въ воду.

Отношеніе поверхности рѣшетки R къ поверхности нагрева F

$$\frac{F}{R} = 100 \cdot \eta_1 \eta_2 \cdot \frac{3600 F}{W} = 100 \cdot 0,58 \cdot \frac{3600 \cdot 63,32}{483520} = 27,6$$

откуда поверхность рѣшетки:

$$R = \frac{F}{27,6} = \frac{63,32}{27,6} = 2,29 \square mt.$$

Огневые трубы имѣютъ длину $l = 8 \text{ mt.}$ и діаметръ $d^1 = 55 \text{ mt.}$

Слѣдовательно ихъ поверхность нагрева:

$$2 \cdot \pi \cdot d^1 \cdot l = 2,3,14,0,55 \cdot 8 = 27,63 \square mt.$$

Слѣдовательно поверхность нагрева $\pi = 63,32 \square mt.$; котловъ два; слѣдовательно поверхность нагрева каждого $31,66 \square mt.$ Поверхность нагрева огневыхъ трубъ — $27,63 \square mt.$, слѣдовательно приходится на самый котель поверхности нагрева:

$$31,66 - 27,63 = 4,01 \square mt.$$

Такъ какъ при этой системѣ, отъ всей поверхности главного котла только 0,1 можетъ быть принята въ расчетъ какъ поверхность нагрева, то имѣемъ:

$$0,1 \cdot \pi \cdot D \cdot l = 4,01$$

откуда получаемъ діаметръ самого котла

$$D = \frac{4,01}{0,1 \cdot 3,14 \cdot 8} = 1,6 \text{ mt.}$$

Толщина стѣнокъ главного котла (желѣза) по Редтенбахеру — $\delta = 0,0092 D = 0,0092 \cdot 1,6 = 15 \text{ mm.}$

Толщина стѣнокъ огневыхъ трубъ (прогарныхъ)

$$\delta^1 = 0,0067 d^1 \sqrt[3]{p^1 + 1,3} = 7,12 \text{ mm.}$$

Ширина поверхности рѣшетки равна

$$1,6 \text{ mt. (= ширина котла).}$$

Длина рѣшетки: $\frac{2,29}{1,6} = \sim 1,25$ mt.

Длина колосниковъ = 0,63 mt.

Ширина колосниковъ = 30 mm.

Высота колосниковъ = 80 mm.

Дымовая труба квадратная; сторона квадрата въ нижнемъ сѣченіи $b = 84$ cent. (при основаніи)

Въ верхнемъ $b_1 = 55$ cent. (при устьѣ).

В. Паровыя машины.

а. Вычисленіе работы паровыхъ машинъ.

1. Обозначимъ:

N_i индикаторная работа въ паровыхъ лошадяхъ въ секундѣ
 N_e дѣйствительная " " " "
 p абсолютное давленіе пара (включая атмосферное давленіе) входящаго въ цилиндръ въ атмосферахъ или въ килограммахъ на квадр. сантиметръ

p_m абсолютное среднее давленіе пара на поршень въ атмосферахъ или килогр.

p_1 противодѣйствіе со стороны воздуха или конденсатора.

$p_1 = 1,05$ до $1,09$ въ машинахъ безъ охлажденія съ легкимъ выходомъ пара при короткой пароотводн. трубѣ

$p_1 = 1,15$ въ машинахъ безъ охлажденія съ длинной пароотводной трубой

$p_1 = 1,20$ въ машинахъ безъ охлажденія, если паръ идетъ для подогреванія и отопленія

$p_1 = 1,1$ до $1,3$ въ локомотивахъ и локомобиляхъ;

$p_1 = 0,15$ до $0,33$, среднее $0,25$ въ машинахъ съ охлажденіемъ.

F поперечное сѣченіе пароваго цилиндра въ квадр. сант.,

D діаметръ пароваго поршня въ ст.; v скорость поршня въ метрахъ

n число оборотовъ кривошиина (двойныхъ ходовъ поршня въ минуту;

s ходъ поршня въ метрахъ, s_1 ходъ поршня до отсѣчки въ м

$e = \frac{s_1}{s}$ = поминальн. степень наполненія или величина отсѣчки

s_0 длина вреднаго пространства на одной сторонѣ, отнесенная къ площади поршня

$v = \frac{2sn}{60} = \frac{sn}{30}$, $n = \frac{30v}{s}$; $N_i = \frac{Fsn}{30} \times \frac{(p_m - p_1)}{75} = \frac{Fv(p_m - p_1)}{75}$

Такъ какъ $F = \frac{\pi}{4} D^2$, то $N_i = \frac{D^2(p_m - p_1)v}{95}$, D въ санти-
метрахъ. Если D въ метрахъ, то

$$N_i = \frac{1000 \frac{\pi}{4} D^2(p_m - p_1)v}{4500} = 1,75 D^2 v (p_m - p_1).$$

2. Эта индикаторная работа не передается вся валу машины, какъ какъ машина требуетъ нѣкоторую работу для ея порожняго хода (постоянное треніе), которую выразимъ f атмосф. ли килограм. на кв. сант. давленія на площадь поршня

$$N = \frac{F(p_m - p_1 - f)v}{75}.$$

Но и это еще не есть дѣйствительная работа машины на валу кривошипа, потому что нужно еще взять въ расчетъ рибавочное треніе. А такъ какъ оно измѣняется съ нагрузкой, то можно его выразить въ функціи дѣйствительной или ффективной работы; пусть оно $= \varphi N_e$. Дѣйствительная работа машины $N_e = N - \varphi N_e$; $N_e(1 + \varphi) = N$ и

$$N_e = \frac{N}{1 + \varphi} = \frac{F}{75} \times \frac{(p_m - p_1 - f)v}{1 + \varphi} \text{ (по Фелькерсу).}$$

Если машина работаетъ, величины p_m , f и φ можно опредѣ-
ить непосредственно помощію индикаторной діаграммы (для
предѣленія φ необходимъ опытъ съ нажимомъ).

Это опредѣленіе дѣлается такъ. Раздѣляемъ діаграмму, для
римѣра, паровой машины съ расширеніемъ и безъ охлажденія
на 10 равныхъ частей, проводимъ перпендикуляры къ атмосфе-
ринской линіи aa (bb есть нулевая линія или линія пустоты) и
имѣряемъ ординаты y_1 —по масштабу, соответствующему
ружину индикатора. Тогда по правилу, Симпсона

$$y + y_{10} = S_1$$

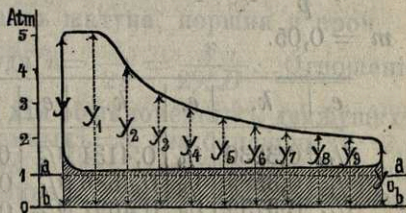
$$y_1 + y_3 + y_5 + y_7 + y_9 = S_2$$

$$y_2 + y_4 + y_6 + y_8 = S_3$$

Среднее давленіе на поршень будетъ $p_m = \frac{S_1 + 4S_2 + 2S_3}{30}$. Среднее

отиводѣйствіе p_1 вычисляется подобнымъ же образомъ какъ
и отдѣльныя давленія, взятые по величинѣ ординатъ за-
иненной части (фиг. 52),
тавляются въ вышепреве-
енныя уравненія. Тогда по-
чается среднее дѣйствую-
ее давленіе $p_m - p_1$.

Полезная работа N_e полу-
тсся, если возьмемъ съ ма-
ины діаграмму порожняго
да и вычисленное изъ нея
еднее давленіе $= f$ выч-
мъ изъ $p_m - p_1$, принявъ также въ соображеніе перемен-
е треніе $\varphi = 0,13$; тогда —



Фиг. 52.

$$N_e = \frac{Fsn}{30} \frac{p_m - p_1 - f}{75(1 + \varphi)}.$$

3. При проектировании машинъ нужно вставлять вмѣсто f и φ опредѣленные величины, выведенныя изъ опыта. Для машинъ въ хорошемъ состояніи среднія величины.

$$f = 0,012 + \frac{5,1}{D} \text{ въ машинахъ безъ охлажденія,}$$

$$f = 0,121 + \frac{3,85}{D} \text{ " " съ охлажденіемъ.}$$

$$\varphi = 0,13 \text{ до } 0,14 \text{ (коэффициентъ прибавочнаго тренія)}$$

Если примемъ $\varphi = 0,14$ какъ наибольшую величину, то

$$N_e = \frac{D^2(p_m - p_1 - f)v}{109}.$$

Среднее давленіе $p_m = kp$; гдѣ k коэффициентъ давленія зависящій отъ степени наполненія $e = \frac{s_1}{s}$ и отъ величин

вреднаго пространства $m = \frac{s_0}{s}$. Чѣмъ вредныя пространства

болѣе, тѣмъ среднее давленіе болѣе. Величина ихъ, каждой сторонѣ, для разн. машинъ разная система маши

Система машинъ	Обыкновенныя машинъ	Корлисса машинъ	Зульцера	Вульфа между большимъ малымъ цилиндрами
$m =$	0,05	0,015—0,025	0,03	0,066—0,08

Предполагая, что паръ расширяется по равносторонней кривой:

$$k = e + (e + m) \log nat \frac{1 + m}{e + m}$$

Въ слѣдующей таблицѣ даны величины коэффициента

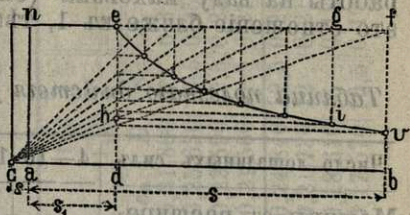
$k = \frac{p_m}{p}$ при различныхъ степеняхъ отсѣчки e , предполага

$m = 0,05$.

e .	k .	e .	k .	e .	k .	e .	k .	e .	k .
$\frac{1}{15}$	0,3230	$\frac{1}{9}$	0,4131	$\frac{1}{5}$	0,5588	$\frac{4}{10}$	0,7813	$\frac{7}{10}$	0,9523
$\frac{1}{12}$	0,3585	$\frac{1}{8}$	0,4386	$\frac{1}{4}$	0,6258	$\frac{1}{2}$	0,8556	$\frac{3}{4}$	0,9675
$\frac{1}{11}$	0,3739	$\frac{1}{7}$	0,4697	$\frac{3}{10}$	0,6845	$\frac{6}{10}$	0,9117	$\frac{8}{10}$	0,9796
$\frac{1}{10}$	0,3919	$\frac{1}{6}$	0,5086	$\frac{1}{3}$	0,7196	$\frac{2}{3}$	0,9404	$\frac{9}{10}$	0,9951

4. При какомъ угодно вредномъ пространствѣ кривая расши

няя пара получается слѣдующимъ построениемъ. Дѣлаемъ: $ab=s$; $ac=s_0$; $ad=s_1$; $de=p$ (начальное давленіе въ произвольномъ масштабѣ). Проводимъ изъ c произвольно eg , которая пересѣкаетъ горизонтальную eg въ g и вертикальную ed въ h . Горизонтальная чрезъ h и вертикальная чрезъ g дадутъ точку пересѣченія i которая есть точка кривой расширенія. — Если площадь фигуры $apeivb$ превратимъ по правилу Сампсона въ прямоугольникъ длиною ab , то его высота и будетъ среднее давленіе расширяющагося пара.



Фиг. 53.

- в. Скорость и ходъ поршня* принимается въ секунду *).
- $v=1$ до 1,5 м. въ большей части постоянныхъ машинъ.
 - $v=1,5$ до 2,5 м. въ скороходныхъ машинахъ.
 - $v=3$ до 4 м. въ локомотивахъ и желѣзнодорожныхъ машинъ.
 - $v=1$ до 2 м. въ воздуходушныхъ машинъ. прямого дѣйствія.
 - $v=0,45$ до 0,65 м. въ насосахъ прямого дѣйствія.

При этомъ выбираютъ въ данныхъ предѣлахъ скорость тѣмъ большую, чѣмъ сильнѣе машина и чѣмъ менѣе наполненіе цилиндра.

Если скорость поршня не дана, то слѣдующая эмпирическая формула даетъ для машины отъ 20 до 200 дѣйств. лощ. силъ хорошіе результаты (по Штюлену).

$$v = \frac{N_e + 250}{3}; \text{ число оборотовъ } n = \frac{260}{\sqrt{N_e}} + 21,5.$$

По Радингеру принимаютъ скорость поршня для машинъ высокаго давленія для машинъ съ холодильникомъ.

$$sn^2 = 12800 p \frac{s_1}{s} \quad sn^2 = 10800 p \frac{s_1}{s}$$

при $\frac{P}{F} = 0,28 \text{ klг.}$

при $\frac{P}{F} = 0,33 \text{ klг.}$

гдѣ P вѣсъ двигающихся массъ шатуна, поршня и проч.

Ходъ поршня $s = \frac{v}{2n}$, откуда $n = \frac{v}{2s} = \frac{v}{2 \times D}$. Отношеніе

хода къ диаметру цилиндра для обыкновенныхъ движущихъ машинъ среднее = 2; для подъемныхъ = 3; для бансирныхъ = 2,5 до 3. Шатунъ обыкновенно въ 5 разъ длиннѣ радиуса кривошипа; въ пароводныхъ машинахъ менѣе, въ рудоподъемныхъ болѣе. Число оборотовъ въ малыхъ машинахъ до 200, въ большихъ рѣдко болѣе 70.

*) Данные по Грабаку смотри далѣе.

с. — Отношение N_e къ N_i есть полезное дѣйствіе машины; на него надо умножать индикаторную работу (опредѣляемую изъ индикаторной діаграммы) для получения дѣйствительной работы на валу маховика (опредѣляемой по нажиму). Чѣмъ это отношеніе ближе къ 1, тѣмъ машина совершеннѣе.

Таблица полезнаго дѣйствія различныхъ паровыхъ машинъ.

Число лошадиныхъ силъ	4—10	10—20	20—40	40—70	70 и болѣе
Машины съ расширеніемъ безъ охлад.	0,55	0,65	0,70	0,75	0,80
Машины съ расширеніемъ и охлад.	0,50	0,60	0,65	0,70	0,75
Машины Вульфа съ охлад.	—	—	0,60	0,65	0,70

d. Выборъ степени наполненія. Въ практикѣ считаютъ за правило, что нужно доводить расширеніе самое большое до той степени, чтобъ давленіе вполнѣ расширявшагося пара еще = 1,5 атм. если машина безъ охлажденія и = 0,6 атм. если машина съ охлажденіемъ. Въ этомъ предположеніи составлена слѣдующая таблица для наименьшаго возможнаго наполненія.

Давленіе при выпускѣ.	А т м о с ф е р ы.											
	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	4 1/2	5	5 1/2	6
Наименьшее воз- можное напол- неніе.	безъ	—	—	0,6	0,48	0,40	0,35	0,30	0,26	0,23	0,21	0,19
	съ	0,48	0,38	0,32	0,23	0,18	0,15	0,12	0,10	0,09	0,07	—
	охлажде- ніемъ.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Выгодная для экономіи расхода пара степень наполненія $e_n = \frac{p_1 + f}{p}$, при которой давленіе пара на поршень понижается до дѣйствительной линіи противодѣйствія на поршень.

e. Расходъ пара. Полный расходъ пара S складывается изъ полезнаго S_1 и потеряннаго S_2 такъ что $S = S_1 + S_2$. Полезный расходъ пара въ часъ $S_1 = 0,36 Fv (e + m)$ γ въ килогр. гдѣ F въ квадр. сантим. (если F въ кв. м., то $S_1 = 3600 F (e - m)$ и γ въсѣхъ кубич. метра пара съ p атм. давленія при

въ тит. и полного расхода пара въ часъ, на лош. силу = S въ $kg.$, по Грабару
Дѣйствит. лошади. сила

в т.т. и полного расхода пара въ часъ, на лош. силу = S въ $kg.$, по Грабаву.

Дѣйствит. лошад. сила . Нормальная скор. поршня	7 1,16		10 1,22		15 1,29		20 1,35		25 1,4		30 1,43		
	e_u	D	S	e_u	D	S	e_u	D	S	e_u	D	S	
Давление пара сверхъ воздушнаго	$p_1=3$	0,36	225	38	0,36	270	35	0,35	330	32	0,34	355	26
	$p_1=5$	0,33	166	32	0,33	192	29	0,3	232	24	0,29	260	22
	$p_1=6$	0,3	155	31,5	0,3	180	28,5	0,29	215	23,5	0,27	240	21,5
	$p_1=7$	0,3	142	31	0,3	165	28	0,28	195	23	0,26	225	21
Давление пара сверхъ воздушнаго	$p_1=2$	0,33	220	34	0,32	260	30	0,3	310	26	0,29	245	23
	$p_1=3$	0,30	190	33	0,29	220	29	0,28	265	25	0,27	315	22
	$p_1=5$	0,27	156	31	0,27	180	28	0,26	215	24	0,25	240	21
	$p_1=6$	0,26	146	30	0,26	170	27	0,25	200	23	0,24	225	20

Продолженіе таблицъ.

Продолженіе таблицы.

40	50		60		100		125		150		180		200										
	1,49		1,54		1,58		1,73		1,81		1,86		1,96		2,00								
e_u	D	S	e_u	D	S	e_u	D	S	e_u	D	S	e_u	D	S	e_u	D	S						
0,33	445	22	0,33	490	20	0,32	525	19	0,32	645	18	0,31	705	17	0,31	755	16,5	0,31	805	16	0,3	865	15,5
0,28	340	8	0,28	370	17	0,27	410	16	0,27	500	15	0,25	560	14,5	0,25	595	14	0,25	650	13,5	0,25	675	13
0,26	310	17,5	0,26	340	16,5	0,25	380	15	0,25	460	14	0,24	515	13,5	0,24	550	13	0,23	590	12,5	0,23	610	12
0,25	290	17	0,25	320	16	0,24	350	14	0,23	435	13	0,22	480	12,5	0,22	515	12	0,21	560	11,5	0,21	580	11
0,27	450	19	0,26	500	17	0,26	545	16	0,25	665	15	0,25	720	13,5	0,25	775	13	0,24	840	12,5	0,24	870	12
0,25	395	17	0,24	440	16	0,24	465	5	0,22	590	14	0,22	635	13	0,22	595	12,5	0,21	730	12	0,21	760	11,5
0,22	325	15,5	0,21	360	15	0,21	385	14	0,2	480	13	0,2	525	12	0,2	555	11,5	0,18	610	15	0,18	635	10,5
0,21	295	14,5	0,20	330	14	0,20	355	13	0,9	440	12	0,19	480	11,5	0,19	5	5	0,17	570	10,5	0,17	590	10

впускѣ. Потеря пара S_2 изъ многочисленныхъ тщательныхъ опытовъ надъ машинами въ хорошемъ состояніи

$S_2 = 4,5 D \sqrt{p_m - p_1}$ въ килогр. въ часъ, при чемъ D въ сантим. и p_m въ атм.

f. Среднія величины: Расходъ угля. Для большихъ паровыхъ машинъ (Компаундъ) рассчитываетъ на дѣйствительную лошадиную силу въ часъ 1 килогр. угля при хорошей конденсаци ($p_1 = 0,2$). Въ постоянныхъ машинахъ машинахъ

можно рассчитывать $\frac{1}{5} - \frac{1}{7}$ полного расхода пара, среднее

3 до 6 *klg.* угля. По Штюлену 50—60 *klg.* (3,1—3,7 пуд.) камен. угля въ 12 раб. часовъ на 1 лош. силу (въ машин. высок. давленія).

Вѣсъ паровой машины высокаго давленія отъ 20 до 100 силъ = 310 до 230 *klg.* на силу; для машинъ съ охлажденіемъ 390—310 *klg.* Вѣсъ желѣзныхъ частей составляетъ 10% отъ вѣса чугунныхъ частей, а вѣсъ мѣдныхъ 10% отъ вѣса желѣзныхъ.

Вѣсъ котла. Для машинъ высокаго давленія 20—100 лошади. силъ = 160—130 *klg.* на силу, для машинъ съ охлажденіемъ 140—100 *klg.* на силу. Нагрѣваемая поверхность

котла въ кв. метрахъ = $\frac{1}{21}$ полного расхода пара въ часъ въ *klg.*

г. Паровыя машины системы Вульфа и Компаундъ. Теоретическая работа машины Вульфа равна работѣ обыкновенной одноцилиндровой машины, цилиндръ которой равенъ большому цилиндру машины Вульфа и въ которой установлено также самая степень расширенія пара, какъ полное расширеніе въ машинѣ Вульфа. Поэтому для вычисленія работы въ предыдущую формулу одноцилиндровой машины нужно подставить размѣры большаго цилиндра. (F' —площадь поршня и s' —ходъ) и вычислять $p_m = kp$ по полной степени расширенія, при чемъ послѣднее ведется на столько далеко, чтобы абсолютное давленіе пара въ концѣ расширенія простиралось до 0,6—0,7 атмосферы. Для существующей машины полная степень расширенія

$$e = \frac{\text{впускаемый объемъ пара въ малый цилиндръ.}}{\text{объемъ большаго цилиндра.}}$$

Трение f надобно рассчитывать для большаго цилиндра $x = 0,13$. Тогда

$$N_e = \frac{F's'n}{30} \frac{p - p_1 - f}{75(1 + 0,13)}$$

При вычисленіи p_m изъ индикаторной діаграммы нужно горизонтальное измѣреніе діаграммы большаго цилиндра увеличить въ отношеніи объемовъ обоихъ цилиндровъ; потомъ суму двухъ площадей діаграммы цилиндра высокаго давленія увеличенной діаграммы цилиндра низкаго давленія обратн

ь прямоугольникъ, имѣющій своимъ основаніемъ длину удлинненной діаграммы большого цилиндра и отсюда вычислить среднее давленіе p_m .

Отношеніе объемовъ цилиндровъ $m = \frac{Fs}{F's'}$ (если F и s размеры малаго цилиндра) выбирается такъ, чтобы оба поршня развивали почти одинаковую работу; для этого нужно сдѣлать: $m = 0,9\sqrt{e}$. По Цейнеру $D = D' \sqrt{\frac{e}{e_1} \times \frac{s_1}{s}}$.

Въ новѣйшихъ машинахъ Вульфа безъ балансира и въ паровыхъ машинахъ Компаундъ дѣлаютъ оба хода s и s' равными и обыкновенно $s = s' =$ суммѣ диаметровъ обоихъ цилиндровъ. Часто встрѣчающееся отношеніе объемовъ цилиндровъ въ Вульфовыхъ балансирныхъ машинахъ, равное 5 до 6, считается вреднымъ, ибо здѣсь при переходѣ пара изъ малаго цилиндра въ большой происходитъ весьма сильное охлажденіе пара на очень большихъ стѣнкахъ большого цилиндра. Цѣлесообразно употреблять наполненіе въ маломъ цилиндрѣ въ $\frac{1}{5}$ до наибольшаго $\frac{1}{2}$ и даютъ большому цилиндру объемъ въ 2,5 до самое большее въ 3 раза большій противъ малаго цилиндра.

Слѣдующая, вычисленная профессоромъ Густ. Шмидтомъ, таблица даетъ цѣлесообразно выбранныя отношенія, при чемъ конечное давленіе въ большомъ цилиндрѣ достигаетъ 0,7 атмосферъ.

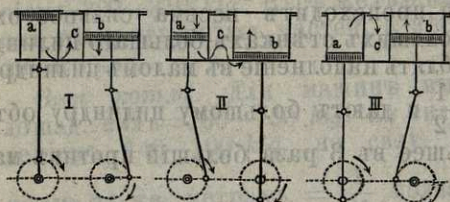
Таблица отношеній объемовъ цилиндровъ и степеней расширенія для Вульфовыхъ и компаундъ машинъ.

Абсолютное давленіе при впускѣ въ атмосферахъ.	Полное расширеніе.	Отношеніе объемовъ.	Расширеніе въ маломъ цилиндрѣ.	Отношеніе расширенія въ маломъ цилиндрѣ.	Среднее давленіе пара на большой поршень p_m .
3,15	4,5	1,97	2,28	0,438	1,578
3,5	5	2,14	2,33	0,429	1,652
3,85	5,5	2,31	2,38	0,420	1,718
4,2	6	2,47	2,42	0,412	1,779
4,45	6,5	2,63	2,47	0,404	1,835
4,9	7	2,78	2,51	0,397	1,887
5,25	7,5	2,93	2,56	0,390	1,935
5,6	8	3,07	2,60	0,384	1,981

Помощію величинъ послѣдняго столбца p_m можно опредѣлять работу за ходъ поршня $d = F's' p_m$ и отсюда силу машины въ лошадахъ.

Если уже машины Вульфа, въ которыхъ оба поршня дѣйствуютъ на одинъ кривошипъ или на два, но насаженные под угломъ 180° имѣютъ болѣе равномерный ходъ чѣмъ равносильная одноцилиндровая машина, потому что давленіе на кривошипъ во время одного хода выходитъ равномернѣе, то это еще въ гораздо большей степени наблюдается въ паровыхъ машинахъ системы компаундъ (Compound).

Подъ названіемъ паровыхъ компаундъ машинъ понимаются такіе паровые двигатели, въ которыхъ паръ расширяется въ двухъ разной величины цилиндрахъ, въ одномъ послѣ другаго; въ которыхъ поршни сдѣлаю возможно равномернаго хода машины приходить въ мертвыя точки одинъ послѣ другаго и въ которыхъ имѣется промежуточный резервуаръ, чрезъ который проходитъ паръ на своемъ пути изъ одного цилиндра въ другой. Кривошины б. ч. насаживаются подъ 90° . Расчетъ ведется вообще также, какъ для машинъ Вульфа (Фиг. 54, 55—56) даютъ три положенія



Фиг. 54, 55—56.

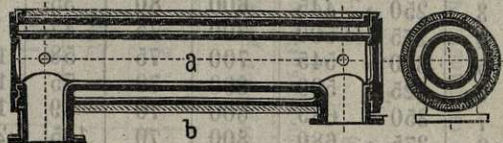
вертикальной компаундъ паровой машины, изъ которыхъ легко можно понять дѣйствіе пара. Въ 1 положеніи находящійся предъ поршнемъ *a* малого (высокаго давленія) цилиндра объемъ пара долженъ при нисхожденіи поршня перейти въ большій (низкаго давленія) цилиндръ, но такъ какъ поршень *b* этого цилиндра уже прошелъ половину своего хода, то было бы неблесообразно заставить на него внезапно дѣйствовать паръ малого цилиндра. Поэтому запираютъ большій цилиндръ именно тогда, когда начинается выходъ пара изъ малого цилиндра; и этотъ выходящій паръ задерживаютъ въ промежуточномъ резервуарѣ (по англійски *гесеиверъ*) столько долго, пока большій поршень достигнетъ конца своего хода; здѣсь паръ въ это время снова подогревается посредствомъ паровой рубашки.

Положеніе II указываетъ поршень низкаго давленія *b* въ концѣ хода и паръ можетъ изъ *c* и изъ малого цилиндра входить назадъ поршня *b*, чтобы двигать его снизу вверхъ. Когда поршень *a* (какъ даетъ III) достигъ своего конечнаго положенія, то цилиндръ низкаго давленія опять запертъ и находящійся въ немъ паръ вполне расширяется, въ то время какъ на передней сторонѣ поршня *b* господствуетъ пустота.

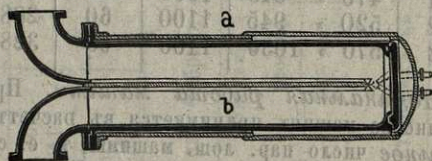
Оба цилиндра снабжены распредѣленіемъ съ расширеніемъ, но малый цилиндръ получаетъ переменное расширение управляемое отъ регулятора, тогда какъ большій цилиндръ работаетъ съ постояннымъ наполненіемъ, устанавливаемымъ отъ руки.

Промежуточный резервуаръ (пріемникъ—*гесеиверъ*) есть болѣею частію широкая труба между обоими цилиндрами, а въ вертикальныхъ машинахъ онъ получается такъ, что малый цилиндръ окружаютъ оболочкою и промежутокъ между нею и цилиндромъ служитъ для принятія пара.

Объемъ приемника достаточно дѣлать равнымъ объему малѣйшаго цилиндра, но однако дѣлаютъ его иногда отъ 0,8 до 1 объема большаго цилиндра. Нагрѣваемая поверхность приемника простирается отъ 1 до $1\frac{1}{2}$ полной внутренней поверхности большаго цилиндра. (Фиг. 57—58) даетъ конструкцію ресейера, употребляемаго въ стоячихъ компаундъ машинахъ и состоящаго изъ трубы діаметромъ 150 мм. внутри, которая соединяетъ обѣ золотничныя коробки. Средняя часть этой трубы *a* нагрѣвается свѣжимъ паромъ помощію пространства (Фиг. 59) изображаетъ приемникъ, состоящій изъ двойнаго



Фиг. 57—58.



Фиг. 59.

оболочка обыкновенно еще окружается худыми проводниками теплоты (войлокомъ, деревомъ), а равно и дно ея.

Оба цилиндра снабжаются паровыми рубашками, нагрѣваемымъ прямымъ паромъ, но это необходимо лишь для большаго цилиндра. Конденсаціонная вода посредствомъ особаго соса перекачивается обратно въ котель.

Теоретически компаундъ машины не представляютъ никакой выгоды, между тѣмъ на практикѣ даютъ экономію топлива, не достигаемую никакою другой системой; это преимущество ихъ можно объяснить только тѣмъ, что потеря пара здѣсь менѣе, чѣмъ въ одноцилиндровыхъ машинахъ. Эта потеря происходитъ отчасти чрезъ течи въ поршнѣ въ золотникѣ, отчасти отъ конденсаціи свѣжаго пара на стѣнахъ цилиндра при низкой ихъ температурѣ. При двухъ цилиндрахъ разность давленій и температуръ для каждого цилиндра менѣе, а чрезъ это менѣе потеря пара.

Данная въ слѣдующей таблицѣ работа предполагаетъ 5,5 атмосферъ давленіи (сверхъ воздушнаго) при впускѣ въ маломъ цилиндрѣ и относится къ нормальному наполненію 30% малаго цилиндра; данная же наибольшая работа относится къ

70% наполнения. Отношение объемов цилиндровъ высокаго и низкаго давленія = 3: 10

Таблица паровыхъ компаундъ машинъ машиностроительной фабрики въ Герлицъ.

№	Поршень.		Число обор. въ мин.	Дѣйствит. сила.		Діам. махов.	Вѣсъ машины
	Діаметръ.	Ходъ.		Норм.	Наиб.		
1	200 и 365	500	90	21	41	2,20	8000
2	225 » 400	600	80	28	55	2,50	10000
3	250 » 445	600	80	35	68	2,82	12500
4	275 » 500	700	75	47	92	3,14	16000
5	300 » 545	700	75	58	113	3,45	17500
6	325 » 590	800	70	75	145	3,76	22500
7	350 » 635	800	70	89	172	4,08	26000
8	375 » 680	800	70	105	204	4,5	28500
9	400 » 730	950	65	138	268	4,7	38000
10	440 » 800	1000	65	180	350	5,0	45000
11	470 » 845	1000	65	210	408	5,0	52600
12	520 » 945	1100	60	268	520	5,5	65000
13	570 » 1030	1100	60	328	636	6,0	72000

Номинальная работа машины. При продажѣ и оцѣнѣ стоимости машинъ принимается въ расчетъ номинальное или нарицательное число пар. лош. машины, т. е. соответствующее скорости поршневого поршня, опредѣленной по Уатту, и рабочему полезному давленію пара въ машинахъ низкаго давленія въ 7, а въ машинахъ усиленнаго давленія, работающих при упругости пара въ 3½ до 4 атм., въ 21 англ. фунт. на кв. дюйм.

Поэтому если d діаметръ поршня въ дюйм., L длина хода поршня въ фут., то номинальное число пар. лош. машины давленія:

$$\text{низкаго, } N = \frac{\pi d^2}{4} \times \frac{7 \times 128 \sqrt{L}}{33000} = \frac{d^2 \sqrt{L}}{47} \text{ пар. лош.}$$

$$\text{усиленн. } N = \frac{\pi d^2}{4} \times \frac{21 \times 128 \sqrt{L}}{33000} = \frac{d^2 \sqrt{L}}{15,63} \text{ пар. лош. *)}$$

При выраженіи d въ сантиметр., и L въ метрахъ, мѣняются 147 на 204 и 15,63 на 68.

По правилу англійскаго адмиралтейства, номинальное число пар. лош. соответствуетъ рабочему полезному давленію пара въ 7 англ. фунт. на кв. дюйм., при скорости поршня, опредѣленной по контракту; или если скорость эта v фут. въ минуту (§ 139) то

$$N = \frac{\pi d^2}{4} \times \frac{7v}{33000} = \frac{d^2 v}{6000} \text{ пар. лош.}$$

При выраженіи d въ сантиметр. и v въ метр. въ минуту мѣняется 6000 на 0,59 или $\frac{1}{6000}$ на 1,695.

*) Приблизительно номинальная работа машины съ однимъ цилиндромъ, діаметромъ d дюйм., принимается $N = \frac{1}{10} d^2$ пар. лош.

Вообще номинальная сила опредѣляетъ скорѣе величину машины, но не дѣйствительную работу.

h. Нормальный паровой цилиндръ. Диаметръ стержня поршня $d = \frac{1}{6}$ до $\frac{1}{7} D$. Толщина стѣнокъ цилиндра $\delta = 20 + \frac{D_{\text{мм.}}}{100}$ по англійскому правилу не менѣе 25 мм. Толщина фланцевъ $\delta_1 = \frac{9}{8}$ до $\frac{4}{3} \delta$. Толщина крышки $= \delta$. Расточка (цилиндрическая) для крышки $= D + 10$ до 15 мм. Зазоръ или промежутокъ между крышкой и поршнемъ на каждой сторонѣ для малыхъ машинъ 4 мм., для большихъ 8—10 мм. Четыреугольныя головки крышечныхъ винтовъ пригоняются съ одной стороны, ихъ диаметръ $d_1 = \delta$. На внешнемъ краѣ остается между фланцами зазоръ 3 до 6 мм. Толщина стѣнокъ золотниковой коробки берется $= \frac{2}{3}$ до $\frac{3}{4} \delta$. Число винтовъ крышки получится если окружность для дыръ раздѣлимъ на 13—12" при $d_1 = 1\frac{1}{2}"$; на 11—10" при $d_1 = 1\frac{3}{8}"$; на 9—8" при $d_1 = 1\frac{1}{4}"$; на 7—6" при $d_1 = 1\frac{1}{8}"$. Толщина стѣнокъ золотниковой коробки $\frac{2}{3}$ до $\frac{3}{4} \delta$. Для защиты отъ охлажденія часто устраиваютъ паровую рубашку, которая отливается вмѣстѣ съ цилиндромъ или же отдѣльно (промежутокъ 30 до 50 мм.). Вообще же достаточно обшивки изъ худыхъ проводниковъ теплоты, дерева, шерсти и пр. или слой воздуха при деревянной или желѣзной оболочкѣ. Принадлежности цилиндра: продувательные краны, маслянки и трубки для установки индикатора.

i. Паровые каналы.

1. Если a и b высота и ширина обоихъ паровыхъ каналовъ, a_0 ширина выпускнаго канала; a_1 толщина перегородки, то

$$ab = \frac{1}{25} D^2 \frac{\pi}{4} \text{ до } \frac{1}{20} D^2 \frac{\pi}{4}.$$

Скорость пара въ каналахъ не должна превышать 30 м. По Радингеру площадь впуска $= ab$ зависитъ отъ скорости поршня v :

$$\frac{ab}{F} = \frac{\text{площадь впуска}}{\text{сѣченіе цилиндра}} = \frac{v}{30}; \quad ab = \frac{Fv}{30}.$$

Примѣчаніе. При этомъ скорость пара въ каналахъ при половинѣ хода поршня $\frac{\pi}{2} \cdot 30 = \text{около } 50 \text{ м.}$, что причиняетъ лишь незначительную потерю давленія:

Абсолютная величина потери давленія отъ недостаточной ширины каналовъ возрастаетъ почти пропорціонально давленію пара и при этомъ зависитъ отъ длины и направленія пути пара; при 100 м. скорости пара потеря составляетъ 10 до 20% абсолютной упругости пара.

При короткихъ прямыхъ впускныхъ каналахъ въ машинахъ съ паровою рубашкою площадь ихъ $= \frac{Fv}{40}$ еще достаточна.

Выпускные каналы дѣлаются шире, а именно $= \frac{Fv}{20}$ (дабы при перемѣнѣ хода получить быстрый выходъ пара).

При $v < 1$ м. часто удерживаютъ $\frac{F}{30}$.

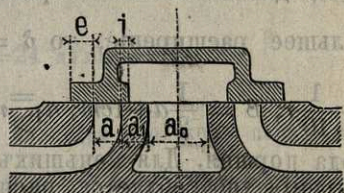
Для двухцилиндровыхъ машинъ правила остаются тѣже самыя; переходная труба пропорціонируется какъ каналы большаго цилиндра—или шире (какъ ресейферъ). Если же выпускныя части малаго цилиндра дѣйствуютъ какъ впускныя большаго, то ширина каналовъ опредѣляется по послѣднему.

2. Отношеніе высоты къ ширинѣ каналовъ при распредѣленіи золотникомъ равно $\frac{1}{6}$ въ ма-

лыхъ машинахъ, $\frac{1}{7}$ въ среднихъ

и $\frac{1}{7}$ до $\frac{1}{10}$ въ большихъ.

Пароотводный каналъ дѣлается въ 2 до $2\frac{1}{2}$ разъ выше, чѣмъ ведущій въ цилиндръ.



Фиг. 60.

Ширина стѣнки между каналами равна толщинѣ стѣнокъ цилиндра.

3. Чугунные двухъопорные вентили получаютъ (по Fehland'y) диаметръ $0,19D\sqrt{v}$ для впуска и $0,21D\sqrt{v}$ для выхода пара. При колокольныхъ вентилехъ изъ бронзы при маломъ числѣ оборотовъ достаточно для первыхъ $0,18D\sqrt{v}$. Паропроводная труба имѣетъ $d=0,18D\sqrt{v}$ и пароотводная $d=0,20D\sqrt{v}$. Отводящая труба къ холодильнику $= 0,22D\sqrt{v}$ и для малыхъ машинъ до $0,25D\sqrt{v}$.

к. Распредѣленіе пара.

1. Опредѣливъ ширину каналовъ a располагаютъ золотникъ и его эксцентрикъ по Грабаку.

Уголъ предъускоренія $\delta = 20^\circ$ (отъ 10° до 30°).

Эксцентриситетъ $r = \frac{4}{3}a$ или $(a+e)$ 50 до 80 мм.

Внѣшнее перекрытіе $e = \frac{1}{4}r = \frac{1}{3}a$.

Внутреннее $i = \frac{1}{12}r$ (или отъ 0 до 2 мм.)

Линейное предъускореніе . . . $v = \frac{1}{10}r$ ($v+e = r \sin \delta$) или 2 до 6 мм. до $\frac{1}{4}a$, наибольшая величина при большихъ скоростяхъ (въ локомотивахъ).

Ширина стѣнокъ между окнами $\beta = \frac{1}{2}a + 1^{cm}$ (или равна толщинѣ стѣнокъ цилиндра).

Ширина выходнаго окна . . . $a_1 \geq r + a + i - \beta$.

Такой золотникъ отсѣкаетъ паръ на 91% хода поршня, слѣд. даетъ постоянное расширеніе 9° . Если желаютъ имѣть большее расширеніе, то $\delta = 30^\circ$; $r = \frac{5}{3}a$; $e = \frac{4}{10}r = \frac{2}{3}a$.

$i = \frac{1}{10}r$; $\beta = \frac{1}{2}a + 1^{cm}$; $a_1 \geq r + a + i - \beta$, отсѣчка пара на 80% хода поршня. Для меньшихъ отсѣчекъ для переменнаго расширенія употребляется распредѣленіе Мейера: коренной золотникъ строится по предъидущему, а отсѣчный состоитъ изъ 2 пластинъ. Ширина оконъ въ золотникѣ $a_1 = 0,85a$. Уголъ предъускоренія $\delta = 8^\circ$ до 20° , $\delta_0 = 60^\circ$ до 90° . Чѣмъ болѣе разность $\delta_1 - \delta$ тѣмъ быстрее дѣлается отсѣчка, что выгодно.

Вернуть $\delta_1 - \delta = 60^\circ - 70^\circ$. Эксцентриситетъ $r_0 = \frac{5}{4}r$. Если діаметръ относительнаго золотниковаго круга (изъ діаграммы) r_1 наибольшее раздвиганіе отсѣчекъ x_{max} при наименьшемъ наполненіи, то $L - l = r_1 + 3\frac{1}{2}$ мм. и $L = r_1 + a_0 + x_{max}$. (Смотри діаграммы).

Если золотникъ долженъ давать полное наполненіе или долженъ служить распредѣлительнымъ (кореннымъ) золотникомъ для распредѣленія Мейера, то по Фелькерсу: $r = 1,26a$; $i = 0,05a$; $\delta = 18^\circ$; $e = 0,208r$.

Примѣръ 1. Машина высокаго давленія, работающая съ давленіемъ 6 атмосферъ. при впускѣ, имѣетъ діаметръ цилиндра 0,27 м. Машина даетъ 72 оборота въ минуту при ходѣ 0,52 м. Какъ велика действительная работа и расходъ пара этой машины, если она работаетъ отсѣчной на $\frac{1}{2}$ хода.

Даны: $D = 0,27$; $\delta = 0,52$; $n = 70$; $p = 6$; $e = 0,5$

$$N_e = \frac{D^2(p_m - p_1 - f)v}{109}$$

$$p_1 \text{ примемъ } = 1,2; p_m = 0,8556 \quad p = 0,8556 \times 6 = 5,1336 \text{ атмосферъ}$$

$$f = 0,012 + \frac{5,1}{D} = 0,012 + \frac{5,1}{27} = 0,202; v = \frac{2s.n}{60} = \frac{2 \cdot 0,52 \cdot 70}{60} = 1,21 \text{ м.}$$

$$N_e = \frac{27^2(5,133 - 1,2 - 0,202)}{109} = \frac{27^2 \times 3,731}{109} = \text{почти } 25 \text{ лощ. силы.}$$

Полезный расходъ пара

$$S_1 = 0,36 Fv (e+m) \quad \gamma = 0,36 \frac{\pi}{4} 27^2 (0,5 + 0,05) 3,044 = 345 \text{ килограм.}$$

Потеря пара

$$S_2 = 4,5 D \sqrt{p_m - p_1} = 4,5 \cdot 27 \sqrt{5,133 - 1,2} = 241 \text{ килогр.}$$

Полный расходъ пара

$$S = S_1 + S_2 = 345 + 241 = 596 \text{ килограмовъ.}$$

а на лошадиную силу въ часъ

$$\frac{S}{N_e} = \frac{596}{25} = 24 \text{ килогр.}$$

Примръ 2. Определить діаметръ цилиндра и расходъ пара для 40 сильной паровой машины при отсѣчкѣ на $\frac{1}{3}$ хода, если паръ входить въ цилиндръ съ давленіемъ 5 атмосфер., а скорость поршня д. б. 1,45 метр.

$$\text{Даны: } N_e = 40; e = \frac{1}{3}; p = 5; c = 1,45; N_e = \frac{D^2 (p_m - p_1 - f)}{109}$$

$$p_m = 0,7196 \quad p = 0,7196 \times 5 = 3,598 \text{ атмосфер. } p_1 = \text{примемъ } 1,15 \text{ атмосфер.}$$

$$f = 0,012 + \frac{5,1}{D}; 109 N_e = D^2 (p_m - p_1 - f) v; 109 \cdot 40 =$$

$$D^2 \left(3,598 - 1,15 - 0,012 - \frac{5,1}{D} \right) 1,45; \frac{109 \times 40}{1,45} = 2,436 D^2 - 5,1 D;$$

$$2,436 D^2 - 5,1 D = 3007.$$

$$D^2 - 2,094 D = 1238; \text{ откуда } D = 36,3 \text{ ст.}$$

Полезный расходъ пара:

$$S_1 = 0,36 Fv (e+m) \quad \gamma = 0,36 \frac{\pi}{4} 36,3^2 \times 1,45 (0,33 + 0,05) 2,574 = 516 \text{ килограмм.}$$

Потеря пара

$$S_2 = 4,5 D \sqrt{p_m - p_1} = 4,5 \times 36,3 \sqrt{3,598 - 1,15} = \text{почти } 256 \text{ кил.}$$

Полный расходъ пара $S = S_1 + S_2 = 516 + 256 = 772$ килограмма.

$$\text{А на лошадиную силу въ часъ } \frac{S}{N_e} = \frac{772}{40} = 19,3 \text{ килогр.}$$

Примѣръ 3. Машина съ охлажденіемъ имѣетъ 38 ст. въ діаметръ поршня и работаетъ съ отсѣчкою на $\frac{1}{4}$ хода при давленіи впуска $4\frac{1}{2}$ атм. Если она при ходѣ = 60 ст. дѣлаетъ 60 оборотовъ въ минуту, то какъ велики индикаторная и эффективная силы. Конденсація происходитъ при 0,2 атмосферы.

Даны: $m=38$; $p=4,5$; $p_1=0,20$; $s=0,70$; $n=60$; $e=0,25$

$$N_i = \frac{D^2(p_m - p_1)v}{96}$$

$$p_m = 0,6258 \quad p = 0,6258 \times 4,5 = 2,82 \text{ атм.}; \quad c = \frac{2sn}{60} = \frac{2 \cdot 0,7 \cdot 60}{60} = 1,4 \text{ м.}$$

$$N_i = \frac{38^2(2,82 - 0,20)1,4}{96} = 55 \text{ индикат. лошади. силъ.}$$

$$N_e = \frac{D^2(p_m - p_1 - f)v}{109}; \quad f = 0,121 + \frac{3,85}{D} = 0,121 + \frac{3,85}{38} = 0,222$$

$$N_e = \frac{38^2(2,82 - 0,20 - 0,222)1,4}{109} = \text{почти } 44 \text{ дѣйствит. лошади. силы.}$$

$$\text{Коэффициентъ полезнаго дѣйствія } \frac{N_e}{N_i} = \frac{44}{55} = 0,80.$$

Полезный расходъ пара

$$S_1 = 0,36 Fv (e + m) \quad \gamma = 0,36 \frac{\pi}{4} 38^2 \times 1,4 (0,25 + 0,05) 2,339 = 401 \text{ klg.}$$

Потеря пара.

$$S_2 = 4,5 S \sqrt{p_m - p_1} = 4,5 \times 38 \sqrt{2,82 - 0,20} = 277 \text{ килограмм.}$$

Полный расходъ пара

$$S = S_1 + S_2 = 401 + 277 = 678 \text{ килограмм.}; \text{ на силу въ часъ } \frac{S}{N_e} = 15,4 \text{ вил.}$$

Примѣръ 4. Определить діаметръ цилиндра и расходъ пара 150 сильной машины съ охлажденіемъ, которая работаетъ съ отсѣчкою на $\frac{1}{5}$ хода при давленіи впуска 6 атмосф. Скорость поршня 1,6 метра.

$$\text{Даны: } N_e = 150; \quad p = 6; \quad e = 0,2; \quad v = 1,6; \quad N_e = \frac{D^2(p_m - p_1 - f)v}{109}$$

$$p_m = 0,5588 \quad p = 0,5588 \cdot 6 = 3,3528 \text{ атм.}; \quad p_1 = 0,20; \quad f = 0,121 + \frac{3,85}{D}$$

$$150 = \frac{D^2 \left(3,3528 - 0,20 - 0,121 - \frac{3,85}{D} \right) 1,6}{109}; \quad 150 \cdot 109 = 3,0218 D^2 - 3,85 D$$

$$3,0318 D^2 - 3,85 D = 10219; \quad D^2 - 1,27 D = 3372 \text{ и}$$

$$D = \text{почти } 59 \text{ ст.}$$

Если возьмемъ ходъ $s=2$ $D=2.59=118$ ст.=1,18 м., то число

$$\text{оборотовъ } n = \frac{60 v}{2 s} = \frac{60 \cdot 1,6}{2 \cdot 1,18} = 40,7.$$

Расходъ пара

$$S = S_1 + S = 0,36 \frac{\pi}{4} \cdot 59^2 \times 1,6 (0,20 + 0,05) 3,044 +$$

$$4,5 \times 59 \sqrt{3,3528 - 0,20} = 1672 \text{ килогр.}$$

а на силу $S : N_e = 1672 : 150 = 11,15$ килогр.

Если желаютъ устроить машину по системѣ Woolf'a съ отсѣчкою $e = 0,7$ въ маломъ цилиндрѣ при ходѣ малаго поршня $s = 0,8$ хода большаго поршня, то діаметръ малаго цилиндра будетъ

$$D = D_1 \sqrt{\frac{e}{e_1} \times \frac{s_1}{s}} = 59 \sqrt{\frac{0,2}{0,7} \times \frac{0,8 \cdot 1,18}{1,18}} = 59 \sqrt{\frac{0,2}{0,56}} = 35,1 \text{ ст. при ходѣ } s = 0,8 \text{ } s_1 = 0,8 \times 1,18 = 0,944 \text{ метр.}$$

1. Конденсация, воздушный насосъ и питание.

1. Обозначимъ: M *klg* расходъ пара въ часъ, M_0 *klg*. количество вбрызгиваемой воды въ часъ; t_1 температура въ конденсаторѣ, t_0 температура вбрызгиваемой воды; $V = F s$ описываемый поршнемъ объемъ цилиндра (въ двучилиндровыхъ машинахъ объемъ большаго цилиндра); $V_1 V_2 V_3$ объемы насосовъ для холодной воды, воздушнаго и конденсатора, то необходимое для конденсаціи количество воды приблизительно

$$M_0 = \frac{600 - t_1}{t_1 - t_0} M$$

откуда при средней температурѣ $t_1 = 35^\circ$ въ конденсаторѣ и $t_0 = 12^\circ$ притекающей воды: $M_0 = 25 M$, т. е. количество охлаждающей воды въ 25 разъ болѣе вѣса употребленнаго пара.

Въ практикѣ рассчитываютъ насосъ на 20 до 30 *klg*. воды на 1 *klg*. охлаждаемаго пара. По Улянду количество воды для охлажденія можно принимать 0,65 до 0,85 куб. м. въ часъ на лошад. силу, почти въ 28 разъ болѣе количества питающей воды. Отсюда вычисляется величина насоса для холодной воды.

2. Насосъ для холодной воды. Пусть x удѣльный объемъ пара (т. е. отношеніе объема пара при данномъ давленіи къ объему воды, изъ котораго онъ образовался); предполагая наибольшее наполненіе пароваго цилиндра $e = 0,5$, количество холодной воды для одного простаго хода

$$q_1 = 25 \frac{0,5 V}{x}$$

При 3 атмосферахъ упругости $x = 619$ слѣдов.	$q_1 = 0,02$ V
» 4 » » » $x = 479$ »	$q_1 = 0,027$ V
» 5 » » » $x = 389$ »	$q_1 = 0,033$ V
» 6 » » » $x = 328$ »	$q_1 = 0,038$ V

По *Hütte* насосы простаго дѣйствія имѣютъ $V_1 = \frac{1}{24}$ до $\frac{1}{18}$ V. (0,04 до 0,055 V), т. е. строятся съ большимъ запасомъ.

Чтобы получить сопротивленіе на паровомъ поршнѣ, про-исходящее отъ подниманія воды на высоту H , надо эти числа умножить на 0,15 H .

Примѣръ. Вода для холодильника должна быть поднята съ глубины $H=8$ метр. Машина имѣетъ $D=0,38$ м. и $s=0,7$ м. при $p=4,5$ атм. $q_1=0,03$ V $=0,03 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 0,38^2 \cdot 0,7=0,0024$ куб. м. за одинъ про-стой ходъ.

0,15 H . $0,03=0,15 \cdot 8 \cdot 0,03'=0,0045 \cdot 8=0,035$ атм. сопротивле-ніе на пар. поршнѣ.

3. *Насосъ для теплой воды или воздушный насосъ* служить для удаленія воды, не конденсировавшагося пара и выдѣлившагося изъ воды атмосф. воздуха; онъ долженъ выгачивать конденсировавшуюся воду при $\frac{1}{4}$ до $\frac{1}{3}$ наполненіи (самое большое $\frac{1}{2}$) (прочее прост-ранство наполняется при всасываніи воздухомъ и паромъ изъ конденса-тора), т. е. онъ въ состояніи выгачивать $3\frac{1}{2}$ объема вбрызгиваемой воды; Воздушный насосъ д. м. такіе размѣры, чтобы онъ могъ выка-чивать по Улинду на лошадиную силу въ часъ 2,25 куб. м., а для большей надежности 4,5 куб. м.

Въ практикѣ $V_2=0,2$ V для насосовъ простаго дѣйствія и $V_2=0,1$ V для насосовъ двойнаго дѣйствія. При чрезмѣрно большихъ размѣрахъ воздушный насосъ будетъ очень чувствителенъ вслѣдствіе неплотныхъ сальниковъ, неплотностей поршня и распредѣлительныхъ частей.

Въ машинахъ Вульфа дѣлаютъ объемъ воздушнаго насоса $= \frac{2}{3}$ той части малаго цилиндра, которую проходитъ поршень до отсѣчки.

4. *Конденсаторъ* (холодильникъ) долженъ имѣть объемъ $V_3=1,5$ объема воздушнаго насоса $V_3=0,3$ V (или по кр. м. $V_3=V_2$).

5. *Конденсаторъ прямого дѣйствія.* Конденсаторъ бываетъ прямого дѣйствія, если воздушный насосъ—двойнаго дѣйствія и вмѣстѣ съ тѣмъ служить, какъ насосъ для холодной воды. Поршень конденсатора сидитъ на общемъ поршневомъ стер-

съ паровымъ поршнемъ, т. е. насосъ находится сзади пароваго цилиндра (въ горизонт. машинахъ), что возможно ишь при умѣренной скорости поршня *).

Объемъ прямо дѣйствующаго холодильника = объему воздушнаго насоса двойнаго дѣйствія $0,1 V +$ объемъ q_1 насоса для холодной воды; слѣд.

$$0,1 V + q_1 = \text{почти } \frac{1}{9} V.$$

Поршень насоса холодильника получаетъ діаметръ $= \frac{1}{3}$ діаметра пароваго поршня. Практика даетъ слѣдующія соотношенія:

Діаметръ паровой трубы $= \frac{1}{5}$ діаметра пароваго поршня

трубы для холод. воды $= \frac{1}{8}$, , ,

трубы для теплої воды $= \frac{1}{5}$, , ,

питат. насоса $= \frac{1}{12}$ до $\frac{1}{15}$, , ,

Площ. отверстій всасыв. клап. $= \frac{1}{5}$ площади цилин. нас. **)

нагнетател. , $= \frac{1}{6}$, , ,

6. Поверхностная конденсація. Этотъ родъ конденсаціи употребляется большею частію только въ пароходныхъ машинахъ. Охлаждающая поверхность трубъ д. б. по кр. м. 33 нагрѣваемой поверхности котла.

5. Питательный насосъ.

Въ практикѣ считаютъ на лошадиную силу въ часъ 25—30 кубовъ воды (2—2,5 ведра); и придаютъ питательному насосу такіе размѣры, что онъ можетъ доставить воды въ 3 раза болѣе. Для питател. насоса простаго дѣйствія:

$$\gamma^0 \frac{\pi d^2}{4} \varphi v_1 = 2D^2 \frac{\pi}{4} v (e+m) \gamma$$

д діаметръ насоса, D —цилиндра; v_1 скорость поршня насоса φ полезное дѣйствіе насоса, обыкновенно—0,8; γ_0 удѣль-

*) При большой скорости поршня употребляется вертикальный установъ воздушнаго насоса; онъ приводится въ движеніе колышатымъ рычагомъ и шатунами отъ штифта кривошипа или отъ штипа ползуна, а еще лучше отъ особаго ползуна сзади цилиндра.

**) По Fehlandу ниже: труба для N лощ. силъ $= 0,5 N + 20$ въ кв. сант. кранъ ней $= 0,9$ сѣченія трубы, его діаметръ 1:9 діам. возд. насоса; выпускная труба $= 0,125$ до $0,166$ сѣченія насоса; площадь клапановъ $= 0,25$ онаго.

ный вѣсъ воды=1000; m . вредное пространство пароваго цилиндра; γ вѣсъ куб. метра пара въ $kg.$; e наибольшая отсѣвка. При 3 кратной надежности диаметр насоса,

$$d = D \sqrt[3]{\frac{2v(e+m)\gamma}{\gamma_0 \varphi v_1}}$$

Въ отношеніи надежности дѣйствія самостоятельный паровой питательный насосъ нужно предпочесть двигаемой самою машиною.

Инжекторъ требуетъ для дѣйствія почти тоже количество пара, какъ и хорошо устроенный питательный насосъ.

6. Въ машинахъ, которыхъ работа должна быть современемъ увеличена, весь конденсационный аппаратъ пропорціонированъ сообразно наибольшей возможной работѣ машины.

2. Золотниковыя діаграммы Цейнера.

Отъ хорошаго парораспределенія требуется:

1. Возможно *быстрое, почти мгновенное открываніе* каналовъ для свѣжаго пара.

2. Столь же *быстрое отсѣканіе* (запираніе) пара автоматически отъ регулятора который и опредѣляетъ степень наполненія.

3. *Постоянное или близкое къ нему предускореніе впуска* для всѣхъ степеней наполненія, незначительное предускореніе выхода пара и нѣкоторое не слишкомъ сильное, но постоянное сжатіе при концѣ хода поршня.

4. *Надежность дѣйствія*, которая существенно обусловливается хорошою и возможно простою конструкціею.

При построеніи небольшихъ машинъ отъ выполненія втораго условія б. ч. отказываются. Степень, въ которой м. б. выполнены и выполняются остальные условія можно нагляднѣе всего узнать изъ діаграммъ парораспределенія.

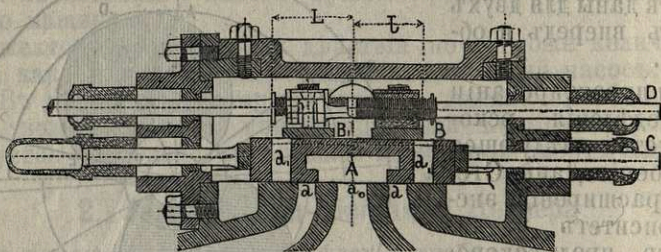
а. Простое парораспределеніе.

На (фиг. 61—62) буквы xx обозначаютъ направленіе движенія золотника; δ уголъ предускоренія, т. е. отклоненіе золотника отъ нормали yy къ xx , если поршень находится въ мертвой точкѣ.

Откладываемъ перекрытія $e=OA$ и $i=OB$ и ширину каналовъ $a=AA_1=BB_1$ какъ радіусы и проводимъ изъ O круги, дѣлаемъ OM = половинѣ эксцентриситета и чертимъ изъ M кругъ, такъ называемый золотниковый кругъ. Если опишемъ еще изъ O кругъ кривошипа (уменьшенный въ произвольномъ масштабѣ), то отрѣзки проведеннаго въ этомъ кругѣ радіуса (положеніе кривошипа), находящіеся внутри золотниковаго круга дадутъ разстоянія золотника отъ его средняго положенія. Затѣненная верхняя часть діаграммы даетъ величину открыванія окна для впуска, нижняя для выпуска пара.

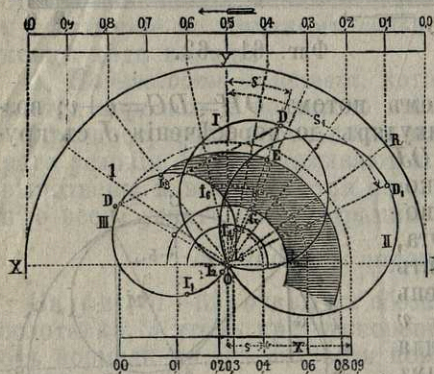
Для какагонибудь угла поворота ω кривошипа (діаграммный кривошипъ движется по направленію стрѣлки) отъ мертвой

(фиг. 64) оба золотника представлены въ среднемъ положеніи (предполагая, что онѣ разобщены отъ эксцентриковъ). На диаграммѣ (фиг. 65) $OD=r$ и $OD_1=r_1$. Кругъ I соответствуетъ коренному золотнику, кругъ II отсѣвнымъ пластинамъ и III есть относительный золотниковый кругъ, получающийся изъ параллелограмма OD_1DD^0 . Хорды круга III даютъ разстоянія $\theta-\theta_0$ между серединами обоихъ золотниковъ. Разстоя-



Фиг. 64.

ніе $l+x$ внешней кромки отсѣвной пластинки отъ ея средней положенія есть переменное и измѣняется съ x . Для данной степени расширенія дѣлаемъ $L-(l+x)=OE$ и $EG=a_1$; проводимъ круги изъ O чрезъ E и G ; затѣненная часть даетъ ширину впускнаго отвер-



Фиг. 65.

стія въ коренномъ золотникѣ. Въ положеніи кривошипа, гдѣ кругъ I пересѣкаетъ кругъ III начинается расширеніе. Чѣмъ шире раздвинуты пластины, тѣмъ больше $l+x$, тѣмъ радиусъ OE менѣе тѣмъ ранѣе происходитъ отсѣчка. При малыхъ степеняхъ наполненія пластины могутъ быть раздвинуты столь далеко одна отъ другой, что $L-(l+x)$ будетъ отрицательна; напри-

м. . . тѣмъ . . . нитс . . . напо . . . прин . . . ра . . . 3

діусъ кривошипа OR_1 пересѣкаетъ кругъ III въ нижней четверти.

Чтобъ не было двойнаго впуска пара за одинъ ходъ поршня достаточно чтобъ діаметръ OD_0 совпадалъ съ направлениемъ кривошипа, въ которомъ коренной золотникъ закрываетъ паровпускное окно; при наименьшемъ расширеніи (когда отсѣвныя пластины д. б. вполне сдвинуты и $x=0$) отсѣчка пара обоими золотниками дѣлалась бы одновременно при $L-l=OD_0$; но такъ какъ пластины въ этомъ случаѣ отсѣкаютъ гораздо медленнѣе, чѣмъ коренной золотникъ, тѣмъ

вы
бе
ши
ка
со
Дл
те
ме
рас
об
I
зад
гра
Е
I
d=
пор
сте
Д
ств
впу
П
сек.
=
2
=40
им.
тѣмъ
нйтс
напо
прин
4
3
вну
Если
замъ,
сомъ
Но б

выгодно чтобъ $L-l$ было немного болѣе $0, D_0=r_0$. По Грабаку берутъ $L-l=r_0+2,5$ мм. Если проведемъ положенія кривошипа, въ которыхъ должна произойти отсѣчка, то въ точкахъ пересѣченія ихъ съ кругомъ III получимъ изъ діаграммы соответствующія величины разности $L-(l+x)$ и раздвиганія x . Для опредѣленія L и l имѣемъ уравненіе $L > r_0 + x_{\max} + a_1$; т. е. что каналъ a_1 въ коренномъ золотникѣ при небольшомъ раздвиганіи отсѣчныхъ пластинъ (при наибольшемъ расширеніи) не долженъ открываться для входа пара извнутри; обыкновенно берутъ $L=r_0+x_{\max}+a_1+3,5$ мм.

При данныхъ r, r_1, δ и δ_1 построивъ діаграмму, найдемъ r_0 ; задавшись наибольшею степенью наполненія, найдемъ изъ діаграммы $x_{\max}$ и всѣ размѣры золотника, т. е. L и l .

Въ машинахъ съ обратнымъ ходомъ (съ кулисою) $\delta_1=90^\circ$.

Примѣръ. Паровая машина въ 12 силъ имѣетъ діаметръ цилиндра $d=320$ мм. Скорость поршня 1,5 м. (при 80 обор. въ минуту и ходъ поршня 0,560 м.). Опредѣлить всѣ размѣры распредѣленія Мэйера для степени наполненія $\epsilon = \frac{1}{2}$.

Давленіе пара въ котлѣ $p'=5$ атм., но длина паропровода и свойство паровыхъ каналовъ въ цилиндрѣ обуславливаютъ давленіе при впускѣ $p=4,5$ килогр. на квадрат. ст. По Грабаку

$$a \cdot b = \frac{v}{15\sqrt{p}} \frac{\pi D^2}{4} = \frac{1,5}{15\sqrt{4,5}} F = \frac{1,5}{15 \times 2,12} F.$$

По Радингеру скорость пара въ каналахъ не д. б. > 30 метр. въ 1 сек.; $a \cdot b \cdot 30 = F \cdot v$; $ab = \frac{1,5}{30} F$; по $F=804$ квадрат. сант. и $a \cdot b =$

$\frac{1}{20} F = 40,2$ кв. сант. Возьмемъ $a = \frac{1}{8} b$, тогда изъ $a \cdot b = 8a^2 = 40,2$ имѣемъ $a = \sqrt{\frac{40,2}{8}} = \sqrt{5,025} = 2,24$ сент. или кругло $a=23$

мм., а высота окна $b = 8a = 184$ мм. Хотя распредѣленіе пара будетъ тѣмъ точнѣе, чѣмъ большіе взяты эксцентриситеты, но практика стремится дѣлать ихъ сколько возможно менѣе. Въ нашемъ случаѣ, гдѣ наполненіе будетъ измѣняться лишь въ предѣлахъ отъ 0 до 0,5; можно принимать какъ наименьшую величину для коренного золотника $r =$

$\frac{4}{3} a \approx$ около 30 мм., внѣшнее перекрытіе $e = \frac{1}{4} r \approx$ около 7 мм.

и внутреннее $i = 1$ мм.; линейное предъускореніе $v = \frac{1}{10} r = 3$ мм.

Если построимъ діаграмму, раздѣливъ $OH = e + v = 7 + 3 = 10$ мм. пополамъ, возставивъ перпендикуляръ и проведя чрезъ O, H, J кругъ радіусомъ $\frac{7}{2} = 15$ мм., съ центромъ на перпендикулярѣ то уголъ $\delta = 190^\circ$.

Но было можно вычислить δ по $\sin \delta = \frac{e+v}{r} = \frac{10}{30} = 0,33$. Для ме-

ханизма второго отсѣчного золотника по Грабаку при $\epsilon=0$ до $\frac{1}{2}$ берут

$\delta_1=80''$ и $r_1=\frac{5}{4}$ $r=\frac{5}{4}$ $30=\text{около } 35$ мм.; если эти величины

начертимъ на діаграмѣ и построимъ параллелограммъ, то получимъ диаметр r_0 относительнаго золотниковаго круга $=33,5$ мм. Далѣе по Грабаку $L-l=r_0+2,5=36$ мм. Если отсѣчки раздвинуты на $x=36,0$ мм., то $y=L-l-x=0$ и кругъ O сжимается въ точку; э и будетъ наименьшее наполненіе при $0,167$ хода. Предположимъ ширину канала въ золотникѣ $a_1=a=23$ мм.; по $L=r_0+x_{\max}+a_1=33,5+36+23=92,5$ мм. Предположимъ, что [для герметичности отсѣчки внутренняя кромка отсѣчекъ при ихъ наибольшемъ раздвиганіи перекрываетъ внутренній край канала еще на $3\frac{1}{2}$ мм., тогда $L=92,5+3\frac{1}{2}=96$ мм. и $l=L-(L-l)=96-36=60$ мм. Внѣшняя кромка отсѣчекъ при $x_{\max}$ отстоитъ отъ середины кореннаго золотника на $x_{\max}+r_0+l=36+60+33,5=129,5$ мм. Если полная длина золотника $2 \times 120=240$ мм., то отсѣчки передвинутся при $x_{\max}$ на $9\frac{1}{2}$ мм. за наружн. край

золотника. Когда машина работаетъ съ $\epsilon=\frac{1}{3}$ находимъ $x_{0,33}=23$

мм. Толщина промежуточной стѣнки $b=\frac{1}{2} a+10=\frac{23}{2}+10=21,5$

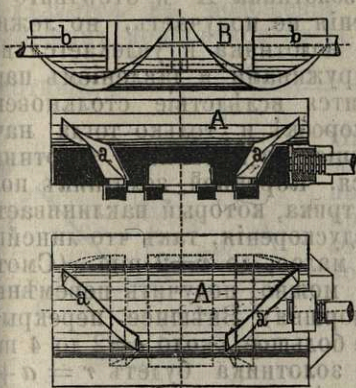
принято 24 мм. Ширина выходнаго окна $a_0=r+a+i-b=30+1-24=7$ мм. принято 36 мм. (т. е. $1\frac{1}{2}a=1\frac{1}{2} \cdot 23=35$). Длина золотника $2 \times 7 + 2 \times 23 + 2 \times 24 + 36=144$ мм., а съ каналами $144+2 \times 23=190$ мм. и съ стѣнками $190+2 \times 25=240$ мм.

Распределеніе Мейера есть лучшее между простыми распределеніями съ расширеніемъ. Для полученія одинаковаго распределенія пара на обѣихъ сторонахъ поршня слѣдуетъ нарезать отсѣчнаго стержня дѣлать различнаго шага. Регулированіе пара б. ч. ручное; однако существуетъ множество видоизмѣненій распределенія Мейера, въ которыхъ раздвиганіе отсѣчекъ дѣлается отъ регулятора.

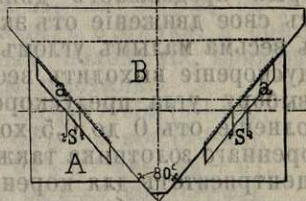
с. Распределение Ридера (Rider).

Основная идея этого распределенія также самая, какъ и Мейеровскомъ распределеніи; особенность же его лежитъ въ формѣ отсѣчныхъ пластинъ, которыя соединены въ одну форму трапеціи, параллельныя стороны которой лежатъ параллельно продольной оси золотника. Работающая поверхность трапецевиднаго отсѣчнаго золотника B образуетъ цилиндрическую поверхность, ось которой совпадаетъ съ осью стержня отсѣчнаго золотника bb . Измѣненіе расширенія получается поворачиваніемъ отсѣчнаго золотника, при чемъ измѣняется разстояніе между ребрами. Изъ (фиг. 66—70) видно положеніе каналовъ A въ коренномъ золотникѣ, которые здѣсь

ограничены по винтовым линиямъ, а также отсѣчный золотникъ *B*, боковыя ребра коего сходятся подъ острымъ угломъ въ 80° , какъ это можно видѣть на развѣрткѣ.

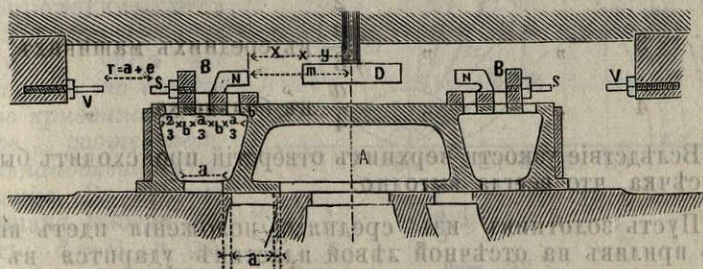


Фиг. 66—68.



Фиг. 69—70.

Стержень золотника *b* плоскій, снабженъ выступами для захватыванія золотника и пригнанъ аккуратно между его лапами. Поворачиваніе золотниковаго стержня, которое при 90° даетъ всѣ степени наполненія (отсѣчки), можно легко поставить въ зависимость отъ регулятора, подвѣсивъ тяга котораго прямо соединяется съ рычагомъ на золотниковомъ стержнѣ. Но чтобы могло происходить попеременное движеніе этого послѣдняго, то втулка рычага внутри дѣлается четырехгранная или снабжается продольною шпонкою, а снаружи



Фиг. 71.

круглая и удерживается отъ продольнаго передвижанія посредствомъ колецъ въ особой подставкѣ, укрѣпленной либо къ рамѣ машины, либо къ золотничной коробкѣ.

того же характера, что и в предыдущем случае. *д. Распределение Парко.*

Оно состоит из коренного золотника *A* и отсѣчного *B*. Последний отъ машины движения не получаетъ, но лежитъ свободно на спинкѣ коренного золотника и увлекается имъ вслѣдствіе нажатія къ нему пружинами и давленіемъ пара до тѣхъ поръ пока не остановится вслѣдствіе столкновенія съ выступающими частями въ коробѣ и только тогда начинается относительное его движеніе по коренному золотнику, который продолжаетъ двигаться. Коренной золотникъ получаетъ свое движеніе отъ эксцентрика, который наклонивается подъ весьма малымъ угломъ предускоренія, такъ что линейное предускореніе выходитъ весьма малое, до $v=2$ mm. (Смотря по выбору угла предускоренія можно получить переменное наполненіе отъ 0 до 0,5 хода поршня). Внешнее перекрытіе *e* коренного золотника также не большое, около $e=2$ до 4 mm. Эксцентриситетъ для коренного золотника будетъ $r = a + e$, такъ что при наибольшемъ удаленіи золотника проходные каналы въ немъ становятся, вполнѣ точно надъ паровыми каналами. (Фиг. 71).

Отсѣчный золотникъ состоитъ изъ 2 отдѣльныхъ пластинъ. Эти пластины, которыя должны закрывать каналы коренного золотника, ударяются выступами *N* въ некруглую шайбу *D*. Также пластины, когда онѣ должны открыть каналы, ударяются винтами *S* въ винты *V*, ввернутые въ стѣнку золотничной коробки.

Верхнее отверстіе каналовъ коренного золотника состоитъ изъ:

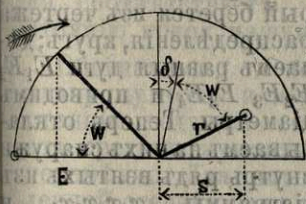
2 отверстій	шириною	$\frac{a}{2}$	въ малыхъ машинахъ.
3	"	$\frac{a}{3}$	въ среднихъ машинахъ.
4	"	$\frac{a}{4}$	въ большихъ "

Вслѣдствіе узкости верхнихъ отверстій происходитъ быстрое отсѣчка, что всегда выгодно.

Пусть золотникъ изъ среднего положенія идетъ въправо приливъ на отсѣчной лѣвой пластинѣ ударится въ кулачекъ, проходя путь x ; тогда отсѣчный золотникъ начинаетъ закрывать отверстія; расширение начнется (произойдетъ отсѣчка) когда золотникъ сдѣлаетъ путь $s=x+\frac{a}{3}$. Разстояние x можно измѣнять чрезъ поворачиваніе кулачка, причемъ измѣняется степень наполненія; такъ какъ поворачиваніе кулачка

сдѣлаетъ путь $s=x+\frac{a}{3}$. Разстояние x можно измѣнять чрезъ поворачиваніе кулачка, причемъ измѣняется степень наполненія; такъ какъ поворачиваніе кулачка

ваніе кулака требуетъ весьма мало силы, то распределеіе Фарко весьма пригодно для управленія имъ отъ регулятора, который можетъ быть весьма чувствительный. Пусть отсѣчка дѣлается въ положеніи поршня въ E (фиг. 72), когда кривошипъ повернулся на $\angle w$; тогда соответствующій ходъ золотника $s = r \sin (\delta + w) = x + \frac{a}{3}$ и $x = r \sin (\delta + w) - \frac{a}{3}$. На



Фиг. 72.

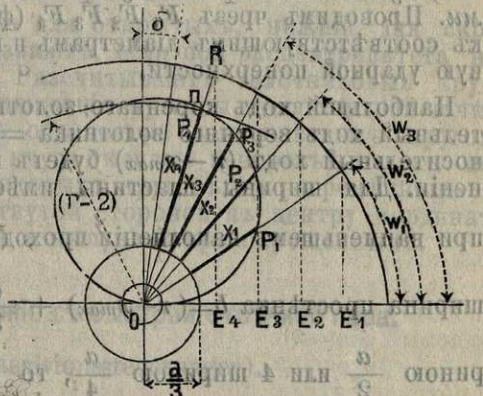
диаграммѣ (фиг. 73) начертимъ золотниковъ. кругъ и положенія поршня $E_1 E_2 E_3 E_4$ въ коихъ происходитъ отсѣчка, и соответственные положенія кривошипа, то ходы золотника

$$\begin{aligned} OP_1 &= r \sin (\delta + w_1); \\ OP_2 &= 2r \sin (\delta + w_2); \\ OP_3 &= r \sin (w_3 + \delta); \\ OP_4 &= r \sin (\delta + w_4) \end{aligned}$$

Начертимъ кругъ радиусомъ $\frac{a}{3}$ изъ 0; отрезки на $OP_1 OP_2$

т. е. $x_1 x_2 x_3$. Наибольшее наполненіе, котораго можно достигъ, произойдетъ при наибольшемъ движеніи золотника, если кривошипъ отстоитъ на уголъ δ отъ мертвой точки. При отсѣчкѣ необходимо для надежности ея, чтобы при наибольшемъ наполненіи верхнія ок-

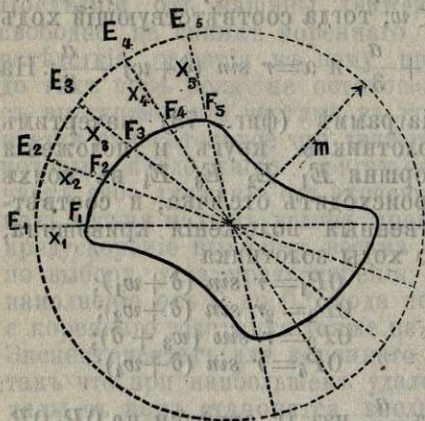
на были перекрыты хотя на 2 мм. Поэтому проводимъ кругъ $(r-2)$ и получаемъ точку n ; чрезъ нее проходитъ то направленіе кривошипа, которое соответствуетъ наибольшему наполненію. Въ малыхъ машинахъ иногда дѣлаютъ $\delta = 0$ и достигаютъ тогда почти половиннаго наполненія, какъ наибольшаго; маховикъ долженъ переводить поршень чрезъ мертвыя точки. Въ большихъ машинахъ всегда употребляется маленький уголъ предъускоренія, что обуславливаетъ малыя перекрытіе e и предъускореніе v . Что въ этомъ случаѣ наибольшее наполненіе только малое и достигаетъ около $\frac{3}{8}$ хода, то это не есть недостатокъ, ибо



Фиг. 73.

Въ большихъ машинахъ всегда употребляется маленький уголъ предъускоренія, что обуславливаетъ малыя перекрытіе e и предъускореніе v . Что въ этомъ случаѣ наибольшее наполненіе только малое и достигаетъ около $\frac{3}{8}$ хода, то это не есть недостатокъ, ибо

всѣ новыя машины работаютъ съ большимъ расширеніемъ пара. Нормальное растояніе между упорными винтами S и V д. б. равно $r=a+e$.



Фиг. 74.

Вычерчиваніе кулачка.

а) Кулачекъ съ перпендикулярными ударными ребрами (фиг. 74). Чертимъ радіусомъ m , который берется изъ чертежа распредѣленія, кругъ; дѣлаемъ равныя дуги E_1E_2 , E_2E_3 , E_3E_4 и приводимъ діаметры. Теперь откладываемъ на нихъ снаружи внутрь рядъ взятыхъ изъ діаграммы $x_1x_2x_3x_4$ и чрезъ полученныя точки F_1 , F_2 , F_3 , F_4 проводимъ кривую; получаемъ ударную поверхность кулачка, которая строится симметрично съ противоположной стороны.

б) Кулачекъ съ перпендикулярными ударными поверхностями. Проводимъ чрезъ F_1 , F_2 , F_3 , F_4 (фиг. 75) перпендикуляры къ соответствующимъ діаметрамъ и касательно къ нимъ кривую ударной поверхности.

Наибольшій ходъ кореннаго золотника $= r - a + e$; относительный ходъ верхняго золотника $= (r - x)$. Наибольшій относительный ходъ $(r - x_{max})$ будетъ при наименьшемъ наполненіи. Для ширины пластины имѣемъ: $b > r - x_{max}$. Если

при наименьшемъ наполненіи проходы перекрыты на $\frac{a}{3}$ то

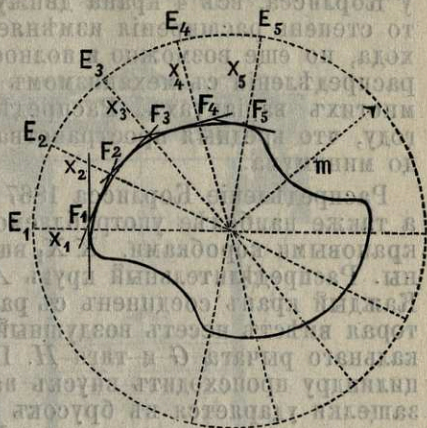
ширина простѣнка $b = (r - x_{max}) + \frac{a}{3}$ (если каналовъ 2 шириною $\frac{a}{2}$ или 4 шириною $\frac{a}{4}$, то въ формулахъ и фигурахъ берутъ $\frac{a}{2}$ и $\frac{a}{4}$ вмѣсто $\frac{a}{3}$).

е. Распредѣленіе кулиссой Стефенсона.

Для передняго и задняго хода машина имѣетъ по одному эксцентрику, изъ коихъ каждый заклиненъ на валу съ нѣско-

торымъ угломъ предускоренія соотвѣтственно двумъ требуемымъ на правленіямъ движенія. Дуга кулисы имѣетъ радіусъ равный длинѣ эксцентриковыхъ тягъ. Каждая точка кулисы можетъ служить ведущею точкою для золотниковой тяги; средняя точка соотвѣтствуетъ состоянію покоя машины.

Обозначимъ s полу-длину кулисы и u разстояние ведущей точки отъ середины кулисы; u переменнo. Для опредѣленной степени расширения можно начертить золотниковый кругъ по координатамъ его центра.



Фиг. 75.

$$\text{ордината} = \frac{r}{2} \left(\sin \delta + \frac{c^2 - u^2}{cl} \cos \delta \right) \text{ и}$$

$$\text{абсцисса} = -\frac{ru}{2c} \cos \delta$$

при чемъ верхній знакъ для открытыхъ, нижній для скрещенныхъ тягъ,—что узнають, если оба эксцентриситета направлены къ кулисѣ. Разсчитываютъ золотниковый кругъ для наибольшаго передвиженія кулисы и для мертвой точки, гдѣ $u=0$ и соединяють оба центра золотниковыхъ круговъ приблизительно дугою круга (кривою центровъ), то на ней лежатъ центры золотниковыхъ круговъ при переменномъ u . Эта дуга обращена вогнутой стороною къ центру координатъ при открытыхъ тягахъ и выпуклой при скрещенныхъ.

3. Распределение съ быстрой отсѣчной пара.

(Praecisionssteuerungen).

а. Распределение кранами по системѣ Кормисса.

Распределение съ быстрой отсѣчкой пара употребляется въ большихъ паровыхъ машинахъ, когда желаютъ получить экономическую работу. Чрезъ расположеніе четырехъ отдѣльныхъ распределительныхъ органовъ (краны, золотники, вентили) дѣлають вредныя пространства малыми. Расширеніе измѣняется самодѣйствующе отъ регулятора во время хода; отсѣчка пара происходитъ почти моментально, безъ всякаго стѣсненія пара въ постепенно суживающихся проходахъ.

Линейное предъускореніе постоянно. Конденсировавшаяся въ цилиндрѣ вода удаляется чрезъ выходные каналы. Если, какъ у Корлисса, всѣ 4 крана движутся отъ одного эксцентрика, то степень расширенія измѣняется только между 0,0 до 0,4 хода, но еще возможно и полное наполненіе. Наружныя части распредѣленія съ механизмомъ разьобшенія исполняются во многихъ вариантахъ. Распредѣленіе кранами имѣетъ ту выгоду, что вредныя пространства можно при этомъ уменьшить до минимума.

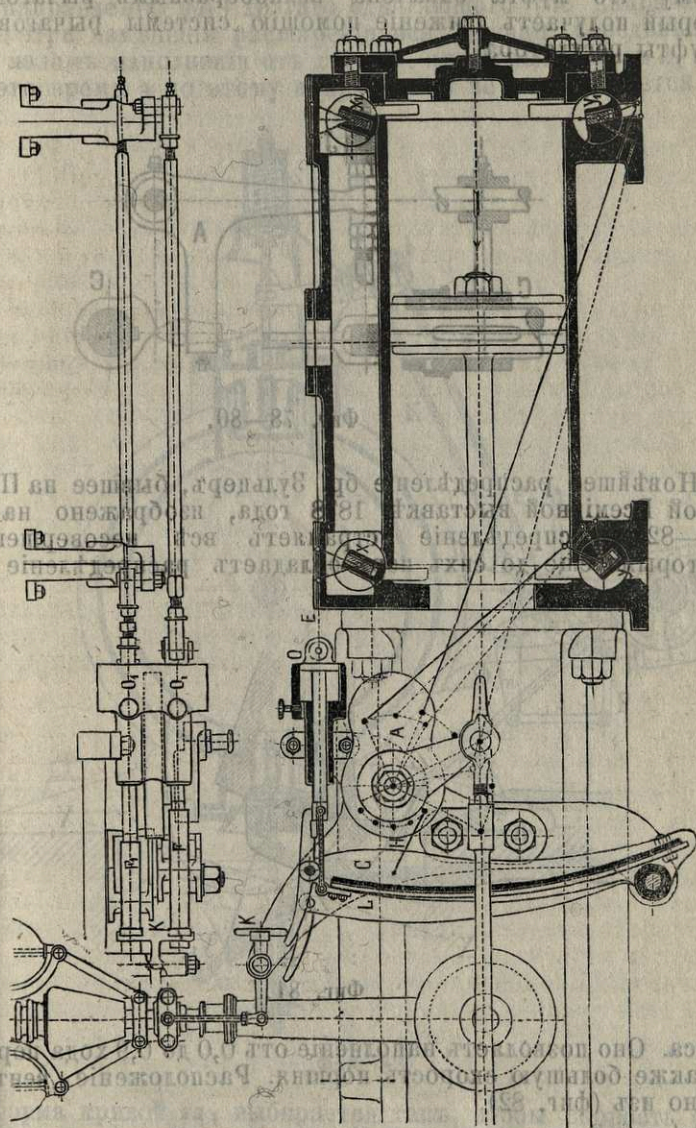
Распредѣленіе Корлисса 1867 г. показано на (фиг. 76—77), а также наиболѣе употребляемое расположеніе цилиндра съ крановыми коробками. $X X_1$ впускные и $У У_1$ выпускные краны. Распредѣлительный кругъ A находится сбоку цилиндра. Каждый кранъ соединенъ съ распред. кругомъ тягою E , которая вмѣстѣ несетъ воздушный буферъ O , защелки F , вертикальнаго рычага G и тяги H . При движеніи защелки F къ цилиндру происходитъ впускъ пара; въ то же время рожекъ защелки ударяется въ брусокъ K , удерживаемый регуляторомъ на различныхъ высотахъ. Рожокъ давить внизъ и соединеніе тяги E съ защелкой F прерывается. Плоская пружина L давить на спинку рычага, тянетъ тягу F и съ нею кранъ назадъ въ его закрытое положеніе.

β. Распредѣленіе вентилями или клапанами.

Въ прежнее время распредѣленіе клапанами употреблялось только въ рудничныхъ и водо-подъемныхъ машинахъ; но теперь оно примѣняется все болѣе и болѣе и въ большихъ двигающихся машинахъ, особенно же въ машинахъ типа Зульцера. Четыре двухъ-опорные клапана помѣщали сначала на боку цилиндра, что выгодно для легкости ухода за распредѣленіемъ. Но братья Зульцеры располагаютъ впускные клапаны (аналогично типу Корлисса) на верху цилиндра, а выпускные въ нижней его части.

Въ клапанномъ распредѣленіи перваго рода паралельно къ оси машины лежитъ распредѣлительный валъ, вращаемый помощію двухъ равныхъ коническихъ колесъ отъ вала кривошипа. Распр. валъ несетъ четыре кулака, стоящіе противъ вентиляей; они производятъ подниманіе и опусканіе вентиляей помощію колычататаго рычага A , вертикальное плечо коего (фиг. 78—80) посредствомъ стального штифта (или ролика) упирается на окружность кулака C . Горизонтальное плечо рычага входитъ въ разрѣзъ стержня клапана. Такъ какъ свободное опусканіе клапановъ могло бы задерживаться треніемъ въ салникахъ, а между тѣмъ отсѣканіе пара должно происходить какъ можно быстрѣе, то имѣются спиральныя пружины, которыя дѣйствуютъ на поршни буферовъ. Кулаки C впускныхъ вентиляей сидятъ не непосредственно на распред. валу, но на скользящей по нему муфтѣ, которая можетъ пере-

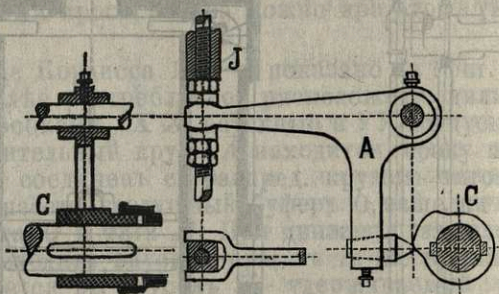
передвигаться от регулятора. Они вследствие этого длинные и имѣютъ соответственно переменному расширенію винтообразную боковую поверхность, тогда какъ передняя сторона



Фиг. 76—77.

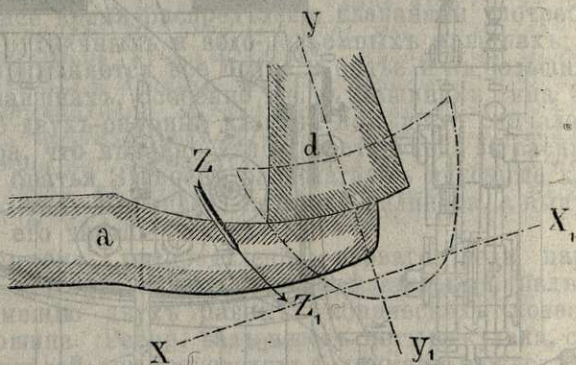
которая производитъ открываніе, параллельна съ осью вращения. Форма такихъ кулаковъ обуславливаетъ то, что при передвиженіи ихъ по оси движеніе штифта всегда начинается

Въ одно время, т. е. что впускной вентиль открывается постояннымъ предъускореніемъ, но обратное движеніе штифта происходитъ въ различное время, смотря по величинѣ перемѣщенія муфты. Это послѣднее дѣлается отъ регулятора, тому что муфта охвачена вилкообразнымъ рычагомъ, который получаетъ движеніе помощію системы рычаговъ муфты регулятора.



Фиг. 78—80.

Новѣйшее распредѣленіе бр. Зульцеръ, бывшее на Парижской Всемірной выставкѣ 1878 года, изображено на (фиг. 81—82). Распредѣленіе устраняетъ всѣ несовершенства которыми еще до сихъ поръ обладаетъ распредѣленіе Ко

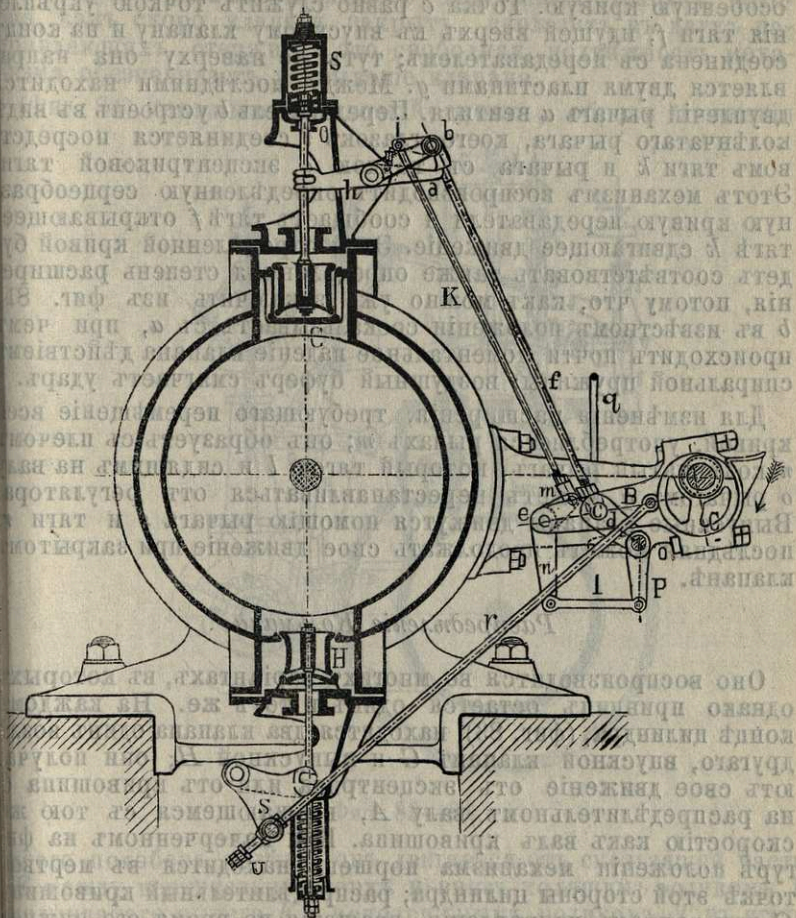


Фиг. 81.

лисса. Оно позволяетъ наполненіе отъ 0,0 до 0,9 хода поршня а также большую скорость поршня. Расположеніе вентилей видно изъ (фиг. 82).

Основной принципъ наружнаго механизма распредѣленія можно себѣ уяснить при помощи схематической (фигуры 81). Пусть а скользящая поверхность на концѣ рычага, другой конецъ коего соединенъ съ стержнемъ вентилей. Далѣе пусть

передаватель, который прочно соединенъ съ распредѣленіемъ и двигается по опредѣленной, однако измѣняемой, кривой. Передателю описываетъ сердцобразную кривую, происходящую отъ 2 различныхъ движеній,—одного открывающаго (по направленію yy_1) другаго сдвигающаго (по направленію xx_1). При измѣненіи расширенія вся кривая передвинется, при маломъ наполненіи отъ x къ x_1 , при большомъ отъ x_1 къ x . Въ это время a по этому направленію не передвигается.



Фиг. 82.

Форма кривой z_1 выбирается такъ, чтобы скорость удара на a была не очень велика, чтобы передатчикъ спокойно съ небольшой высоты дожился на a , но чтобы тогда скорость открыванія очень быстро увеличивалась.

Весь наружный механизмъ распредѣленія представленъ на фиг. 82. Въ сторонѣ отъ оси машины лежитъ распредѣлительный валъ, который вращается въ томъ же направленіи и съ тою же угловою скоростью, какъ и кривошипъ. Отъ эксцентрика *C* передается движеніе впускному *G* и выпускному *H* клапанамъ. Короткая эксцентриковая тяга *B* охвачена въ точкѣ *c* двумя пластинами *d* и направляется по дугѣ круга, при чемъ глазокъ *e* эксцентриковой тяги описываетъ особенную кривую. Точка *c* равно служитъ точкою укрѣпленія тяги *f*, идущей вверхъ къ впускному клапану и на концѣ соединена съ передателемъ; тутъ же наверху она направляется двумя пластинами *g*. Между послѣдними находится двуплечій рычагъ *a* вентиля. Передатель *b* устроенъ въ видѣ колѣнчатого рычага, коего глазокъ *i* соединяется посредствомъ тяги *k* и рычага съ точкою *e* эксцентриковой тяги. Этотъ механизмъ воспроизводитъ опредѣленную серцеобразную кривую передателя и сообщаетъ тягѣ *f* открывающее, тягѣ *k* сдвигающее движеніе. Этой опредѣленной кривой будетъ соответствовать также опредѣленная степень расширенія, потому что, какъ можно уже заключить изъ фиг. 81, *b* въ извѣстномъ положеніи соскальзываетъ съ *a*, при чемъ происходитъ почти моментальное паденіе клапана дѣйствіемъ спиральной пружины; воздушный буферъ смягчаетъ ударъ.

Для измѣненія расширенія, требующаго перемѣщеніе всей кривой, употребляется рычагъ *m*; онъ образуетъ съ плечомъ *n* колѣнчатый рычагъ, который тягою *l* и сидящимъ на валу *o* рычагомъ *q* можетъ переставливаться отъ регулятора. Выпускные клапаны движутся помощію рычага *s* и тяги *r*; послѣдняя можетъ продолжать свое движеніе при закрытомъ клапанѣ.

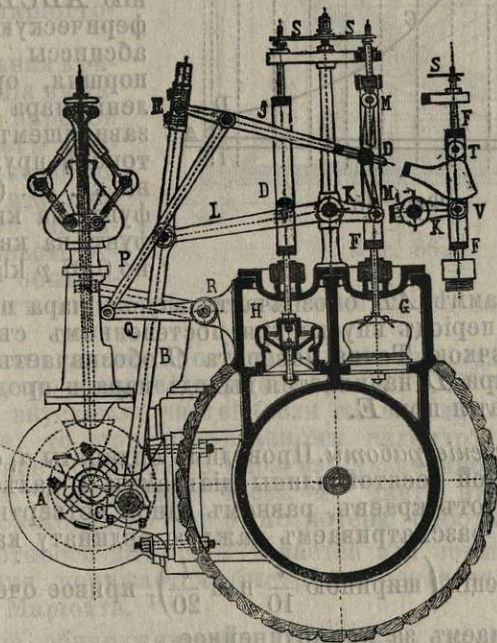
Распредѣленіе Коммана.

Оно воспроизводится во многихъ вариантахъ, въ которыхъ однако принципъ остается одинъ и тотъ же. На каждомъ концѣ цилиндра, (фиг. 83), находятся два клапана одинъ возлѣ другого, впускной клапанъ *G* и выпускной *H*; они получаютъ свое движеніе отъ эксцентрика или отъ кривошипа *C* на распредѣлительномъ валу *A*, вращающемся съ тою же скоростью какъ валъ кривошипа. При начерченномъ на фигурѣ положеніи механизма поршень находится въ мертвой точкѣ этой стороны цилиндра; распредѣлительный кривошипъ *C* при данномъ направленіи вращенія во время его нижней половины круговаго хода будетъ регулировать впускъ пара; напротивъ во время верхней половины хода—выходъ пара.

Охватывающая кривошипъ *C* тяга *B* соединена съ колѣнчатымъ рычагомъ *KL*, коего тяга *d* непосредственно поднимаетъ и опускаетъ вилкообразный стержень *D* выпускнаго клапана *H*; а плечо *K* производитъ движеніе впускнаго клапана *G*, соответствующее впуску свѣжаго пара. На продол-

женіи тяги *B* находится скользящая часть *E*, которая посредством соединительной тяги *I* соединена съ серединой *D* колѣнчатого рычага *ММ*₁. Положеніе части *E* на тягѣ *B* опредѣляется регуляторомъ, который поворачиваетъ валъ *R*; а этотъ помощью рычага *Q* и стержня *P* можетъ дѣйствовать на положеніе соединительной тяги *I*. Въ виллообразномъ клапанномъ стержнѣ *F* находится колѣнчатый рычагъ *ММ*₁, коего плечо *М*₁ покоится въ глазкѣ конца рычага *K*, тогда какъ верхнее колѣно *М* имѣетъ скользящую головку, которая, какъ скоро клапанъ закрыть, скользятъ въ двухъ направляющихъ стержня и это свободная подвижность механизма обезпечиваетъ закрываніе клапана.

(Фиг. 84) показываетъ плоскій кулакъ, образъ движенія



Фиг. 83—84.

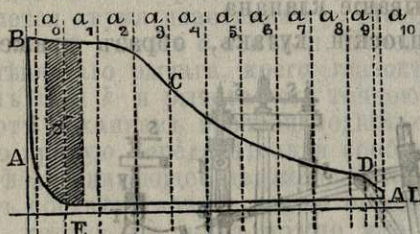
коего подобенъ колѣну; онъ двигается отъ скользящей части *E* между вертикально вверхъ и внизъ ходящимъ роликомъ *V* колѣнчатого рычага *K* и неподвижнымъ роликомъ *T* въ стержнѣ клапана; чрезъ это получается подобное же дѣйствіе, какъ при прежде описанномъ колѣнчатомъ сочлененіи.

Вслѣдствіе этого несвободнаго опусканія клапана, которое обезпечивается еще плоскою пружиною *S*, воздушный буфетъ совершенно отбрасывается;—а это упрощеніе заслуживаетъ особенное вниманіе, ибо не нужно забывать, что чрезъ это можно рассчитывать на возможно быстрое отсѣканіе пара.

4. Опыты съ индикаторомъ.

1. Полученная посредствомъ индикатора диаграмма кромѣ вычисленія (индикаторной) работы машины можетъ служить также для сужденія о ея состояннн и о исправности дѣйствія ея паро распределенія.

(Фиг. 85) даетъ диаграмму одноцилиндровой машины съ расширеніемъ безъ охлажденія, (фиг. 86) диаграмму машины съ конденсаціею.



Фиг. 85.

Штифтъ индикатора чертитъ замкнутую линію $ABCDE$ и атмосферическую линію AL ; абсциссы даютъ ходъ поршня, ординаты давленіе пара въ масштабѣ, зависящемъ отъ индикаторной пружины, въ klg на кв. ст. (или въ англ. фунт. на кв. дюймъ): p фунт. на кв. дюймъ равно $0,07 p$ klg на кв. ст.).

Въ диаграммѣ AB обозначаетъ впускъ пара при переменнѣ хода, BC періодъ впуска при постепенномъ суженіи окна предъ отсѣчкою. Точка поворота C обозначаетъ начало расширенія; при D начинается выходъ пара и продолжается до начала сжатія при E .

2. *Вычисленіе работы.* Проводимъ ординаты $a_1 a_2 a_3$ — на разстояннн одной десятой длины диаграммы l , далѣе a_0 и a_{10} на разстояннн отъ краевъ, равномъ одной четверти ширины одной части; разсматриваемъ каждую ординату какъ среднюю линію трапеціи (шириною $\frac{l}{10}$ или $\frac{l}{20}$), кривое очертаніе которой принимаемъ за прямолинейное.

Получаемъ среднюю ординату диаграммы, т. е. индикаторное давленіе p_i

$$p_i = \frac{1}{10} \left(\frac{a_0}{2} + a_1 + a_2 + \dots + a_9 + \frac{a_{10}}{2} \right).$$

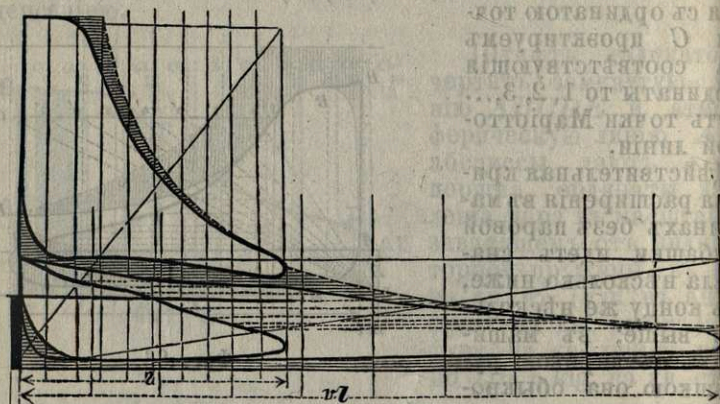
Индикаторная лошадиная сила N_i получится изъ

$$N_i = \frac{10000}{75} p_i F v$$

гдѣ p_i въ klg на кв. ст.; F въ кв. м. и 0 въ метрахъ.

Примѣчаніе. Въ двуцилиндровыхъ машинахъ вычисляютъ каждый цилиндръ отдѣльно.

цилиндра низкаго давленія въ отношеніи (*) объемовъ цилиндровъ. Подобнымъ образомъ получаютъ для компаундъ на высшихъ (съ угломъ кривошиновъ около 90^0) построение фиг. 87, пре- Вычерчиваютъ обыкновенно при помощи конечныхъ ординатъ диаграммы высокаго давленія Мариоттову линію съ вреднымъ пространствомъ этого цилиндра. Затѣмъ площадь въ $\frac{1}{2}$ показывають потерю работы въ сравненіи съ непосредственнымъ одноцилиндровымъ расширеніемъ въ одномъ только цилиндрѣ низкаго давленія.



Фиг. 87.

Потеря давленія между діаграммами будетъ особенно велико при сильномъ охлажденіи извнѣ, при узкихъ (или недостаточно открытыхъ) паровыхъ проходахъ, при угловатомъ или ломаномъ направленіи струи пара между цилиндрами, при недостаточномъ сжатіи въ цилиндрѣ низкаго давленія.

При слишкомъ позднемъ отсѣканіи въ цилиндрѣ низкаго давленія происходитъ пониженіе давленія при выходѣ изъ цилиндра высокаго давленія въ ресейферъ, и вслѣдствіе этого потеря работы. При большомъ наполненіи цилиндра высокаго давленія эта потеря однако неизбежна, такъ какъ безъ пониженія давленія работы обоихъ цилиндровъ были бы слишкомъ неравныя.

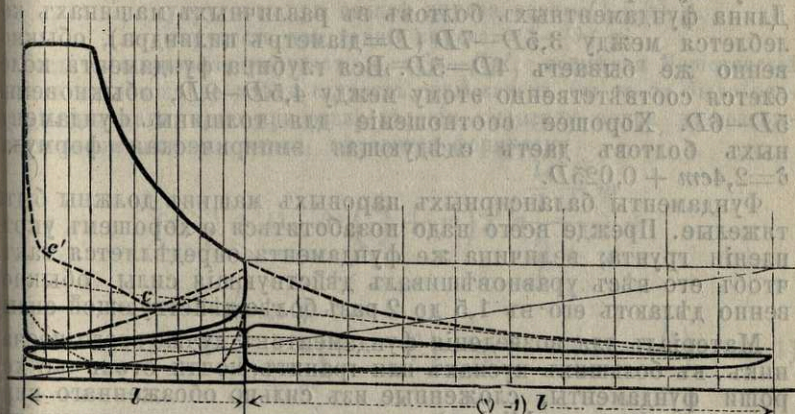
Конечное давленіе въ цилиндрѣ низкаго давленія остается почти всегда нѣсколько ниже начерченной Мариоттовой линіи.

Старыя машины Вульфа съ полнымъ наполненіемъ въ цилиндрѣ низкаго давленія даютъ діаграмму по фиг. 88, которая чрезъ удлинненіе въ $(\nu-1)$ разъ абсциссъ діаграммы низкаго давленія приводится въ форму діаграммы Ранкина.

Общій недостатокъ: недостаточное сжатіе въ вредныхъ пространствахъ цилиндра низкаго давленія, выполненіе которыхъ (съ осажденіемъ пара на ихъ стѣнкахъ) производитъ потерю давленія при переходѣ. Вслѣдствіе этого работа цилиндра низкаго давленія часто чрезвычайно мала.

Если цилиндръ низкаго давленія также какъ и цилиндръ высокаго давленія имѣетъ полное впускное и выпускное рас-
предѣленіе, то можно чрезъ своевременное запираніе первого
произвести сжатіе въ промежуточномъ пространствѣ. Такъ
полученная діаграмма начерчена на фиг. 88 и приводится
въ форму діаграммы Ранкина подобно діаграммѣ компаундъ
машинъ.

Линія сжатія CC_1 поднимается всегда менѣе, чѣмъ линія
Мариотта, въ особенности предъ концомъ хода; другія замѣ-
чанія относительно недостатковъ, высказанныя выше, примѣ-
няются также и къ старымъ машинамъ Вульфа.



Фиг. 88.

5 Для вычисленія расхода пара изъ индикаторной діаграммы
инженеръ Браузеръ (Brauser) даетъ слѣдующую формулу:

$$Q = 27 \frac{\eta''(1+m)}{p_m - p_1} \text{ klg}$$

гдѣ Q расходъ пара въ часъ на индикаторную лошади. силу
въ klg ; η'' вѣстъ въ klg . куб. метра пара конечной упругости
е. е. измѣренной въ концѣ линіи расширенія или незадолго
до выхода; m отношеніе вреднаго пространства къ объему
цилиндра взятое изъ діаграммы (среднее = 0,15); $p_m - p_1 = p_i$.
Само собой понятно, что къ этому нужно добавить еще
неизбѣжныя потери пара (для хорошихъ машинъ 5%, но не-
редко и свыше 10%).

5. Фундаменты для паровыхъ машинъ.

Паровая машина всегда имѣетъ раму (изъ чугуна), размѣры
и формы которой таковы, что она сопротивляется всѣмъ вну-
треннимъ силамъ машины. При этомъ фундаментъ служить
только для уничтоженія дрожанія рамы. Укрѣпленіе рамы къ

фундаменту слѣдуетъ дѣлать возможно малымъ числомъ толстыхъ фундаментныхъ винтовъ, которые должно располагать сколь возможно ближе къ тѣмъ мѣстамъ, въ коихъ дѣйствіе силъ на раму особенно велико, а именно по обѣ стороны коренного подшипника и цилиндра.

Фундаменты паровыхъ машинъ устраиваются единственно на основаніи опыта. Ихъ горизонтальные размѣры опредѣляются по горизонтальному виду машины, при чемъ фундаментъ выступаетъ во всѣ стороны на нѣсколько вершковъ отъ рамы машины. Вертикальные размѣры, слѣд. длина фундам. болтовъ и глубина фундамента, бываютъ очень различны, смотря потому—претерпѣваетъ ли машина сильныя или слабыя удары. Длина фундаментныхъ болтовъ въ различныхъ машинахъ колеблется между $3,5D-7D$ (D =діаметръ цилиндра), обыкновенно же бываетъ $4D-5D$. Вся глубина фундамента колеблется соотвѣтственно этому между $4,5D-9D$, обыкновенно $5D-6D$. Хорошее соотношеніе для толщины фундаментныхъ болтовъ даетъ слѣдующая эмпирическая формула $\delta = 2,4cm + 0,025D$.

Фундаменты балансирныхъ паровыхъ машинъ должны быть тяжелые. Прежде всего надо позаботиться о хорошемъ укрѣпленіи грунта; величина же фундамента опредѣляется такъ, чтобъ его вѣсъ уравновѣшивалъ дѣйствующія силы; обыкновенно дѣлаютъ его въ 1,5 до 2 разъ болѣе дѣйствующей силы.

Матеріалъ для возведенія фундаментовъ лучше всего песчаникъ въ большихъ кускахъ или гранитъ; почти столь же хороши фундаменты, сложенные изъ сильно обожженного кирпича (жельзнякъ—*klinker*) на хорошемъ портовомъ цементѣ; вслѣдствіе дешевизны они часто предпочитаютъ первымъ. Въ мѣстностяхъ, гдѣ камень, какъ естественный, такъ и искусственный, достать трудно, устраиваютъ съ выгодою весь фундаментъ изъ бетона; бетонный фундаментъ дешевле и представляетъ ту выгоду, что по изготовленіи онъ представляетъ монолитъ, чрезъ что уничтожаются всѣ неудобства швовъ кладки. Пропорція составныхъ частей бетона: 1 ч. цемента съ 8 ч. хряща или песку. Въ выемкахъ берутъ лучшую смѣсь 1: 3. Весь фундаментъ послѣ его натрамбованія оштукатуривается смѣсью изъ 1 ч. песку и 1 ч. цемента.

Въ фундаментахъ подъ паровые молоты должна быть кроме того устроена упругая подставка подъ наковальню (подъ стулъ); это достигается чрезъ добавленіе къ массивному каменному фундаменту большого деревяннаго подстулка, который и принимаетъ удары. Такой подстулокъ готовится изъ нѣсколькихъ, плотно одинъ къ другому пригнанныхъ, брусевъ на шкантахъ которые потомъ соединяются вмѣстѣ посредствомъ болтовъ или желѣз. колець. Лучше всего располагать брусья подстулка вертикально (стоймя), а не горизонтально одинъ надъ другимъ. (О паровыхъ молотахъ въ желѣзномъ приводѣ).

6. Расчетъ паровыхъ машинъ по Грабаку.

Машины двойнаго дѣйствія съ кривошипомъ (безъ коромысла) *).

Теоритическія свѣденія.

Кромѣ объясненныхъ далѣ обозначеній величинъ $p, p^1, \frac{l_1}{l}, p_i, f, f', m$

пусть относительный путь поршня:

$\frac{l_2}{l}$ при началѣ сжатія, $\frac{l_3}{l}$ при началѣ предъускоренія выпуска, $\frac{l_4}{l}$ при

началѣ предъускоренія впуска; а также величина (Drosslung) стѣсненія каналовъ ϑ въ томъ значеніи, что

упругость при началѣ впуска пара $= (1 + \vartheta) p$.

упругость при концѣ впуска $= (1 - \vartheta) p$.

Тогда индикаторная упругость $p_i = fp - f'p'$, примѣняя Мариотовскій законъ одинаково во всѣхъ случаяхъ, при какомъ бы то ни было распределеніи пара, даже при распределеніи кулиссою и при всевозможныхъ положеніяхъ ея камня, выразится формулами

$$f = \frac{l_1}{l} + (1 - \vartheta) \left(\frac{l_1}{l} + m \right) \times \ln \frac{\frac{l_3}{l} + m}{\frac{l_1}{l} + m} +$$

$$+ \frac{1}{2} (1 - \vartheta) \frac{\frac{l_1}{l} + m}{\frac{l_3}{l} + m} \left(1 - \frac{l_3}{l} \right) - \frac{1}{2} (1 + \vartheta) \left(1 - \frac{l_4}{l} \right) \dots 1)$$

$$f' = \frac{l_2}{l} + 1,1 \left(1 - \frac{l_2}{l} + m \right) \times \ln \frac{1 - \frac{l_2}{l} + m}{1 - \frac{l_4}{l} + m} +$$

$$+ 0,55 \frac{1 - \frac{l_2}{l} + m}{1 - \frac{l_4}{l} + m} \left(1 - \frac{l_4}{l} \right) - \frac{1}{2} \left(1 - \frac{l_3}{l} \right) \dots 1')$$

При кулисномъ парораспределеніи каждое положеніе кулиснаго камня

Кулиссѣ производитъ особенное наполненіе $\frac{l_1}{l}$ цилиндра, (отъ пол-

аго до такого которое соотвѣтствуетъ среднему положенію камня,

ростирается обыкновенно до 0,07 и до 0,1), при чемъ относительныя

лины хода поршня $\frac{l_2}{l}, \frac{l_3}{l}, \frac{l_4}{l}$ принимаютъ также особенныя вели-

чины соотвѣтственно $\frac{l_1}{l}$.

Для опредѣленія этихъ величинъ, а равно коэффициентовъ f и f' при-

*) Извлеченіе изъ оригинальнаго сочиненія профессора І. Грабака „Справочная книга для строителей паровыхъ машинъ“.

нято въ основаніе дѣйствіе кулисы съ постояннымъ линейнымъ опереженіемъ (какова напримѣръ кулиса Гуча, или ей подобныя), производящей въ тоже время среднее парораспределение Стефенсонова кулисы, какъ съ открытыми, такъ равно и съ скрещенными тягами эксцентрикѣвъ.

При вычисленіи $p = fp - f'p'$ помощію тѣхъ величинъ f и f' , которыя показаны ниже сего, должно принимать въ соображеніе, что p не только возрастаетъ вмѣстѣ съ p , но даже вблизи нулевой точки кулисы (по причинѣ стѣсненнаго выхода пара изъ цилиндра) измѣняется такимъ образомъ, что на нулевой точкѣ всегда $fp = f'p'$.

Въ машинахъ съ *расширительнымъ* парораспределеніемъ (двумя золотниками), какой бы то ни было конструкціи, наполненіе цилиндра $\frac{l_1}{l}$ можетъ имѣть величины различныя и произвольныя, но вмѣстѣ съ тѣмъ относительныя длины хода поршня $\frac{l_2}{l}$, $\frac{l_3}{l}$, $\frac{l_4}{l}$ не претерпѣваютъ никакого измѣненія; то есть эти величины въ предъидущихъ формулахъ 1 и 1', дѣлаются постоянными и равняются среднее:

$$\frac{l_2}{l} = 0,94, \quad \frac{l_3}{l} = 0,96, \quad \frac{l_4}{l} = 0,998;$$

вслѣдствіе этого, f' (въ уравненіи 1') зависитъ единственно отъ величины m (вреднаго пространства) и будетъ

$$\begin{aligned} \text{при } m=0,05 & \dots \dots \dots f'=1,013, \\ > m=0,025 & \dots \dots \dots f'=1,031. \end{aligned}$$

А общее выраженіе 1) f для всѣхъ одноцилиндровыхъ машинъ (включая тѣ, которыя имѣютъ кулисное парораспределение), принимаетъ тогда нижеслѣдующую форму:

$$f = \frac{l_1}{l} + (1-\vartheta) \left(\frac{l_1}{l} + m \right) \left\{ \ln \frac{0,96+m}{\frac{l_1}{l} + m} + \frac{0,02}{0,96+m} \right\} - 0,001(1+\vartheta) \dots \dots 2).$$

Спеціальное приимѣненіе этого выраженія при различныхъ величинахъ ϑ и m можетъ быть сдѣлано, во первыхъ для того, чтобы опредѣлить вліяніе стѣсненія и вреднаго пространства на количество всей работы пара и во вторыхъ, чтобы относительно дѣйствія этихъ вредныхъ вліяній сравнить между собою машины, имѣющія рубашку и машины безъ рубашки.

А именно для машинъ съ паровою рубашкою, не примѣняя никакого другаго закона расширенія, можно обойтись тѣмъ, что для опредѣленія наибольшей въ нихъ работы пара берутъ соотвѣтственно большее (чѣмъ дѣйствительное) количество расширяющагося пара; а для этого нужно только ввести въ вычисленіе соотвѣтственно большую (чѣмъ дѣйствительная) величину m вреднаго пространства, и вмѣстѣ съ тѣмъ принять величину ϑ стѣсненія менѣе, чѣмъ въ машинахъ безъ рубашки.

Въ двухцилиндровыхъ машинахъ (Вульфа или Компаундъ) индикаторное напряженіе—какъ средняя сумма разностей упругости пара позади поршня и предъ поршнемъ, отнесенная къ цилиндру съ расширеніемъ—

есть быть всегда приведено въ форму $p_i = fp - f'p'$, или же (такъ какъ f' почти равно единицѣ)

$$p_i = fp - p'$$

такимъ образомъ получается численная величина p_i всякій разъ, когда положительно установлено соотношеніе между объемахъ обоихъ цилиндровъ $v = \frac{v}{Y}$.

Но на практикѣ соотношеніе v имѣетъ величины разнообразныя, по тому и коэффициентъ давленія f (въ такомъ случаѣ идеальный) принимаетъ величины тоже разнородныя. Въ настоящее время нужно принимать въ расчетъ еще разность (въ отношеніи величины f) между шинами съ (нагрѣтымъ) ресейферомъ или приемникомъ и машинами съ приемника. Двучилиндровыя машины безъ приемника (Вульфовскія машины, въ которыхъ поршни ходятъ оба въ одну сторону или въ двѣ) мы всегда принимаемъ, какъ работающія съ своею своевременною убавкою на паровпускной сторонѣ цилиндра съ расширеніемъ и слѣдовательно съ наполненіемъ меньшимъ, чѣмъ полное. Старинныя Вульфскія машины съ наполненіемъ на всей длинѣ хода въ цилиндрѣ съ расширеніемъ, а слѣдоват. съ большою потерей упругости при перепарѣ, имѣютъ меньшій коэффициентъ f и здѣсь вовсе не принимаются въ расчетъ.

Расходъ пара въ машинѣ состоитъ изъ производительнаго или полного потребленія пара и изъ потери пара:

1. Производительное потребленіе въ 1 часъ составляетъ въ киломахъ

$$Q' = 3600 \text{ О.с.} \left\{ \left(\frac{l_1}{l} + m \right) \gamma - 1,1 \left(1 - \frac{l_2}{l} + m \right) \gamma' \right\},$$

О обозначаетъ дѣйствительную площадь поршня въ квадр. метрахъ, среднюю скорость поршня въ метр. въ секунду, γ вѣсъ 1 кубич. метра пара при входѣ въ цилиндръ, γ' вѣсъ при выходѣ изъ цилиндра, N_i — индикаторную работу поршня въ лошадиныхъ силахъ. Если дѣйствующее уравненіе сравнимъ съ

$$N_i = \frac{10000}{75} \text{ О.с.р.},$$

получится величина производительнаго расхода пара въ 1 часъ на индикаторную лошадиную силу

$$C' = \frac{Q'}{N_i} = \frac{2l}{p_i} \left\{ \left(\frac{l_1}{l} + m \right) \gamma - 1,1 \left(1 - \frac{l_2}{l} + m \right) \gamma' \right\}.$$

при кулисномъ распредѣленіи пара, $\frac{l_2}{l}$ измѣняется вмѣстѣ съ наполненіемъ $\frac{l_1}{l}$, а отчасти — γ' вмѣстѣ съ p ; но величина γ , въ зависи-

мости отъ p , дается во всякомъ случаѣ таблицей Флигнера для насыщенныхъ водяныхъ паровъ.

при парораспредѣленіи съ расширеніемъ можно принять, что $\gamma = 0,94$ и $\gamma' = \begin{cases} 0,660 & \text{въ машинахъ безъ охлажденія,} \\ 0,137 & \text{если производится охлажденіе пара.} \end{cases}$

Вследствие этого въ машинахъ известной конструкции C' зависит единственно отъ p и отъ $\frac{l_1}{l}$; далее мы опредѣлимъ его въ числахъ для машинъ разнаго рода.

2. Потеря пара зависитъ частью отъ его охлажденія (внутри цилиндра, а иногда въ паровой рубашкѣ) частью отъ пропусканія его и шнемъ и другими частями; по этому мы различаемъ здѣсь два случая. Первую часть (отъ охлажденія) потери пара можно считать «неизбѣжно по принципу»). Для опредѣленія ея величины въ килограммахъ и въ часъ для всякихъ одноцилиндровыхъ машинъ соразмѣрно съ ихъ испорностью, проф. Грабакъ пользуется слѣдующею эмпирическою формулою въ которой d обозначаетъ діаметръ поршня въ метрахъ:

$$Q'' = 370 \text{ и до } 460 \, d \, (d+l) \, (p-p') \left(\frac{l_1}{l} + m \right)$$

Если $l=2 \, d$, то получится особый случай:

$$Q'' = 1110 \text{ и до } 1380 \, d^2 \, (p-p') \left(\frac{l_1}{l} + m \right)$$

Въ этомъ случаѣ ($l=2 \, d$) потеря на 1 индикаторную лошадиную силу въ часъ опредѣляется въ килограммахъ формулою:

$$C'' = \frac{Q''}{N_i} = \frac{11 \text{ и до } 14 \, (p-p') \left(\frac{l_1}{l} + m \right)}{cp_i}$$

Для двучилиндровыхъ машинъ всегда слѣдуетъ принимать m въ m и въ каждой формулѣ прибавлять коэфф. 0,8. Потеря отъ охлажденія въ паропроводныхъ трубахъ и вода увлекаемая изъ котла здѣсь не принята въ расчетъ.

Между одноцилиндровыми машинами съ паровою рубашкою и безъ рубашки мы теперь не дѣлаемъ ни какого различія; польза отъ рубашки заключается преимущественно въ увеличеніи работы при потѣ одинаковомъ абсолютномъ расходѣ пара. Если рубашкѣ и приписывать непремѣнное сбереженіе пара, то потерю пара Q'' и C'' безъ паровой рубашки можно считать самое большое на 10% больше, а при паровой рубашкѣ на 10% меньше противъ табличныхъ данныхъ.

Двучилиндровыя машины всегда предполагаются съ рубашкою.

Вторая часть потери пара (Q''' въ 1 часъ въ килограммахъ и C''' въ 1 часъ въ килограмм. на каждую индикаторную лошад. силу) зависящая преимущественно отъ неплотности частей машины и измѣняющаяся соразмѣрно со степенью этой неплотности, опредѣляется проф. Грабакомъ по нижеслѣдующей Фелькверсовой формулѣ; для обыкновенныхъ одноцилиндровыхъ машинъ достаточно исправныхъ

$$Q''' = 240 \, d \, \sqrt{p_i}$$

изъ которой получается: $C''' = \frac{22}{\sqrt{N_i c}}$

Для исправныхъ двучилиндровыхъ машинъ надо эти формулы умножать на коэффициентъ отъ 0,8 до 0,75.

Гдѣ машины очень хороши, тамъ эту часть потери пара можно уменьшить вдвое и даже болѣе; а гдѣ неплотность частей значительно тамъ и потери бываетъ иногда болѣе, чѣмъ вдвое.

Таблица I.

среднія величины наилучших нормальных наполненій паровыхъ цилиндровъ, то есть наиболѣе выгодныя въ экономическомъ отношеніи исполненія въ строящихся паровыхъ машинахъ, соотвѣтственно съ ихъ нормальною работою.

описанныя во второй строкѣ и въ скобкахъ наполненія, соотвѣтствующія наименьшему потребленію пара, составляютъ предѣлы для самыхъ выгодныхъ нормальныхъ наполненій.

	Абсолютная упругость выпускаемаго пара p въ атмосферахъ.	Машины безъ холодильника		Машины охлаждающія паръ.		
		Съ кулиснымъ парораспределеніемъ.	Съ расширительнымъ парораспределеніемъ.	Одноцилиндровыя машины.		Двучилиндровыя машины.
				Безъ рубашки.	Съ рубашкою.	
$p = 3$		0,65—0,60 (0,59—0,55)	0,47—0,43 (0,41)	0,26—0,22 (0,15)	0,20—0,18 (0,11)	0,16—0,14 (0,125)
$p = 4$		0,53—0,46 (0,46—0,55)	0,39—0,33 (0,30)	0,20—0,17 (0,13)	0,15—0,13 (0,09)	0,12—0,11 (0,10)
$p = 5$		0,46—0,39 (0,40—0,42)	0,33—0,28 (0,25)	0,17—0,15 (0,12)	0,13—0,11 (0,075)	0,10—0,09 (0,085)
$p = 6$		0,40—0,31 (0,33—0,35)	0,28—0,22 (0,19)	0,15—0,13 (0,11)	0,11—0,09 (0,06)	0,09—0,08 (0,07)
$p = 8$		0,34—0,27 (0,28—0,27)	0,22—0,17 (0,135)	0,14—0,12 (0,095)	0,09—0,08 (0,05)	0,07—0,06 (0,055)
$p = 10$		0,29—0,23 (0,24—0,22)	0,18—0,13 (0,10)	—	—	—

Примѣчаніе. Наибольшія изъ показанныхъ здѣсь наполненій годятся для малыхъ машинъ, а наименьшія наполненія—для большихъ машинъ; нормальные наполненія могутъ быть приняты нѣсколько менѣе (лишь бы только они не понижались до величинъ поставленныхъ въ скобкахъ) тамъ, гдѣ топливо очень дорого и гдѣ машины работаютъ непрерывно; напротивъ того, наибольшія наполненія можно принимать за нормальныя, если топливо дешево, или-же когда машины имѣютъ работу перемежающуюся.

Таблица II.

обыкновенныя скорости поршня s (въ m въ секунду) для первоначальнаго соображенія о томъ какая скорость должна быть придана строящейся паровой машинѣ, для которой задана ея нормальная работа N .

N	Абсолютная упругость p выпускаемаго пара въ атмосферахъ.					Кoeffиц. для поправки велич. с при не нормальномъ отношеніи хода поршня къ его діаметру $\frac{1}{d}$.	
	3	4	6	8	10	$\frac{1}{d}$.	Кoeffициентъ.
	Въ секунду поршень имѣтъ скорость метровъ						
3	0,89	0,99	1,13	1,24	1,35	0,5	0,57
6	0,97	1,07	1,23	1,35	1,47	0,75	0,67
10	1,02	1,14	1,31	1,43	1,56	1,00	0,75
20	1,13	1,24	1,42	1,55	1,67	1,5	0,90
40	1,25	1,37	1,55	1,69	1,82	2,0	1,0
70	1,42	1,52	1,68	1,82	1,95	2,5	1,1
100	1,51	1,62	1,78	1,92	2,05	3	1,2
200	1,70	1,84	2,05	2,18	2,31	4	1,3
300	1,81	1,96	2,20	2,35	2,50	5	1,4
400	1,90	2,06	2,31	2,47	2,63		
600	2,02	2,20	2,47	2,66	2,83		
1000	2,17	2,37	2,67	2,88	3,12		

Примѣчаніе. Данныя въ этой таблицѣ—эмпирическія; можно округлять ихъ величину и вообще отступать отъ нихъ по разнымъ соображеніямъ.

Таблица III.

Предварительное определение коэффициента индикаторной работы η в лошадиных силах $\frac{1}{\eta}$ въ пределах употребительныхъ наполненій.

N_n c полезная работа машинъ въ лощ. силахъ.	Машины безъ холоди- льника.			Машины съ холодильниками.					
				Одноцилиндровыя.			Двучилиндровыя.		
	N_i c индикат лошад. силы.	η	$\frac{1}{\eta}$	N_i c индикат лошад. силы.	η	$\frac{1}{\eta}$	N_i c индикат лошад. силы.	η	$\frac{1}{\eta}$
3	4,2	0,708	1,413	—	—	—	—	—	—
4	5,6	0,716	1,397	—	—	—	—	—	—
5	6,9	0,724	1,381	7,4	0,678	1,475	—	—	—
6	8,2	0,730	1,370	8,7	0,685	1,461	—	—	—
8	10,8	0,742	1,349	11,5	0,698	1,433	—	—	—
10	13,3	0,752	1,330	14,1	0,710	1,409	14,6	0,685	1,460
12	15,7	0,761	1,315	16,6	0,721	1,387	17,3	0,693	1,443
14	18,2	0,770	1,299	19,1	0,732	1,366	20,0	0,70	1,429
16	20,6	0,776	1,288	21,6	0,741	1,350	22,6	0,709	1,411
18	23,0	0,781	1,281	24,1	0,746	1,341	25,1	0,716	1,397
20	25,5	0,785	1,274	26,6	0,751	1,332	27,7	0,723	1,383
25	31,5	0,793	1,261	32,9	0,760	1,316	34,0	0,733	1,364
30	37,5	0,800	1,250	39,1	0,768	1,302	40,4	0,742	1,348
35	43,4	0,807	1,239	45,1	0,776	1,289	46,7	0,748	1,337
40	49,1	0,814	1,229	51,1	0,783	1,277	53,0	0,755	1,325
50	60,9	0,821	1,218	63,2	0,791	1,264	65,2	0,767	1,304
60	72,5	0,827	1,210	75,2	0,797	1,255	77,3	0,777	1,291
70	84,0	0,832	1,202	87,1	0,803	1,245	89,4	0,784	1,279
80	95,5	0,837	1,195	98,9	0,809	1,237	101,6	0,787	1,270
90	106,9	0,841	1,189	110,5	0,814	1,229	113,8	0,790	1,265
100	118	0,845	1,183	122	0,819	1,221	126	0,793	1,261
120	141	0,848	1,180	146	0,823	1,215	150	0,799	1,252
140	165	0,851	1,176	169	0,827	1,209	174	0,804	1,243
160	187	0,854	1,172	193	0,830	1,204	198	0,808	1,238
180	210	0,857	1,167	216	0,833	1,200	222	0,810	1,235
200	233	0,860	1,163	239	0,836	1,196	246	0,812	1,232
250	289	0,864	1,157	296	0,842	1,188	307	0,815	1,227
300	346	0,868	1,152	354	0,848	1,179	367	0,818	1,223
350	402	0,870	1,149	411	0,851	1,175	426	0,821	1,218
400	459	0,872	1,147	469	0,853	1,172	486	0,823	1,215
500	574	0,877	1,140	583	0,858	1,166	604	0,828	1,208
600	683	0,881	1,136	696	0,862	1,161	721	0,831	1,203
700	702	0,884	1,131	808	0,865	1,156	838	0,834	1,199
800	902	0,887	1,128	922	0,868	1,153	956	0,837	1,195
1000	1125	0,889	1,125	1149	0,870	1,149	1191	0,840	1,191
1500	1674	0,896	1,116	1171	0,877	1,140	1769	0,848	1,179
2000	2220	0,901	1,110	2268	0,882	1,134	2342	0,854	1,171

Таблица IV.

Величины коэффициентов упругости f и f' для определения индивидуальной упругости

$$p_i = fp - fp'$$

а) для одноцилиндровых машинъ.

Мѣра наполненія цилиндра.	Съ кулиснымъ парораспределеніемъ *).		Съ расширительнымъ парораспределеніемъ (безъ сжатія $f'=1,0,24$).				Величина f' для одноцилиндровыхъ машинъ съ расширительнымъ парораспределеніемъ при значительномъ сжатіи пара впереди поршня, почти равнымъ контрѣ пару.		
			Безъ холодильника ($p'=1,13$).		Гдѣ паръ охлаждается ($p'=0,21$).		Абсолютная упругость въ машинѣ безъ холодильника.	f' въ машинѣ безъ холодильника.	f' для охлаждения пара.
			Машина.		Машина.				
	f	f'	Безъ рубашки	Съ рубашки	Безъ рубашки	Съ рубашки	го пара.	холодильника.	пара.
	Величины для f .								
0,8	0,987	1,004	0,950	0,954	—	—	2½	—	1,39
0,7	0,893	1,024	0,919	0,925	—	—	3	—	1,51
0,6	0,839	1,055	0,875	0,883	0,867	0,883	4	1,07	1,79
0,5	0,773	1,095	0,816	0,827	0,807	0,827	5	1,13	2,08
0,4	0,693	1,146	0,740	0,753	0,731	0,753	6	1,19	2,40
0,333	0,629	1,185	0,678	0,692	0,608	0,692	7	1,25	2,74
0,3	0,593	1,206	0,643	0,658	0,633	0,658	8	1,33	3,08
0,25	0,535	1,239	0,584	0,600	0,575	0,600	9	1,40	3,43
0,20	0,468	1,270	0,517	0,535	0,508	0,535	10	1,49	—
0,15	0,391	1,275	0,440	0,460	0,432	0,460	когда	0,05	0,025
0,125	—	—	0,397	0,418	0,390	0,418	т, обозначаетъ коэфф. вреднаго простр. въ цилиндрѣ		
0,10	—	—	0,351	0,373	0,344	0,373			
0,07	—	—	—	—	0,283	0,314			
0,05	—	—	—	—	0,239	0,270			

б) для двучилиндровыхъ машинъ съ двойнымъ парораспределеніемъ (цилиндръ, работающій расширеніемъ запирается своевременно, дабы избѣжать потери упругости, на сколько это возможно).

Вредное пространство въ цилиндрѣ расширенія принимается не болѣе какъ въ 30%.

Наполненіе	Вульфовскія машинъ безъ (подогреваемого) приемника.	Машинъ съ приемникомъ (Вульфовскія и Компаунды).
$\frac{1}{1}$		

по приведен. въ цилиндръ расширенія.	Приблизительное отношеніе $v : V$ объемовъ цилиндровъ.								
	0,40	0,333	0,29	0,25	0,55	0,50	0,45	0,40	0,333
0,25	0,548	0,543	0,534	0,524	0,576	0,572	0,568	0,563	0,560
0,20	0,484	0,479	0,472	0,464	0,512	0,507	0,503	0,499	0,495
0,15	0,408	0,404	0,398	0,391	0,437	0,432	0,428	0,424	0,420
0,125	0,365	0,361	0,356	0,350	0,395	0,390	0,386	0,382	0,377
0,10	0,318	0,314	0,309	0,304	0,349	0,344	0,340	0,335	0,330
0,07	0,254	0,250	0,245	0,241	0,288	0,283	0,278	0,273	0,267
0,05	0,205	0,201	0,197	0,193	0,242	0,237	0,232	0,227	0,220
0,04	0,179	0,175	0,171	0,167	0,218	0,213	0,207	0,202	0,195

При охлажденіи и тутъ тоже средняя абсолютная упругость $p'=0,21$; безъ большаго сжатія коэффиціентъ давленія для p' , $f'=1,024$, по округленіи $f' p'=0,22$. Если сжатіе пара впереди поршня въ обоихъ цилиндрахъ значительно (и приближается къ упругости контрѣ пара) то смотря по абсолютной упругости выпускаемаго пара, среднимъ числомъ выходить:

для $p = 3 \quad 4 \quad 5 \quad 6 \quad 7 \quad 8 \quad 9$
 для $f' = 1,34 \quad 1,47 \quad 1,60 \quad 1,72 \quad 1,82 \quad 1,91 \quad 1,96$

*) Въ машинахъ, безъ конденсаціи съ кулиснымъ парораспределеніемъ должно принять

для $p = 3 \quad 4 \quad 5 \quad 6 \quad 7 \quad 8 \quad 9 \quad 10$
 для $f' = 1,14 \quad 1,7 \quad 1,20 \quad 1,23 \quad 1,26 \quad 1,29 \quad 1,32 \quad 1,35$

Вблизи нулевой точки кулисы p' уменьшается, если соответственно $p < 5$ и увеличивается когда $p > 6$.

p обозначаетъ среднюю абсолютную упругость впускнаго пара; p' среднюю абсолютную упругость матаго пара.

Таблица V.

Сопротивленіе r отъ тренія машины, идущей порожнемъ (въ килоНЮЛ
на квадрат. сантим. или въ атм.) и коэффициентъ μ сопротивленія
додавочнаго тренія.

Въ машинахъ безъ охлажденія:

$$r = r' + r'' \dots \left(r' = 0,042 \sqrt{p}; r'' = \frac{0,025}{d} \right).$$

Въ машинахъ съ охлажденіемъ:

$$r = r'_c + r''_c \dots \left(r'_c = 0,025 + 0,05 \sqrt{p}; r''_c = \frac{0,045}{p} \right).$$

Машина построена:	Легкая.		Средней силы.			Очень массивная.	
При давленіи пара $p =$	3	4	5	6	7	8	10
Безъ охлажденія $r' =$	0,073	0,084	0,094	0,103	0,111	0,119	0,13
Съ конденсаціею $r'_c =$	0,112	0,125	0,137	0,148	0,157	0,166	0,18

Диаметръ поршня d метровъ:	Безъ охлажденія r'' .	Паръ охлаждается r''_c	Одноцилиндр. машина.		Двумцилиндр. машина.	
			μ	$\frac{1}{1+\mu}$	μ	$\frac{1}{1+\mu}$
0,12	0,208	—	0,212	0,825	—	—
0,14	0,179	—	0,204	0,831	—	—
0,16	0,156	0,281	0,197	0,836	—	—
0,18	0,139	0,250	0,190	0,841	—	—
0,20	0,125	0,225	0,183	0,845	0,217	0,822
0,25	0,100	0,180	0,170	0,855	0,198	0,835
0,30	0,083	0,150	0,157	0,864	0,181	0,846
0,35	0,072	0,129	0,147	0,872	0,168	0,856
0,40	0,063	0,113	0,138	0,879	0,156	0,865
0,45	0,056	0,100	0,130	0,885	0,146	0,873
0,50	0,050	0,090	0,122	0,891	0,137	0,880
0,55	0,046	0,082	0,117	0,895	0,129	0,886
0,60	0,042	0,075	0,112	0,900	0,122	0,891
0,70	0,036	0,064	0,101	0,908	0,110	0,901
0,80	0,031	0,056	0,092	0,916	0,100	0,909
0,90	0,028	0,050	0,086	0,921	0,096	0,912
1,00	0,025	0,045	0,079	0,927	0,093	0,915
1,20	0,021	0,038	0,077	0,928	0,087	0,920
1,40	0,018	0,032	0,075	0,930	0,083	0,923
1,60	0,016	0,028	0,073	0,932	0,079	0,927
1,80	0,014	0,025	0,071	0,933	0,078	0,928
2,00	0,013	0,023	0,070	0,935	0,077	0,929
2,50	0,010	0,018	0,066	0,938	0,074	0,931
3,00	0,008	0,015	0,063	0,941	0,071	0,934

Примѣчаніе. Въ хорошихъ машинахъ коэффициентъ μ выходитъ на
сколько менѣ табличнаго; но отъ увеличенія его вычисленіе дѣлается
надежнѣе.

Таблица VI А.

Полезный расход пара C_i^1 на 1 индикаторную лошадиную силу въ 1 часъ, въ килограм.

А. Для машинъ безъ конденсаціи.

а) съ кулиснымъ парораспределеніемъ.

Примѣч. Для машинъ, построенныхъ хорошо и содержимыхъ исправно C_i^1 можетъ быть на 0,8 *kg* менѣ табличныхъ данныхъ, а въ другихъ случаяхъ этотъ расходъ можетъ выйти даже гораздо болѣе.

Наполненіе $\frac{l_1}{l}$	0,7	0,6	0,5	0,4	0,333	0,3	0,25	0,20	0,15
$p=2\frac{1}{2}$	22,6	22,0	22,3	—	—	—	—	—	—
3	19,6	18,6	18,0	18,2	—	—	—	—	—
$3\frac{1}{2}$	17,8	16,8	15,9	15,4	15,5	—	—	—	—
4	16,7	15,6	14,7	14,0	13,7	13,7	—	—	—
$4\frac{1}{2}$	15,9	14,8	13,9	13,0	12,6	12,4	—	—	—
$p=5$	15,3	14,2	13,3	12,4	11,9	11,6	11,3	—	—
$5\frac{1}{2}$	14,9	13,8	12,8	12,0	11,4	11,1	10,8	—	—
6	14,4	13,4	12,4	11,5	10,9	10,6	10,2	9,8	—
$6\frac{1}{2}$	14,1	13,1	12,1	11,2	10,6	10,4	9,9	9,5	—
$p=7$	13,9	12,8	11,9	10,9	10,3	10,2	9,6	9,2	8,8
8	13,5	12,5	11,5	10,6	10,0	9,6	9,2	8,8	8,5
9	13,1	12,1	11,2	10,3	9,7	9,4	8,9	8,5	8,2
10	12,9	11,9	11,0	10,1	9,4	9,1	8,7	8,3	8,0

б) съ расширительнымъ парораспределеніемъ.

Примѣч. Для хорошихъ машинъ C_i^1 сравнительно съ табличными данными можетъ выйти менѣ на 0,7 килограмма.

Наполненіе $\frac{l_1}{l}$	0,7	0,6	0,5	0,4	0,333	0,3	0,25	0,20	0,15	0,125	0,10
$p=2\frac{1}{2}$	21,7	20,4	19,5	19,5	20,4	21,5	—	—	—	—	—
3	18,6	17,3	16,3	15,6	15,6	15,8	16,6	—	—	—	—
$3\frac{1}{2}$	16,9	15,6	14,5	13,7	13,3	13,5	14,3	17,0	—	—	—
4	15,8	14,6	13,5	12,7	12,1	11,9	11,9	12,1	13,3	—	—
$4\frac{1}{2}$	15,0	13,8	12,7	11,8	11,3	11,1	10,8	10,9	11,4	12,2	—
$p=5$	14,5	13,3	12,2	11,2	10,7	10,4	10,2	10,0	10,3	10,7	11,6
$5\frac{1}{2}$	14,1	12,9	11,8	10,8	10,3	10,0	9,7	9,5	9,6	9,9	10,5
6	13,7	12,5	11,4	10,4	9,9	9,6	9,3	9,0	9,0	9,1	9,4
$6\frac{1}{2}$	13,4	12,2	11,2	10,2	9,6	9,4	9,0	8,7	8,6	8,7	8,9
$p=7$	13,1	12,0	10,9	9,9	9,4	9,1	8,7	8,4	8,2	8,2	8,4
8	12,7	11,6	10,6	9,6	9,0	8,7	8,3	8,0	7,7	7,7	8,0
9	12,4	11,3	10,3	9,3	8,7	8,5	8,1	7,7	7,4	7,3	7,3
10	12,1	11,1	10,1	9,1	8,5	8,2	7,8	7,5	7,1	7,0	6,9

Таблица VI В.

В. Въ машинахъ съ холодильникомъ.

а) одноцилиндровыя машины (съ рубашкой).

Примѣчаніе. Для одноцилиндровыхъ машинъ съ холодильникомъ, но безъ рубашки должно сравнительно съ табличными данными брать C_i' больше, прилагая къ количеству, которыя находятся въ самой нижней строкѣ; напротивъ того, для хорошихъ машинъ съ рубашкой слѣдуетъ уменьшать величины C_i' почти на тѣ же самыя количества. Для хорошихъ машинъ безъ рубашки, табличныя данныя берутся среднее на 0,2 или на 0,4 килогр. менѣе.

Наполненіе $\frac{1}{1} =$	0,5	0,4	0,333	0,3	0,25	0,20	0,15	0,125	0,10	0,07	0,05
$p=2\frac{1}{2}$	10,6	9,6	9,0	8,7	8,2	7,8	7,3	7,2	7,1	—	—
3	10,3	9,3	8,7	8,4	7,9	7,5	7,1	6,9	6,7	6,6	—
$3\frac{1}{2}$	10,1	9,1	8,5	8,2	7,8	7,3	7,9	6,7	6,5	6,3	6,3
4	10,0	9,0	8,4	8,1	7,6	7,2	6,7	6,5	6,3	6,1	6,1
$4\frac{1}{2}$	9,8	8,9	8,2	7,9	7,5	7,0	6,6	6,4	6,2	6,0	5,9
$p=5$	9,7	8,8	8,1	7,8	7,4	6,9	6,5	6,3	6,1	5,9	5,8
$5\frac{1}{2}$	9,6	8,7	8,1	7,8	7,3	6,9	6,4	6,2	6,0	5,8	5,7
6	9,5	8,5	8,0	7,7	7,2	6,8	6,4	6,2	5,9	5,7	5,6
$6\frac{1}{2}$	9,5	8,5	7,9	7,6	7,2	6,8	6,3	6,1	5,9	5,7	5,5
$p=7$	9,4	8,5	7,9	7,6	7,1	6,7	6,2	6,0	5,8	5,6	5,5
8	9,3	8,4	7,8	7,5	7,0	6,6	6,2	5,9	5,7	5,5	5,4
9	9,2	8,3	7,7	7,4	6,8	6,5	6,1	5,9	5,7	5,4	5,3
10	9,1	8,2	7,6	7,2	6,9	6,5	6,0	5,8	5,6	5,4	5,2
Если безъ рубашки то прибавлять	0,3	0,3	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9

б) двухцилиндровыя машины (съ рубашкой).

Примѣчаніе. Величины, данныя въ этой таблицѣ для C_i' примѣняются къ хорошимъ Вульфовскимъ машинамъ (въ которыхъ приемники нѣтъ, но паръ отсѣкается своевременно для надлежащаго наполненія большаго цилиндра; въ хорошихъ машинахъ съ ресейферомъ при меньшихъ наполненіяхъ можетъ случиться, что C_i' выйдетъ на 0,5—0,7 килограма менѣе табличныхъ данныхъ).

Наполненіе $\frac{1}{1} =$ приведенное къ цилиндру рабо- тающему рас- ширеніемъ.	0,25	0,20	0,15	0,125	0,10	0,07	0,05	0,04
$p = 3$	7,7	7,2	6,7	6,5	6,4	6,5	6,7	—
$3\frac{1}{2}$	7,5	7,0	6,5	6,3	6,1	6,1	6,3	—
4	7,3	6,8	6,3	6,0	5,9	5,8	5,9	6,0
$4\frac{1}{2}$	7,2	6,7	6,2	5,9	5,7	5,6	5,6	5,7
$p = 5$	7,1	6,9	6,0	5,8	5,6	5,4	5,4	5,4
$5\frac{1}{2}$	7,1	6,5	6,0	5,7	5,5	5,3	5,2	5,3
6	7,0	6,5	5,9	5,6	5,4	5,2	5,2	5,1
$6\frac{1}{2}$	7,0	6,4	5,8	5,6	5,3	5,0	4,9	5,0
$p = 7$	6,9	6,3	5,8	5,5	5,2	5,9	4,8	4,8
8	6,9	6,3	5,7	5,4	5,1	5,8	4,7	4,7
9	6,8	6,2	5,6	5,4	5,0	5,7	4,6	4,5
10	6,7	6,2	5,6	5,3	5,0	5,6	4,4	4,4

Обозначенія.

Упругости выражены вообще въ (новыхъ) атмосферахъ, равныхъ давленію 1 килограмма на квадратный сантиметръ:

N_i индикаторная работа машины (на поршнѣ) въ лошадиныхъ силахъ;

N_n полезная работа машины (на валу махового колеса) въ лошадиныхъ силахъ $\eta = \frac{N_n}{N_i}$ индикаторное полезное дѣйствіе;

p средняя абсолютная упругость впускаемаго пара;

p' средняя абсолютная упругость мятаго пара;

f и f' коэффициенты давленія для p и p' ;

$p_i = fp - fp'$ индикаторная упругость, то есть, средняя разность упругости пара позади и впереди поршня (въ двучилиндровыхъ машинахъ сумма разностей для обоихъ поршней по приведеніи въ цилиндру работающему расширеніемъ);

r сопротивленіе машины идущей порожнемъ, отнесенное къ единицѣ площади поршня; въ машинахъ съ холодильникомъ въ это число включаются сопротивленія насоса воздушнаго и насоса, подающаго холодную воду;

μ коэффициентъ добавочнаго тренія (зависящаго отъ количества полезной работы, производимой машиною);

$p_n = \frac{1}{1+\mu} (p_i - r)$ производительная упругость; d діаметръ поршня въ метрахъ;

O работающая площадь поршня (принимается въ расчетъ поперечное сѣченіе поршневаго стержня) въ квадратныхъ метрахъ;

l общая длина хода поршня въ метрахъ;

l_1 длина хода поршня до отсѣчки пара въ метрахъ;

$\frac{l_1}{l}$ степень наполненія; въ двучилиндровыхъ машинахъ приведенная въ цилиндру работающему расширеніемъ (приведенное наполненіе);

$1 : \frac{l_1}{l} = \frac{l}{l_1}$ номинальная степень расширенія (въ двучилиндровыхъ машинахъ номинальная полная степень расширенія),

m коэффициентъ вреднаго пространства, коего величина $= mOl$;

n число оборотовъ (двойныхъ ходовъ) поршня въ 1 минуту,

s средняя скорость поршня въ метр. въ 1 сек.; всегда $nl = 30s$.

v въ двучилиндровыхъ машинахъ отношеніе объемовъ обоихъ цилиндровъ, такъ что $v = \frac{v}{V} < 1$,

C_i' производительный расходъ пара,

C_i'' часть потери пара, происходящая главнѣйше отъ его охлажденія,

C_i''' другая часть потери пара, зависящая главнѣйше отъ неплотности поршня и другихъ частей машины.

килограммовъ въ 1 часъ на одну индикаторную лошадин. силу.

$C_i = C_i' + C_i'' + C_i'''$ полный расход пара, въ килограмм. на одну индикат. лошади. силу.

$C_n = C_i \frac{1}{\eta} = C_i \frac{N_i}{N}$ полный расход пара въ килограмм. въ 1 часъ и на одну эффект. лошади. силу.

Предварительный расчетъ предполагаемой паровой машины, долженствующей имѣть заданную силу.

Главное соотношеніе $N_i = \frac{10000}{75} p_i O. c.$

Даны N_n и абсолютная упругость пара въ котлѣ p_0 . Для вычисления слѣдуетъ взять приблизительно:

$$p = 0,9 p_0 - 0,5$$

и выбрать (по таблицѣ I) $\frac{l_1}{l}$, а также величину c (изъ таблицы II), вмѣстѣ съ этимъ получается численная величина: $nl = 30c$.

Далѣе опредѣляемъ $\frac{N_n}{c}$ и вмѣстѣ съ тѣмъ η (по таблицѣ III) и еще

$$\frac{1}{\eta}, \text{ а также } \frac{N_i}{c} = \frac{1}{\eta} \frac{N_n}{c};$$

тогда изъ таблицы IV получается:

$$p_i = fp - p'f'$$

и изъ нашего основнаго соотношенія $\left(N_i = \frac{10000}{75} p_i O. c. \right)$ выходить непосредственно

$$O = \frac{75}{10000} \frac{N_i}{c} \frac{1}{p_i}.$$

Съ прибавкою отъ 1,50% до 30% для поперечнаго сѣченія стержня поршня мы имѣемъ

$$d \frac{2\pi}{4} = 1,015 O \text{ и до } 103 O,$$

такимъ образомъ (предварительно) найденъ діаметръ d , а помяну $ln = 30c$ опредѣляются l и n .

Примѣръ. Для одноцилиндровой машины съ холодильникомъ и паровою рубашкою при $N_n = 50$ и $p_0 = 5$, будетъ:

$$p = 4; \frac{l_1}{l} = 0,15 \text{ (по таблицѣ I); } c = 1,5 \text{ (по таблицѣ II); } nl = 45;$$

$$\frac{N_n}{c} = 33,3; \eta = 0,773; \frac{1}{\eta} = 1,294 \text{ (табл. III); } \frac{N_i}{c} = 43,1; p_i = 1,620;$$

$O = \frac{75}{10000} \times 43,1 \frac{1}{1,620} = 1,1996; \frac{d^2\pi}{4} = 1,03O = 0,2056;$
 $d = 0,512 \text{ м.};$ принимая что $l=1 \text{ м.},$ выходит:

$$n = \frac{30c}{l} = 45; N_i = 64,7.$$

Когда дано N_i (вместѣ N_n), тогда получается непосредственно:

$$O = \frac{75}{10000} \frac{N_i}{c} \frac{1}{p_i}.$$

Разсчетъ машины, уже построенной или предполагаемой построенною.

(Также окончательная повѣрка предварительнаго разсчета проектируемой машины).

Главное соотношеніе:

$$N_n = \frac{10000}{75} p_n O c = \frac{10000}{75} \frac{1}{1+\mu} (p_i - r) O c \text{ и вмѣстѣ } N_i = \frac{10000}{75} p_i O c.$$

Даны $d, O, l, n, c, p, \frac{l_1}{l}.$

Слѣдуетъ (помощію табл. IV) опредѣлить $p_i = fp - f'p'$ и взять изъ таблицы V $r=r'+r''$ (для машинъ безъ охлажденія) или $r=r'_c+r''_c$ (для машинъ съ охлажденіемъ) и еще $\frac{1}{1+\mu}$; тогда изъ главнаго соотношенія получится N_n (а также N_i).

Для машины, предварительно расчитанной, получаются изъ главнаго соотношенія (въ которомъ N_n дано) исправленныя величины O и d .

Примѣръ. Для машины съ охлажденіемъ, въ которой, какъ исчислено въ предыдущемъ примѣрѣ, $d=0,518 \text{ м.},$ таблица V, соотвѣственно этому d и $p=4$ (если машина легкая) даетъ $r=r'_c+r''_c=0,125+0,88=0,213$

и $\frac{1}{1+\mu}=0,892,$
 по главному уравненію получается

$$50 = \frac{10000}{75} \times 0,892(1,620 - 0,213) O \times 1,3,$$

отсюда исправленная величина для $O=0,1992; \frac{d^2\pi}{4}=1,03O=0,2052$

и $d=0,511 \text{ м.}$ Если требуется вычислить работу этой машины, при $d=0,512, O=200, c=1,5, p=4$ и при наполненіи цилиндра $= \frac{1}{3}$

(слѣдовательно, $\frac{l_1}{l}=0,333$); то по таблицѣ IV находимъ $p_i=2,548,$

а потомъ по главному уравненію:

$$N_i = 102; N_n = 83,2.$$

Дополнительное примечание. Въ предполагаемыхъ къ построитъ двуцилиндровыхъ машинахъ при наполненіи $\frac{l_1'}{l}$ цилиндра высокаго давленія отношеніе объемовъ $v=v:V$ должно, принимая, по наполненію $\frac{l_1}{l}$ приведенному къ большому цилиндру, слѣдующимъ образомъ:

а. Для машинъ съ нагреваемымъ приемникомъ (ресейферомъ).

$$\frac{l_1}{l} = 0,15 \quad 0,125 \quad 0,10 \quad 0,08 \quad 0,06$$

$$v = 0,55 \quad 0,50 \quad 0,45 \quad 0,40 \quad 0,35$$

$$\frac{v_1}{v} = 0,27 \quad 0,25 \quad 0,22 \quad 0,20 \quad 0,17.$$

б. Для машинъ Вульфа.

$$\frac{l_1}{l} = 0,15 \quad 0,125 \quad 0,10 \quad 0,08 \quad 0,06$$

$$v = 0,45 \quad 0,40 \quad 0,35 \quad 0,30 \quad 0,25$$

$$\frac{l_1'}{l} = 0,33 \quad 0,31 \quad 0,29 \quad 0,27 \quad 0,24.$$

Вычисленіе расхода пара C_i и C_i' .

Производительный расходъ C_i' берется непосредственно изъ таблиц VI A или B.

Потери отъ охлажденія C_i'' въ томъ случаѣ, когда приблизительно $l=2d$ вычисляется слѣдующимъ образомъ

$$C_i'' = \frac{11 \text{ до } 14 (p-p') \left(\frac{l_1}{l} + m \right)}{c p_i} \quad \text{для одноцилиндровыхъ машинъ}$$

$$\frac{9 \text{ до } 11 (p-p') \left(\frac{l_1}{l} + m \right)}{c p_i} \quad \text{для двуцилиндровыхъ машинъ,}$$

при чемъ m относится къ цилиндру высокаго давленія.

Если величина $\frac{l}{d}$ значительно разнится отъ 2, то C_i'' должно исправлять слѣдующими коэффициентами:

$$\frac{l}{d} = 1 \quad 1,25 \quad 1,50 \quad 2 \quad 2,50 \quad 3 \quad 4$$

$$\text{коэфф.} = 0,67 \quad 0,75 \quad 0,83 \quad 1 \quad 1,17 \quad 1,33 \quad 1,67.$$

Потери отъ неплотностей частей машины C_i''' , при обыкновенномъ, довольно удовлетворительномъ дѣйствіи машины, можетъ быть исчисляема (или лучше сказать, допускаема) по

$$C_i''' = \frac{22}{\sqrt{N_c}} \quad \text{для одноцилиндровыхъ машинъ,}$$

$$C_i''' = \frac{17}{\sqrt{N_c}} \quad \text{для двуцилиндровыхъ машинъ.}$$

Для отлично хорошихъ машинъ величина C_i''' можетъ быть уменьшена на половину и даже еще болѣе; но тамъ, гдѣ неплотность частей очевидна, слѣдуетъ увеличивать C_i''' въ два раза, или болѣе.

Непринятую здѣсь въ расчетъ потерю пара въ паропроводныхъ трубахъ и воду, увлекаемую изъ котла, можно считать въ 4% до 10 процентовъ всего вообще расхода, который есть $C_i = C_i' + C_i'' + C_i'''$.

Примѣръ. Для ранѣе рассчитанной машины съ холодильникомъ и паровою рубашкою при $N_n = 50$; $N_i = 64,7$; $\frac{l_1}{l} = 0,15$, $p = 4$, $p' = 1,620$, $c = 1,5$; таблица VI В. даетъ, во первыхъ, $C_i' = 6,7$ (а въ совершенно исправной машинѣ 6,2); если $m = 0,05$ то $C_i'' =$ отъ 3,4 и до 4,3, $C_i''' = 2,2$ (въ исправной машинѣ 1,1) и потомъ, для обыкновенной машины — $C_i = C_i' + C_i'' + C_i''' = 6,7 + 4,3 + 2,2 = 13,2$ килограм., а для машины исправной $C_i = 6,2 + 3,4 + 1,1 = 10,7$ килограм.

V. Воздушная машина Лемана.

Принадлежитъ къ числу такъ называемыхъ „замкнутыхъ“ калорическихъ машинъ, то есть, извѣстный объемъ воздуха, замкнутый въ ней, попеременно нагревается и охлаждается и въ слѣдствіе своего расширенія даетъ рабочую силу.

Полезное нововведеніе Лемановской конструкціи состоитъ въ томъ, что рабочій поршень не находится въ прямомъ прикосновеніи съ воздухомъ, нагреваемымъ отъ 600° до 700° Цельсія, но двигается въ охлажденной части цилиндра (30°—50° C) съ обыкновенною кожанною набивкою.

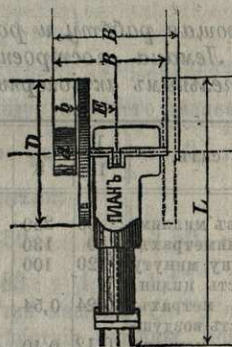
Эти машины работаютъ безъ шума, ухоть за ними легкій, они совершенно безопасны, горючаго матеріала, если это есть газовый коксъ, расходуютъ въ продолженіи десяти часовъ работы по одному гектолитру на каждую лошадиную силу.

Таблица показывающая работу и размеры патентованной воздушной машины Лемана построенной Берлинско-Ангамьскимъ машино строительнымъ акціонернымъ Обществомъ въ Дессау.

Число лошадиныхъ силъ.	$\frac{1}{13}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{3}{4}$	1	$1\frac{1}{2}$	2	3	4
Диаметръ раб. поршня въ миллим.	60	250	330	372	450	525	550	680
Хоть поршня, въ миллиметрахъ	80	130	176	175	175	220	245	235
Число оборотовъ въ одну минуту	120	100	100	90	90	90	80	600
Охлаждаемая поверхность цилиндра, въ ввадратныхъ метрахъ.	0,24	0,54	0,82	1,45	2,73	2,84	3	4,70
Нагрѣваемая поверхность воздушнаго резервуара въ кв. метрахъ	0,12	0,40	0,67	1,04	1,50	1,80	2	2,75
Площадь огневой рѣшетки, въ ввадратныхъ сантиметрахъ.	3,50	4,10	6,66	8,00	9,20	1,104	1,600	2,200
Среднее давленіе на поршень.	—	175 килограмовъ	на квадрат.	сантиметр.				
Диаметръ прив. шкива, въ миллим.	235	314	470	550	628	785	940	1255
Примѣрн. вѣсъ маш. въ килограм.	200	600	1050	1650	2500	3000	3200	4000
Длина машины со включеніемъ печи въ метрахъ.	1,60	2,4	3,25	3,46	3,83	4,35	4,67	6,03
Ширина машины со включеніемъ печи въ метрахъ.	0,46	0,86	1,11	1,18	1,32	1,40	1,40	1,65
Высота машины въ метрахъ.	0,84	1,23	1,53	1,13	1,74	1,77	1,77	2,18

VI. Таблица показывающая работу, размѣры, особенности дѣйствія и проч. патент. газов. машинъ.
 Новый двигатель системы Отто, изъ фабрики газовыхъ двигателей въ Дейцъ.

ЛОШАДИНЫЯ СИЛЫ.	$\frac{1}{2}$	1	2	4	6	8	10	12	16	20
	$\frac{1}{2}$	1	2	4	6	8	10	12	16	20
Наибольшее колич. (затормож. работы въ лош. силахъ.	0,72	1,33	2,67	4,50	7,33	10	12	14	18,50	23
Число оборотовъ приводнаго шкива въ 1 минуту . . .	180	180	180	160	160	140	140	140	140	144
*) расходъ газа на 1 лош. силу и въ 1 часъ, куб. метр.	1,072	0,95	0,90	8,875	0,84	0,82	0,80	0,78	0,76	0,75
**) расходъ охлаждающей воды на каждый кубическ. метръ										
расходуемаго газа, литровъ.	50	53	50	45	35	35	35	35	35	35
Требуемое пространство для пост. машины) длины. . .	3000	3200	3500	4000	4600	4600	5400	5400	6200	6200
и для удобн. ухода за нею, въ миллиметрахъ) ширины.	1800	2000	2000	2200	2600	2600	2800	2800	3300	3300
Размѣры машины въ миллиметрахъ.	L	1900	2150	2550	3500	3500	3850	3850	4800	4800
Примѣч. машины	B	800	900	980	1190	1400	1800	1800	2100	2100
силою отъ $\frac{1}{2}$ до 8 ло-	D	1200	1350	1500	1650	2000	2000	2000	2400	2400
шдннхъ силъ, вклю-	E	263	291	340	400	484	525	535	665	665
чительно, имѣютъ одно	d	200	250	400	600	750	1000	1200	Смотря по сборкѣ ма- шины.	
маховое колесо, а бо-	b	110	150	170	250	280	310	350		
лѣ сильныя машины		50	70	80	120	135	150	170		
два колеса.		900	900	900	900	900	800	800	800	800
Ширина приводнаго ремня въ миллиметрахъ.										
Вышина отъ полу до середины цилиндра, въ миллиметрахъ.										



Фиг. 89.

*) Расходъ газа регулируется машиною такимъ образомъ, что при сравнительно малой работѣ расходъ газа уменьшается почти пропорционально. Въ машин., имѣющихъ отъ 20 до 60 лошадиныхъ силъ расходуется на 1 лошадин. силу и въ 1 часъ около 0,72 куб. мет. газа.
 **) Количество воды, показанное въ сей таблицѣ, расходуется тамъ гдѣ для охлажденія служатъ проточная вода; но въ большей части случаевъ охлажденіе цилиндра производится посредствомъ холоднаго воздуха, въ которомъ вода обращается кругомъ; при такой конструкціи нужно

ХІІ. Построеніе пароходовъ.

І. Построеніе пароходнаго судна.

а. Вычисленіе водоизмѣщенія.

Водоизмѣщеніе есть объемъ воды, вытѣсняемый тою частію корпуса судна, которая погружается въ воду, вѣсъ этой воды всегда равняется полному вѣсу судна и состоитъ изъ

- 1 вѣса пустаго корпуса,
- 2 вѣса мачтъ, парусовъ, канатовъ, якорей, цѣпей и проч.
- 3 вѣса экипажа вмѣстѣ съ его имуществомъ, провіантомъ (водою и топливомъ)
- 4 вѣса зафрахтованныхъ предметовъ или груза. Въ пароходахъ къ этому присоединяются еще
- 5 вѣсъ паровой машины съ котлами, съ водою въ нихъ, съ движущими механизмами и запасными частями,
- 6 вѣсъ угля для отопленія машины. Въ пароходахъ для пассажировъ и переселенцовъ считается также
- 7 вѣсъ самихъ пассажировъ, съ ихъ имуществомъ и съ провіантомъ. Въ корабляхъ военныхъ принимается въ расчетъ сверхъ всего этого:
8. Вѣсъ орудій съ ихъ снарядами и принадлежностями, панцирная обшивка и деревянная подъ нею подкладка, торпеды и все прочее.

По этому собственный вѣсъ судна и количество нагрузки, взятые вмѣстѣ, составляютъ водоизмѣщеніе.

Такъ какъ при построеніи судна количество нагрузки обыкновенно задается то для опредѣленія водоизмѣщенія нужно вычислить одинъ только собственный вѣсъ; это дѣлается помощію коэффиціентовъ, выведенныхъ изъ опыта.

Собственный вѣсъ парохода.

1. Если L обозначаетъ длину судна, B ширину и H глубину, считаемую отъ нижней кромки верхней палубы и до верхней кромки киля, то вѣсъ порожняго корабельнаго корпуса безъ снастей, машинъ, котловъ, каменнаго угля и проч. для небольшихъ желѣзныхъ колесныхъ или винтовыхъ пароходовъ, которые ходятъ въ одной и той же мѣстности

при $L=34,5-41$ метра (отъ 110 до 130 футовъ).

„ $B=4,4-5,3$ метр. (отъ 14 до 17 футовъ).

„ $H=2,35-2,7$ метр. (отъ 7,5 до 8,5 футовъ),

принимается $G=88-145,5 \times L.B.H$ килогр. [или $= (0,053 - 0,089) \times L.B.H$ центнер.] и для судовъ, имѣющихъ размѣры большіе

$G=162-237 \times L.B.H$ килогр. (или $0,1-0,142 L.B.H$ центнеровъ).

2. Вѣсъ снастей со включеніемъ якорей, цѣпей и проч. принимаютъ, если D обозначаетъ все водоизмѣщеніе по наружной обшивкѣ,

для купеческихъ пароходовъ $0,04D$ и до $0,05D$

для военныхъ кораблей $=0,06D$

Вѣсъ однихъ снастей (мачтъ, парусовъ подвижныхъ и неподвижныхъ и всякихъ къ нимъ принадлежностей) составляетъ

при парусахъ въ	2650 кв. метр.,	около 63—65 кил. на кв. метр.
отъ 1700—2200	,	57—63
1200—1500	,	50—52
950	,	47
800	,	39
700	,	31
400—600	,	23—25

3. а) вѣсъ экипажа, считая 1 человѣка съ его имуществомъ въ 110 килогр.

б) вѣсъ провіанта:

Сухихъ съѣстныхъ припасовъ на каждого ежедневно 1,2 килогр.

Упаковка этихъ припасовъ отъ 20% до 23% процентовъ собственнаго ихъ вѣса.

с) Вѣсъ воды.

Ежедневно на каждого человѣка (отъ 4 до 6 литровъ) 4—6 килогр.; бочки для нея составляютъ около 20% ихъ вѣса.

4. Вѣсъ паровой машины вмѣстѣ съ котлами, водою и запасными частями:

а) колесная машина отъ 150 до 200 килогр. на IHP

б) винтовая машина

100—1000 IHP 191—241 килогр. на IHP

1000—5000 IHP 161—191 " " IHP

5000—9000 IHP 138—166 " " IHP

Горизонтальныя машины на военныхъ корабляхъ (машины средняго давленія съ поверхностнымъ охлажденіемъ пара отъ 2000 до 6000 IHP около 175—200 килогр. на IHP ; а если менѣе 2000 IHP , то до 225 килограмовъ.

При употребленіи этихъ чиселъ надлежитъ для малыхъ машинъ брать большее число и наоборотъ для большихъ машинъ меньшее число.

Общій вѣсъ машины распределяется почти слѣдующимъ образомъ:

котель съ водою . . . 56%

паровая машина . . . 37%

приводный валъ . . . 5%

винтъ . . . 2%

5. Потребность угля почти пропорциональна кубу скорости и составляет въ 1 часть на *IHP*:
 для машинъ низкаго давленія отъ 1,3 до 1,6 килогр. на *IHP*
 для новѣйшихъ компаундъ машинъ около 1 килогр. на *IHP*

Во Франці морское ведомство принимаетъ въ основаніе расчетовъ количество 1,1 килограммъ

Расходъ угля въ одинъ часъ на 1 квадрат. метръ рѣшетки составляетъ отъ 70 до 100 килограммъ.

Общую сумму всѣхъ этихъ количествъ должно приравнять къ числу кубическихъ метровъ морской воды.

1 куб. метръ морской воды вѣситъ 1026 килогр.

и 1 куб. футъ „ „ „ 63,343 фунта.

Если общій вѣсъ парохода вычисленъ въ килограммахъ (или же въ фунтахъ) слѣдуетъ его величину раздѣлить на 1026 (или на 63,343); тогда получится число кубическихъ метровъ (кубическихъ футовъ) морской воды. Если общій вѣсъ выраженъ въ нормальныхъ ластахъ (по 4000 германскихъ фунтовъ въ каждомъ), то число ластовъ, помноженное на $\frac{4000}{63,343} = 63,146$,

дастъ число кубич. футовъ морской воды. Въ Англіи обыкновенно считаютъ водоизмѣщеніе англійскими тонами (по 2240 англійск. фунтовъ въ каждой) и принимаютъ, что 1 тонна равна 35 кубич. фут. морской воды.

В. Опредѣленіе главныхъ размѣровъ пароходовъ.

Если водоизмѣщеніе опредѣлено, то размѣры и коэффициенты полноты берутся по слѣдующей таблицѣ, въ которой *L* длина судна, *B* наибольшая ширина, *T* строительная глубина, *H* глубина отъ нижней кромки верхней палубы до верхней кромки киля, *V* водоизмѣщеніе, *A* наибольшее погруженное сѣченіе, *W. L.* ватеръ линіи; δ , β и α коэффициенты полноты водоизмѣщенія, главнаго шпангоута и верхней ватеръ линіи отношенія объема водоизмѣщенія къ объему описаннаго параллелепипеда или между площадью шпангоута и ватеръ-линіи и описаннымъ прямоугольникомъ).

	$\frac{L}{B}$	$\frac{T}{B}$	$\frac{H}{B}$	δ	β	α
большіе океанскіе колесные пароходы.	6,5 до 10	0,4—0,5	0,5—0,75	0,45 до 0,57	0,8 до 0,93	0,70
редн. колесные пар.	8—12	0,33—0,45	(0,5)			
мѣшчине „ „	12—20	завис. отъ глуб. воды (0,18)	0,4—0,5	0,45—0,70	до 0,99	до
большіе океанск. винтовые пароходы.	7—11	0,34 до 0,52	0,66 до 0,80	0,54—0,70	0,85—0,95	0,85
редніе винт. парох.	6—9		0,60—0,75	0,60—0,76	0,90—0,96	
малые винтовые пассажирскіе суда и шлюпки	4—6	0,30—0,45	0,5—0,7	0,32—0,50	0,60—0,74	0,65 до 0,75

*) Зависитъ отъ системы машины.

Коэффициенты полноты водоизмѣщенія, ватеръ-линіи и главнаго шпангоута выбираются такъ, чтобы $\delta = \alpha \beta x$, при чемъ x заключается между 0,82 и 0,90; хорошія величины получаются при $x = 0,86 - 0,87$.

Ц. т. водоизмѣщенія наход. за серединою на 0,008 до 0,015 L

Высота верхней палубы надъ водою не должна быть меньше $\frac{1}{4}$ внутр. глубины и слѣдуетъ ее измѣрять такъ, чтобы пароходъ могъ имѣть запасное водоизмѣщеніе въ 20—35% отъ полнаго.

С. Опредѣленіе водоизмѣщенія, центра тяжести и метacentра.

Опредѣленіе дѣлается по правилу Симпсона, принявъ за основаніе нижеслѣдующую схему.

Прежде всего вычисляются площади и моменты ватеръ-линій и изъ нихъ при помощи той же схемы, подставляя вмѣсто ординатъ площади, водоизмѣщеніе и разстояніе ц. т. водоизмѣщенія отъ верхней ватеръ-линіи. Разстояніе ц. т. водоизмѣщенія отъ задняго перпендикуляра (первая ордината) найдется, если моменты ватеръ-линій подставимъ въ формулу Симпсона и полученный моментъ всего корпуса раздѣлимъ на водоизмѣщеніе. Дѣленія дѣлаются при этомъ такъ, чтобы число ординатъ, т. е. ватеръ-линій и шпангоутовъ было нечетное.

Нормальное разстояніе между двумя ординатами обозначимъ чрезъ Δx . Множители 1, 4, 2, 4 и т. д. Симпсона въ правилѣ для простоты умноженія замѣнены чрезъ $\frac{1}{2}, 2, 1, 2$ и поэтому сумму нужно умножить на 2.

Нумера ординатъ.	Мѣра ординатъ.	Множителъ.		Множителъ.	
1	y_0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}y_0$	0	$0 \cdot \frac{1}{2}y_0$
2	y_1	2	$2y_1$	1	$1 \cdot 2y_1$
3	y_2	1	$1y_2$	2	$2 \cdot 1y_2$
4	y_3	2	$2y_3$	3	$3 \cdot 2y_3$
5	y_4	1	$1y_4$	4	$4 \cdot 1y_4$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
$2n$	y_{2n-1}	2	$2y_{2n-1}$	$2n-1$	$(2n-1) \cdot 2y_{2n-1}$
$2n+1$	y_{2n}	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}y_{2n}$	$2n$	$2n \cdot \frac{1}{2}y_{2n}$

Сумма = S

= S'

Содержаніе полуплощади (половина водоизмѣщенія) $\dots \dots \dots = \frac{2}{3} (\Delta x) S$

Моментъ полуплощади (корпуса) отнесенный къ первой ординатѣ $\dots \dots \dots = \frac{2}{3} (\Delta x)^2 S'$

Разстояніе ц. т. площади (корпуса) отъ 1-й ординаты
$$= \frac{\frac{2}{3} (\Delta x)^2 S_1}{\frac{2}{3} (\Delta x) S}.$$

или
$$= (\Delta x) \frac{S_1}{S}$$

Расчетъ ведется подобнымъ же образомъ, если исходить отъ шпангоутовъ и желаютъ сначала вычислить ихъ площади. Часто дѣлаютъ оба вычисленія одновременно, чтобы чрезъ совпаденіе результатовъ убѣдиться въ ихъ правильности.

Въ кривыхъ, которыя въ опредѣленныхъ мѣстахъ имѣютъ особенно сильное искривленіе, напр. ватеръ линіи на концахъ судна или шпангоуты средней части полныхъ судовъ въ днѣ, можно чрезъ введеніе промежуточныхъ ординатъ получить большую точность. Если они введены предъ и послѣ ординаты, обозначенной чрезъ 2 n , то схема для вычисленія получается слѣдующимъ образомъ:

Нумера ординатъ.	Мѣра ординатъ.	Множителъ.		Множителъ.	
1	y_0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2} y_0$	0	$0 : \frac{1}{2} y_0$
2	y_1	$\frac{2}{2}$	$2 y_1$	1	$1 : 2 y_1$
3	y_2	1	$1 y_2$	2	$2 : 1 y_2$
4	y_3	2	$2 y_3$	3	$3 : 2 y_3$
5	y_4	1	$1 y_4$	4	$4 : 1 y_4$
...	...	...	...	...	...
$2n-1$	y_{2n-2}	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4} y_{2n-2}$	$2n-2$	$(2n-2) : \frac{3}{4} y_{2n-2}$
$2n-\frac{1}{2}$	$y_{2n-\frac{3}{2}}$	2	$2 y_{2n-\frac{3}{2}}$	$2n-\frac{3}{2}$	$(2n-\frac{3}{2}) : 2 y_{2n-\frac{3}{2}}$
$2n$	y_{2n-1}	1	$1 y_{2n-1}$	$2n-1$	$(2n-1) : 1 y_{2n-1}$
$2n+\frac{1}{2}$	$y_{2n-\frac{1}{2}}$	2	$2 y_{2n-\frac{1}{2}}$	$2n-\frac{1}{2}$	$(2n-\frac{1}{2}) : 2 y_{2n-\frac{1}{2}}$
$2n+1$	y_{2n}	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4} y_{2n}$	$2n$	$2n : \frac{1}{4} y_{2n}$

Если V_1 водоизмѣщеніе по внѣшнимъ очертаніямъ дано въ куб. метр. то въ тоннахъ по 1000 kg :

$$V_2 = 1,026 V_1$$

Если V_1 дано въ англійскихъ куб. футахъ, то въ тоннахъ по 2240 англ. фунт.:

$$V_2 = 0,026 V_1.$$

Метацентръ есть точка пересѣченія оси плаванія съ сілою подъема для безконечно малаго вращенія. Разстояніе метацентра M отъ ц. т. водоизмѣщенія F равно моменту инерціи верхней ватеръ линіи относительно продольной оси, раздѣленному на объемъ водоизмѣщенія или по формулѣ Симпсона: $MF = \frac{1}{9} \Delta x (1/2 y^3_2 + 2 y^3_1 + y^3_2 + 2 y^3_3 + \dots + 2 y^3_{2n-1} + 1/2 y^3_{2n}) : V$ гдѣ $y_0 \dots y_{2n}$ ординаты верхней ватеръ-линіи, Δx ихъ разстоянія между собою и V водоизмѣщеніе судна.

Для вновь строящагося судна положеніе поперечнаго и продольнаго метацентра, а также положеніе ц. т. водоизмѣщенія

можно опредѣлить по слѣдующимъ приближительнымъ формуламъ.

1. Для опредѣленія положенія ц. т. водонизмѣщенія ниже воды $Z = (0,10 + 0,36\beta) T$ или $= \frac{1}{3} \left(\frac{T}{2} + \frac{T\delta}{\alpha} \right)$.

Приблизительно онъ находится между $\frac{2}{5}$ и $\frac{2}{9}$, средней глубины хода судна.

2. Высота поперечнаго метацентра

$$MF = \frac{\alpha^3}{2(\alpha+1)(2\alpha+1)} \frac{LB^3}{V}$$

3. Высота продольнаго метацентра

$$M_1 F = (0,008 + 0,077\alpha^3) \frac{L^3 B}{V}$$

Надъ центромъ тяжести F водонизмѣщенія.

D. Форма парохода.

Форма судна хороша, если она даетъ незначительное сопротивление движенію при достаточной устойчивости и помыстительности; хорошее судно берется за модель и по ней опредѣляютъ формы новаго судна. Для этого раздѣляютъ всѣ длину на нѣкоторое число равныхъ частей (напр. 20), чрезъ точки дѣленія проводятъ ординаты ватеръ линій, измѣряютъ ихъ, при чемъ за масштабъ берется ширина судна, раздѣленная на 1000-я части; измѣренныя величины располагаются въ табличномъ порядкѣ. Для ясности приводимъ такую таблицу для рѣчныхъ судовъ по Редтенбахеру. Колонна α содержитъ обозначенія сѣченій (отъ 0 до 20) напротивъ I, II, III колонны даютъ ординаты ватеръ-линій въ плоскостяхъ считая снизу вверхъ; послѣдній столбецъ даетъ ординаты палубной линіи.

α	I.	II.	III.	Палуба.	α	I.	II.	III.	Палуба.
0	30	30	30	800	0	830	910	960	1000
1	45	100	165	850	1	810	910	950	990
2	120	230	390	900	12	760	870	930	990
3	240	400	600	930	13	680	810	870	960
4	380	590	750	930	14	570	700	780	930
5	520	700	825	970	15	440	570	650	860
6	630	780	880	990	16	310	420	500	770
7	730	840	940	990	17	200	270	340	640
8	790	880	940	990	18	110	150	200	480
9	830	910	960	000	19	10	40	60	270
10	830	910	960	1000	20	—	—	—	30

Составивъ таблицу, вычисляютъ главные размѣры устраиваемаго судна, длину, ширину, высоту и глубину погруженія; тогда можно начать вычерчиваніе, употребляя для масштаба ширину вновь устраиваемаго судна, раздѣленную на 1000-я части и нанося посредствомъ онаго табличныя числа. Этимъ способомъ получается форма судна, подобная модельному судну.

II. Пароходныя машины и двигатели.

A. Сопротивленіе ходу и индикаторныя лошадыныя силы.

Способъ Фрауда (Froude). Сопротивленіе R ходу въ килогр. слагается

1. изъ сопротивленія отъ тренія R_r
2. изъ сопротивленія отъ образующихся водоворотовъ R_w ,
3. изъ сопротивленія отъ образующихся волнъ R_w .

Сопротивленіе отъ тренія вычисляется по формулѣ

$$R_r = k\gamma Fv^m,$$

въ которой k обозначаетъ въ килограм. величину сопротивленія на единицу площади и единицу скорости,

γ удѣльный вѣсъ воды,

F подводную поверхность судна въ квадратн. метрахъ.

v скорость хода судна въ метрахъ въ секунду.

Величины k и m получаются изъ слѣдующей таблицы:

Длина корабля по ватерлинии въ метрахъ.	Желѣзный корпусъ корабля, покрытый какою нибудь крас- кою или лакомъ.		Мѣдная или цинко- вая обшивка безъ выдающихся голо- вокъ гвоздей.		Корветъ „Гончая“ (Greg- hound); обшивка мѣдная старая, корабль въ по- добномъ же состояніи.	
	k	m	k	m	k	m
5	0,1780	1,8507	0,1633	1,9015	0,2263	1,8660
10	0,1622	1,8427	0,1590	1,8525	0,2087	1,8525
20	0,1572	1,8290	0,1563	1,8270	0,1985	1,8430
30	0,1555	1,8290	0,1546	1,8270	0,1945	1,8430
40	0,1540	1,8290	0,1533	1,8270	0,1925	1,8430
50	0,1530	1,8290	0,1522	1,8270	0,1906	1,8430
60	0,1515	1,8290	0,1510	1,8270	0,1895	1,8430
70	0,1502	1,8290	0,1502	1,8270	0,1882	1,8430
80	0,1490	1,8290	0,1498	1,8270	0,1873	1,8430
90	0,1480	1,8290	0,1490	1,8270	0,1862	1,8430
100	0,1472	1,8290	0,1485	1,8270	0,1855	1,8430
110	0,1468	1,8290	0,1483	1,8270	0,1852	1,8430
120	0,1460	1,8290	0,1482	1,8270	0,1846	1,8430

Для первоначальнаго вычисленія принимается $k=0,15517$ и $m=1,83$.

Поверхность F опредѣляется приблизительно по формулѣ:

$$F = e L(B+2T),$$

въ которой коэффициентъ e берется сравнительно съ сходственными судами; вообще e увеличивается вмѣстѣ съ коэф-

фиціентомъ полноты судна и уменьшается съ увеличеніемъ

$$\frac{L}{B} \text{ и } \frac{T}{B}^*).$$

Сопротивленіе R_r отъ образующихся водоворотовъ составляетъ въ судахъ новѣйшей постройки отъ 8 до 10 процентовъ сопротивленія производимаго треніемъ.

Сопротивленіе отъ образующихся волнъ зависитъ отъ соотношенія между длиною судна и скоростью его хода. Если L_1 обозначаетъ длину передней части судна въ метрахъ L_2 длину задней части тоже въ метрахъ и V скорость въ узлахъ въ часъ ($v=0,5144V$), то наибольшая скорость парохода какой только можно достигнуть не доходя до несоразмѣрныхъ расходовъ, будетъ:

$$\begin{aligned} V_{max} &= 1,875\sqrt{L_1 + L_2}. \\ \text{и } L_1 &= 0,171 V_{max}^2 \\ L_2 &= 0,114 V_{max}^2. \\ \hline L + L_2 &= 0,285 V_{max}^2. \end{aligned}$$

по этому $L_1 + L_2$ есть наименьшая длина парохода для заданной скорости.

Отсюда находимъ, что сопротивленіе R_r , оказываемо образующимися волнами, отъ величины всего вообще сопротивленія составляетъ въ процентахъ:

$V =$	V_{max}	28%
$V = \frac{7}{8}$	V_{max}	18%
$V = \frac{3}{4}$	V_{max}	13%
$V = \frac{5}{8}$	V_{max}	9,7%
$V = \frac{1}{2}$	V_{max}	8%.

Эти числа приложимы тамъ, гдѣ длина передней части судна равняется 3,5 и 4 ширинамъ наибольшаго поперечнаго сѣченія B ; при другихъ соотношеніяхъ должно измѣнить ихъ пропорціонально. Длина средней части судна избирается по возможности такъ, чтобы вершина волны приходилась противъ середины задней части. Работа, потребная для преодоленія одного только сопротивленія парохода, составляетъ въ лошадиныхъ силахъ:

$$ENP = \frac{Rv}{75}.$$

Число индикаторныхъ лошадиныхъ силъ, которое машина должна для этого развивать, простирается по Фрауду до

$$INP = 2,7ENP.$$

Если задана какая нибудь другая скорость хода, наприим. v_1 , то нужныя для этого индикаторныя лошадиныя силы, будутъ

$$INP_1 = 2,206ENP_1 + 0,494ENP \frac{v_1}{v}.$$

*) L длина судна, B наибольшая ширина поперечнаго сѣченія или миделя T углубленіе поперечнаго сѣченія.

Французскія и англійскія формулы для судовъ сходственнаго типа, помѣщены у Ледье, *Traité élémentaire des appareils à vapeur de navigation* и въ изданіи „*La marine à l'exposition universelle de 1878*“.

Формула Ранкина въ особенности примѣнима къ тѣмъ острымъ кораблямъ, чертежъ которыхъ у него приложенъ *).

Обозначимъ въ Англійскихъ мѣрахъ:

L длину корабля по ватерлиніи

U среднюю шпангоутную окружность

θ средній уголъ ватерлиніи съ продольнымъ горизонтальнымъ сѣченіемъ

$$IHP = \frac{V^3}{C} LU(1 + 4 \sin^2 \theta + \sin^4 \theta).$$

C есть коэффициентъ, принятой Ранкиномъ въ 20000; но эту величину должно считать за наибольшую.

Джонъ У. Найстромъ вычисляетъ сопротивление ходу судна по своей особенной формулѣ, **) примѣнимой къ судамъ глубоко сидящимъ въ водѣ. $R = 4 Ov^2$
 v обозначаетъ скорость въ узлахъ въ 1 часъ. ***).

Площадь сопротивленія $O = A \sqrt{\frac{B^2}{B^2 + mL^2}}$ въ Англійскихъ мѣрахъ

m опредѣляется посредствомъ аргумента x , который есть

$$x = \frac{D}{AL};$$

D обозначаетъ величину водоизмѣщенія въ англ. куб. фут. Для этого имѣется таблица, составленная Найстромомъ.

x	m	x	m	x	m	x	m
1,00	0,000	0,77	1,05	0,67	1,77	0,57	1,72
0,95	0,024	0,76	1,12	0,66	1,84	0,56	1,67
0,90	0,228	0,75	1,20	0,65	1,90	0,55	1,61
0,88	0,326	0,74	1,28	0,64	1,96	0,54	1,55
0,86	0,432	0,73	1,35	0,63	2,00	0,53	1,50
0,84	0,558	0,72	1,43	0,62	1,97	0,52	1,44
0,82	0,692	0,71	1,51	0,61	1,93	0,51	1,38
0,80	0,836	0,70	1,59	0,60	1,88	0,50	1,32
0,79	0,902	0,69	1,64	0,59	1,82	0,49	1,26
0,78	0,978	0,68	1,71	0,58	1,77		

При употребленіи этихъ формулъ предполагается, что ни-

*) Artisan October 1861.

**) Rühlmann, Maschinenbau.

***) Большая часть пароходовъ движется въ спокойной водѣ съ скоростью отъ 3 до 5 метр. въ секунду. Скорость 6 метр. считается уже очень большою.

Женя часть корабля, обитая мѣдью или желѣзная, находится въ исправномъ состояніи.

Въ узкихъ каналахъ сопротивленіе, встрѣчаемое кораблемъ, значительно сильнѣе.

По Bourgois, если поперечное сѣченіе канала въ 6, въ или въ $11\frac{1}{2}$ разъ болѣе площади главного шпангоута то сопротивление будетъ въ 3, 3; въ 1, 8; въ 1, 7 разъ сильнѣе нежели въ водѣ ничемъ неограниченной.

В. Гребныя колеса.

Пусть будетъ:

R сопротивление ходу судна въ килограммахъ.

A площадь двухъ, одновременно погружающихся лопатокъ колеса, въ квадр. метрахъ

m число лопатокъ въ каждомъ колесѣ

γ удѣльный вѣсъ воды

g ускореніе тяжести въ $m(=9,81)$

u скорость центра давленія лопатокъ въ метрахъ

v скорость хода судна въ метрахъ.

$$R = mA \frac{\gamma}{2\pi g} u^2 \left(\vartheta_1 - \left(\frac{v}{u} \right) \vartheta_2 + \left(\frac{v}{u} \right)^2 \vartheta_3 \right)$$

$\frac{v}{u}$ находится между 0,7 и 0,85, что соотвѣтствуетъ отступленію отъ 30 до 15 процентовъ; среднюю мѣроу $\frac{v}{u} = 0,8$ или

20% отступленія *). Величины ϑ получаются изъ слѣдующей таблицы, гдѣ φ обозначаетъ уголъ входа лопатокъ.

φ					$\vartheta_1 - \frac{v}{u} \vartheta_2 + \left(\frac{v}{u} \right)^2 \vartheta_3$
Въ градусахъ.	Въ частяхъ дуги.	ϑ_1	ϑ_2	ϑ_3	для величины $\frac{v}{u} = 0,8$
20	0,34906	0,3420	0,67045	0,32868	0,01601
25	0,4363	0,4226	0,81932	0,39746	0,02154
30	0,5239	0,5000	0,95661	0,45830	0,02803
35	0,6109	0,5736	1,08075	0,51068	0,03591
$37\frac{1}{2}$	0,6545	0,6088	1,18746	0,53356	0,04077
40	0,6981	0,6428	1,19050	0,55426	0,04511
45	0,7854	0,7071	1,28540	0,58926	0,05591
50	0,8727	0,7660	1,36507	0,61620	0,06835

По Кампенъяку . . . $\varepsilon = 1, 24$ и до 3,9

„ Дюбюа . . . $\varepsilon = 1,433$

„ Понсле . . . $\varepsilon = 1,333$

„ Дюшвеку . . . $\varepsilon = 1,254$.

*) Отступленіе соотвѣтствуетъ понятію „боксованіе“ въ локомотивахъ.

Внутренний диаметр D' гребного колеса долженъ быть больше нежели $\frac{1852v}{60\pi}$, гдѣ n обозначаетъ число оборотовъ въ минуту; обыкновенно бываетъ $D' = 1,1$ и до $1,15 \frac{1852 v}{60\pi}$ или $= 11$ и до $11,5 \frac{v}{n}$.

Кромѣ того, колесная лопасть своею внутреннею кромкою должна погружаться подъ поверхность воды, по меньшей мѣрѣ, на 10 сантиметровъ.

Число оборотовъ n бываетъ отъ 20 до 40.

Отношеніе высоты къ ширинѣ лопатки какъ $\frac{1}{4}$ и до $\frac{1}{5}$, а для рѣчныхъ пароходовъ до $\frac{1}{7}$; въ сравненіи съ шириною

парохода ширина лопастей должна быть менѣе нежели $\frac{1}{3}$, а для рѣчныхъ пароходовъ менѣе, нежели $\frac{1}{2}$ ширины парохода; разстояніе между лопатками простирается отъ 0,9 и до 1,2 метра; для рѣчныхъ же пароходовъ до 0,7 метра.

Центръ давленія лопатокъ принимается въ Англіи на $\frac{1}{3}$, во

Франціи на $\frac{1}{2}$ ширины лопатки считая, снаружи внутрь.

Въ патентованныхъ колесахъ Моргана отдача въ спокойномъ морѣ не бываетъ существенно менѣе; но такія колеса представляютъ ту выгоду, что лопасти ихъ погружаются глубже, могутъ быть гораздо выше; это позволяетъ увеличивать диаметръ колесъ и уменьшать ширину лопастей, также движенье парохода бываетъ не такъ сильно, какъ при общепотребительныхъ колесахъ, потому что лопасти погружаясь въ воду, производятъ менѣе сильный ударъ. Въ особенности годно употребленіе патентованныхъ колесъ на малыхъ пароходахъ, имѣющихъ колеса небольшого диаметра.

Приблизительный вѣсъ одного колеса, обозначая чрезъ b ширину и чрезъ d его диаметръ, въ метрахъ равняется:

		въ футахъ
и неподвижныхъ лопатокъ	$660b d$ килограм.	$(1306 d$ фунтовъ)
патентованн.	$1220b d$	$(2406 d$ ")

С. Гребной винтъ.

Площадь винтовыхъ лопастей (въ ихъ плоской развѣрткѣ) Фрауду, равняется въ квадратныхъ метрахъ

$$A = 0,107 \frac{R}{v^2}$$

гдѣ R обозначаетъ сопротивленіе судна въ килограммахъ, а V скорость его хода въ узлахъ.

При самыхъ благоприятныхъ условіяхъ полезное дѣйствіе винта достигаетъ 75%; а вообще оно равняется только лишь 66%; изъ этого видно, что большое отступленіе (боксованіе) очень вредно, высшая его мѣра простирается отъ 20 до 40 процентовъ. Увеличенію полезнаго дѣйствія способствуетъ также и то, чтобы подъемъ винта не дѣлать очень малымъ, обыкновенно онъ находится въ зависимости отъ діаметра винта

(который заданъ) и измѣняется въ предѣлахъ $\frac{h}{d}$ между 1,0

и 1,6, но случается, что онъ спускается до 0,9. Кромѣ того подъемъ винта бываетъ въ связи съ числомъ его оборотовъ, такъ какъ $1852 V (1 + \text{отступленіе}) = 60 n$; число оборотовъ n въ 1 минуту зависитъ отъ дѣйствующей машины.

Діаметръ винта ограничивается сверху глубиною хода парохода, а снизу площадью его лопастей. Верхняя кромка лопастей должна быть на глубинѣ отъ 0,3 до 0,5 метра по нормальной поверхности воды, а нижняя кромка должна находиться на 0,1 или на 0,2 метра выше кила.

Число лопастей винта въ торговыхъ пароходахъ новейшей постройки бываетъ большею частію 3, а при большихъ мѣрахъ судна даже 4; въ военныхъ—лопастей 2.

Толщина лопастей уменьшается по направленію къ передней и задней сторона, которая есть собственно дѣйствующая, сохраняетъ свои геометрическія очертанія. Тѣ винты у которыхъ подъемъ лопастей увеличивается въ направленіи съ входной кромки къ выходной, работаютъ спокойнѣе, нежели обыкновенные винты, потому что входящая кромка работаетъ только при небольшомъ отступленіи. А такъ какъ тѣ трясенія, которыя претерпѣваютъ частицы воды, встрѣчаемыя винтовыми лопастями, будутъ тѣмъ слабѣе, чѣмъ меньше будетъ уголъ входа въ воду, то онъ доходитъ до своего минимума 0 тамъ, гдѣ отступленіе равняется 0.

Ослабленія толчковъ и вмѣстѣ съ тѣмъ уменьшенія сотрясеній пароходахъ старались достигнуть еще тѣмъ, что входная кромка сильно округляли, какъ это именно было сдѣлано въ винтахъ Гриффита. Эти послѣдніе отличаются еще тѣмъ, что ступица у нихъ очень большая и шарообразная, а лопасти слегка изогнуты въ сторону къ судну. Большой радиусъ ступицы допускается по той причинѣ, что части винта, находящіяся вблизи его оси, производятъ дѣйствіе очень мало

Винтъ, оленій рогъ, у котораго лопасти изогнуты (соответственно тому что образующая линія винтовой поверхности есть спираль) имѣетъ ту цѣль, чтобы уменьшить центробежное движеніе воды и тѣмъ содѣйствовать поступательному ходу судна впередъ.

Приблизительный вѣсъ въ килограммахъ простирается въ 2-хъ лопаст. винтѣ изъ жел. до 127,7 *lhd*, изъ латуни 242,5 *lhd*
3-хъ " " " " 137,4 *lhd*, " 282,8 *lhd*
4-хъ " " " " 242,5 *lhd*, считая *l*, *h*, *d* метр.

Вѣсъ ступицы составляетъ здѣсь почти 0,4 вѣса четырехъ до лопастей. Для судовъ, обшитыхъ мѣдью, винты должно дѣлать изъ бронзы, для желѣзныхъ судовъ изъ чугуна или литейные изъ желѣза, а иногда также литые изъ стали; но гради дешевизны употребляются почти всегда чугунные.

Въ наше время, и особенно для военныхъ кораблей дѣлаютъ по два винта. Такое устройство имѣетъ важныя преимущества, предъ одиночными винтами, именно оно доставляетъ большую скорость и уменьшаетъ глубину хода.

Д. Пароходныя машины.

Обозначивъ литерами:

N индикаторное число лошадиныхъ силъ машины.

D діаметръ цилиндра въ сантиметр. или діаметр. цилиндра низкаго давленія въ компаундъ машинахъ.

A число цилиндровъ.

C ходъ поршня въ метрахъ.

v скорость поршня въ метр. въ 1 минуту.

n число оборотовъ въ минуту.

p_m среднее давленіе пара на квадратн. метрѣ въ килогр. получаемъ слѣдующія соотношенія:

$$N = \frac{\pi D^2}{4} p_m A \frac{v}{60 \cdot 75}; v = 2Cn.$$

Изъ этихъ уравненій опредѣляется *D*, когда окончательно решены вопросы о числѣ цилиндровъ *A* и о скорости поршня *v* и когда среднее давленіе *p_m* вычислено по абсолютному давленію въ котлѣ.

Скорость поршня измѣняется отъ 120 до 180 метровъ въ минуту, при этомъ принимается въ расчетъ его ходъ и число оборотовъ; ходъ ограничивается заданными размѣрами помѣщенія машины, а число оборотовъ — трудностями ухода неблагоприятнымъ вліяніемъ парораспределенія, а въ паровыхъ винтовыхъ подъемовъ винта; именно, если *V* обозначаетъ скорость парохода въ узлахъ и *h* подъемъ винта въ футахъ то

$$1852 V (1 + \text{отступленіе воды}) = 60h.$$

Подъемъ винта тоже опредѣляется по его діаметру и быстрой (0,9) или 1 и даже до 1,6 діаметра. Вообще число оборотовъ уменьшается съ увеличеніемъ размѣра машины и для паровыхъ на военныхъ судахъ составляетъ

обычно *N* = 300 и до 600, отъ 600 до 2500, отъ 2500 до 5000, отъ 5000 до 8000
и = 100 до 130, „ 90 и до 100, „ 80 и до 90, „ 70 и до 80.

На купеческихъ судахъ большія машины дѣлають такъ 1 минуту отъ 50 до 70 оборотовъ, среднія отъ 70 до 90 и мало отъ 90 до 120. Среднее давленіе p_m зависитъ отъ абсолютнаго давленія въ котлѣ p , отъ степени наполненія паромъ цилиндровъ и отъ процесса парораспределенія; оно выражается формулою

$$p_m = kp^\epsilon \left(1 + \ln \frac{1}{\epsilon} \right).$$

Коэффициентъ $\epsilon \left(1 + \ln \frac{1}{\epsilon} \right)$ берется изъ слѣдующей таблицы

ϵ	$\epsilon \left(1 + \ln \frac{1}{\epsilon} \right)$	ϵ	$\epsilon \left(1 + \ln \frac{1}{\epsilon} \right)$	ϵ	$\epsilon \left(1 + \ln \frac{1}{\epsilon} \right)$
0,01	0,056	0,16	0,453	0,31	0,673
0,02	0,098	0,17	0,471	0,32	0,685
0,03	0,135	0,18	0,489	0,33	0,696
0,04	0,179	0,19	0,506	0,34	0,707
0,05	0,200	0,20	0,522	0,35	0,717
0,06	0,229	0,21	0,538	0,375	0,743
0,07	0,257	0,22	0,555	0,40	0,767
0,08	0,282	0,23	0,569	0,45	0,810
0,09	0,307	0,24	0,583	0,50	0,847
0,10	0,330	0,25	0,597	0,55	0,879
0,11	0,353	0,26	0,610	0,60	0,906
0,12	0,374	0,27	0,624	0,65	0,930
0,13	0,395	0,28	0,636	0,70	0,949
0,14	0,415	0,29	0,649	0,75	0,966
0,15	0,435	0,30	0,661		

Выборъ наполненія цилиндра условливается давленіемъ пара въ котлѣ; благоприятные результаты получаются, если при абсолютномъ давленіи p въ килограммъ на квадратн. сантиметръ сдѣлать

наполненіе цилиндра $2\frac{1}{3}$, 3, 4, 5, отъ 6 и до 7

Коэффициентъ k зависитъ отъ парораспределенія; если четырехклапанное, то будетъ $k = 0,56$ и до 60, увеличивающійся съ мѣрою наполненія. При кулисныхъ золотникахъ для машины средняго давленія $k = 0,56$. Для конденсаціонной машины высокаго давленія k простирается до 0,7. Для машины смѣшаннаго давленія (Компаундъ) рекомендуется коэффициентъ $k = 0,6$.

Въ настоящее время на пароходахъ болѣе всего употребляется машина Компаундъ съ приемникомъ; ея цилиндры выгодно давать такіе размѣры, чтобы работы доставляемыя

какъ цилиндромъ высокаго давленія, такъ и цилиндромъ низкаго давленія, были бы равны одна другой. Расчетъ цилиндра для низкаго давленія дѣлается вышепоказаннымъ способомъ по уравненію:

$$N = \frac{\pi D^2}{4} p_m A \frac{v}{60.75}.$$

Размѣры цилиндра высокаго давленія опредѣляются лучше всего двоякимъ способомъ: одинъ разъ по вычисленію и потомъ, для повѣрки, графическимъ построеніемъ.

Если обозначимъ:

d диаметръ цилиндра высокаго давленія въ сантиметр.

a число цилиндровъ

p_a давленіе впускаемаго пара въ килограм. на квадратн. сантиметр.

ϵ_1 наполненіе паромъ малыхъ цилиндровъ, то найдемъ слѣдующія соотношенія, если скорость хода поршней въ цилиндрахъ предполагается одинаковая:

$$a \frac{\pi d^2}{4} \epsilon_1 = A \frac{\pi D^2}{4} \epsilon$$

$$\frac{N}{2} = a \frac{\pi d^2}{4} p_a \epsilon_1 \frac{v}{60.75} \ln \frac{1}{\epsilon_1}.$$

Изъ трехъ уравненій получается:

$$\ln \frac{1}{\epsilon_1} = \frac{p_m}{2 p_a \epsilon},$$

отсюда соотношение между цилиндрами:

$$\frac{A \frac{\pi D^2}{4}}{a \frac{\pi d^2}{4}} = \frac{\epsilon_1}{\epsilon}.$$

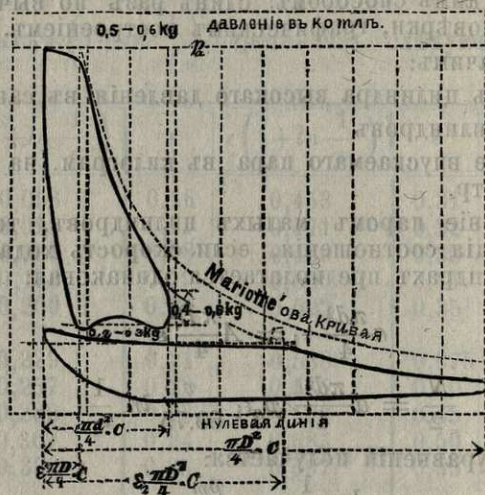
Давленіе впускнаго пара нѣсколько менѣе, чѣмъ давленіе котлѣ; потерю можно предполагать отъ 0,5 до 0,6 килогр.

Величина пріемника (ресейфера) измѣняется отъ одного до двухъ объемовъ—малаго цилиндра. Выгодно, чтобы пріемникъ былъ, какъ можно, болѣе, потому что отъ этого моменты силы, передаваемые колѣнчатому валу, дѣлаются равномернѣе.

Графическій способъ основывается на тѣхъ построеніяхъ, точность которыхъ доказана индикаторною діаграммою. Сначала должно построить теоретическую діаграмму такъ, какъ будто бы все расширеніе пара происходило въ одномъ только большомъ цилиндрѣ. Потомъ взять предполагаемую вместимость малаго цилиндра по сдѣланному уже вычисленію для него построить кривую расширенія пара. При переодѣ пара изъ малаго цилиндра въ пріемникъ происходитъ потеря отъ 0,4 до 0,6 килограм. Сжатіе можетъ быть дове-

дено почти до давленія впускнаго пара. Но въ самомъ при-
никѣ еще теряется давленіе до 0,3 килогр. Противодѣйст-
вующее давленіе въ холодильникѣ простирается отъ 0,2 до
килограммовъ.

Если полученныя такимъ образомъ обѣ индикаторныя
площади неравны между собою, то равновеликости долж-
достигнуть, измѣняя вмѣстимость малаго цилиндра.



Фиг. 90.

Для паропроводныхъ каналовъ имѣются формулы:

для впускнаго $f_e = 0,0166 \frac{\pi D^2}{4} \frac{v}{60}$,

для выходнаго $f_a = 0,027$ и до $0,03 \frac{\pi D^2}{4} \frac{v}{60}$.

Вредное пространство составляетъ отъ 0,05 до 0,7 вмѣ-
мости цилиндра.

Размѣры разныхъ частей въ пароводныхъ машинахъ в-
числяются такъ же, какъ и для постоянныхъ машинъ, толь-
ко лишь допускаемыя напряженія должны быть нѣсколь-
менше.

Для приблизительнаго опредѣленія различныхъ размѣро-
могутъ служить слѣдующія эмпирическія формулы *), въ ко-
торыхъ обозначены англійскими дюймами:

*) Принятыя англійскимъ промышленнымъ управленіемъ, Board of Trade.

*) 1 англійскій фунтъ на квадратный дюймъ = 0,0703 килогр. на квадратн.
тиметръ; 1 килогр. на квад. сантиметръ = 14,223 фунта на квадратный дюймъ
англійской мѣры.

d —діаметръ цилиндра високаго давленія.

D —діаметръ „ низкаго давленія.

L —ходъ поршня.

S —діаметръ колѣнчатого вала въ подшипникахъ.

s —діаметръ вала винта.

R —діаметръ стержня поршня.

r —діаметръ „ „ въ нарѣзкѣ.

b —діаметръ болтовъ шатуна.

n —число болтовъ.

p —давленіе въ котлѣ въ фунтахъ на квадрат. дюймъ *),

начальное давленіе въ цилиндрѣ низкаго давленія=30 фун.
квадр. д.

По этимъ даннымъ будетъ:

$$S = \sqrt[3]{\frac{d^2 PL}{2316}} \quad \text{или} \quad \sqrt[3]{\frac{D^2 p L}{3240}}$$

$$s = \sqrt[3]{\frac{d^2 PL}{3130}} \quad \text{или} \quad \sqrt[3]{\frac{D^2 p L}{4370}}$$

$$R = \sqrt{\frac{d^2 P}{2435}} \quad \text{или} \quad \sqrt{\frac{D^2 p}{3150}}$$

$$r = \sqrt{\frac{d^2 P}{4400}} \quad \text{или} \quad \sqrt{\frac{D^2 p}{5620}}$$

$$b = \sqrt{\frac{d^2 P}{4500n}} \quad \text{или} \quad \sqrt{\frac{D^2 p}{6050n}}$$

Допускаемое напряженіе здѣсь принимается среднее: около 4000 фунтовъ на квадратн. англійск. дюймъ (4,2 килограммъ на квадратный миллиметръ).

Поверхностный холодильникъ.

Въ немъ трубы изъ красной мѣди, изъ латуни или изъ луженаго листового желѣза; внѣшній діаметръ имѣють отъ 6 до 22 миллиметр. (отъ $\frac{3}{8}$ до $\frac{7}{8}$ дюйма), толщина ихъ стѣнокъ до 1 миллиметра ($\frac{1}{24}$ дюйма). Если длина трубокъ болѣе метровъ, тогда нужны подпорки. Охлаждающая поверхность простирается среднее отъ 0,18 до 0,204 квадратн. метровъ (отъ 2 и до 2,2 квадрат. футовъ) на каждую индикаторную лошадиную силу. Герметическое закрѣпленіе трубъ дѣлается помощію резины, дерева или посредствомъ сальниковъ. Толщина стѣнокъ резервуара—изъ чугуна отъ 20 до 30 миллиметровъ (отъ $\frac{3}{4}$ до $1\frac{1}{4}$ дюйма) а изъ латуни—отъ 12 до 16 миллиметр. (отъ $\frac{1}{2}$ до $\frac{3}{8}$ дюйма) въ самыхъ большихъ машинахъ. Діаметръ анкеровъ 22 миллиметра ($\frac{7}{8}$ дюйма).

Впрыскивательный холодильникъ.

Вмѣстимость равна $\frac{1}{2}$ вмѣстимости цилиндра, или же—0, кубическ. метрамъ ($\frac{1}{12}$ кубич. фута) на каждую индикаторную лошадиную силу. Поперечное сѣченіе впрыскивающей трубы—0,5 квадр. сантиметра ($\frac{1}{12}$ квадр. дюйма) на 1 индикаторную силу.

Для исчисленія количества воды, потребной для охлажденія пара, принимается средняя температура морской воды въ европейскихъ широтахъ . 11° Цельсія.
въ Средиземномъ морѣ . . . 18° „
подъ 20-ми градусами широты 24° „
подъ экваторомъ 28° „

На каждый килограммъ охлаждаемаго пара требуется столько мѣрою отъ 23 до 24 килограм. воды въ холодильникъ, впрыскивающимъ и до 30 килограм. въ холодильникъ-поверхностномъ.

Воздушный насосъ. Насосный ставъ, поршень и поршневой стержень дѣлаются изъ зеленой мѣди или изъ бронзы; поршневой стержень можетъ быть также изъ желѣза, изъ литой стали; но въ такомъ случаѣ его обтягиваютъ тунью.

Для поверхностнаго охлажденія воздушный насосъ долженъ быть такъ рассчитанъ, чтобы въ случаѣ надобности онъ могъ доставить все количество впрыскиваемой воды.

Поэтому его вмѣстимость J = почти 30 кубич. футовъ индикаторную силу и въ часъ, или $J = \frac{N}{2n}$, гдѣ n число оборотовъ машины въ минуту. Для очень большихъ машинъ считается приблизительно $J = \frac{N}{3n}$ кубич. футовъ. Клапаны

клапаны изъ резиновыхъ кружковъ, толщиною отъ $\frac{1}{2}$ до $\frac{3}{4}$ дюйма

Питательные насосы у пароваго котла должны быть такой величины, чтобы каждый изъ нихъ могъ доставлять количество воды въ три, въ четыре раза болѣе того, сколько требуется по теоретическому исчисленію. Въ новейшихъ машинахъ это количество бываетъ почти 0,7 кубич. фут. въ часъ на каждую индикаторную лошадиную силу. Поперечное сѣченіе скальчататаго поршня по этому = $\frac{130 N}{hn}$ квадр. сантим.

или $\frac{20 N}{hn}$ квадр. дюймамъ, гдѣ (hn) выражаетъ скорость хода поршня въ сантиметр. или же въ квадратн. дюймахъ англичанскихъ. Питающая вода получается изъ резервуара воздушнаго насоса, а излишекъ ея чрезъ возвратный клапанъ уходитъ

дить подъ питательный клапанъ. Для большихъ машинъ, въ особенности на военныхъ корабляхъ, гдѣ для питанія котла всегда имѣются еще другія приспособленія, размѣры собствен-но питательныхъ насосовъ бываютъ значительно менѣе и по расчету должны доставлять около 0,44 кубическихъ футовъ воды въ часъ на каждую индикаторную силу. Въ машинахъ высокаго давленія клапаны большею частію бронзовые.

Морскіе и трюмовые насосы имѣютъ ту же конструкцію и ту же величину, какъ питательные насосы.

Клапанные коробки новѣйшаго устройства часто имѣютъ клапаны въ видѣ кожаныхъ затворокъ, открывающихъ все поперечное сѣченіе всасывающей трубы для того, чтобы какія нибудь нечистоты не такъ легко препятствовали бы дѣйствию насосовъ. Всасывающая труба находится въ соединеніи или съ водоотводною трубою корабля, или же получаетъ воду независимо отъ сей послѣдней; въ такомъ случаѣ она должна быть предохранена отъ всасыванія тины сѣтчатою коробкою такъ, чтобы за нею легко можно было присматривать. Нагнетательная труба находится въ соединеніи съ выбрасывательными рукавами циркуляціоннаго насоса.

Циркуляціонный насосъ холодильника посредствомъ особеннаго Кингстонскаго клапана принимаетъ воду прямо изъ моря и гонитъ ихъ, смотря по конструкціи холодильника, сквозь холодильныя трубы или кругомъ ихъ и потомъ опять за бортъ. Перваго рода устройство употребляется преимущественно въ торговомъ кораблестроеніи, а другого рода въ военномъ.

Черезъ холодильникъ вода обращается (циркулируетъ) большею частію два или три раза и ея теченію даютъ направленіе противоположное тому, какое имѣетъ притекающій паръ. Въ торговомъ кораблестроеніи циркуляціонный насосъ обыкновенно бываетъ поршневою, приводимый въ движеніе главною машиною; но при конструкціи большихъ размѣровъ, на военныхъ корабляхъ это есть самостоятельный центробѣжный насосъ, имѣющій свою собственную паровую машину. Кромѣ рубы, всасывающей воду изъ моря, должно имѣть еще приспособленіе, поднимающее воду изъ трюма для того, чтобы въ случаѣ нужды можно было употребить для наводненія корабля соединенную силу всѣхъ имѣющихся насосовъ. На одну индикаторную лошадиную силу циркуляціонные насосы доставляютъ въ часъ отъ 10 до 12 кубич. футовъ воды.

Кромѣ всѣхъ исчисленныхъ насосовъ нужно еще одинъ *на-овой*, приспособленный для питанія котла и для мытья корабля и еще другой ручной насосъ, который можно бы употреблять, кромѣ вышеозначенныхъ надобностей, еще для помывки и мытья корабля, а равно для наполненія котла.

Къ числу вспомогательныхъ машинъ принадлежатъ еще: паровой воротъ для перемѣщенія товаровъ, у котораго цилиндръ имѣетъ діаметръ отъ 15 до 22 сантиметровъ. На большихъ умахъ корабляхъ нужны машины для опрокидыванія парорас-

предѣленія, паровыя пожарныя трубы, вентиляціонныя машины и тоже приводимыя въ движеніе паромъ рулевые аппараты, якорныя лебедки, водоперегонныя устройства.

Толщина стѣнокъ мѣдныхъ трубъ въ машинахъ высокаго давленія принята въ англійскомъ морскомъ вѣдом. слѣдующая:

№№ Бирмингемскаго калибра: Wire Gauge.

Главная и побочныя паропроводн. трубы	4=11,6	фунта на кв. фут. англ.	=0,24	д.
Котѣна для паропроводн. трубъ	3=12,75	" " " "	=0,26	"
Триомовыя трубы	4	" " " "		"
Выпускныя трубы	4	" " " "		"
Паровыя трубы для вспомоgetельныхъ машинъ	6=9,4	" " " "	=0,208	"
Паровыя трубы въ насосамъ	6	" " " "		"
Водоотстойныя трубы	6	" " " "		"
Къ циркуляціоннымъ насосамъ	6	" " " "		"
Вирьскивательныя трубы	6	" " " "		"
Паровыпускная труба главной машины	6	" " " "		"
Всасывающія трубы насосовъ	10=6,9	" " " "	=0,137	"
Паровыпускная труба (предохранительный клапанъ)	11=5,8	" " " "	=0,125	"
Паровыпускная вспомоget. машины	11	" " " "		"
Внутреннія паровыя трубы въ котлѣ	14=3,9	" " " "	=0,0832	"

Для доставленія трубамъ возможности удлинняться ихъ концы вставляются въ сальники или въ линзы. Устройство всей системы трубъ требуетъ величайшей тщательности.

Скорость движенія воды въ трубахъ всасывающихъ и нагнетающихъ простирается отъ 8 до 10 футовъ въ секунду.

Вѣсъ машины на винтовомъ пароходѣ вмѣстѣ съ котломъ, съ водою, съ машинами вспомоgetельными, съ запасными частями и проч. бываетъ среднее отъ 3 до 3½ центнеровъ на индикаторную лошадиную силу. Малыя машины имѣютъ вѣса до 4 центнеровъ на индикаторную лошадиную силу.

Качающіяся машины на колесныхъ пароходахъ со включеніемъ вѣса котла и соразмѣрно различному числу силъ, бываютъ:

Въ 40 номинал. лош. силъ вѣсомъ отъ 400 до 425 центнер.	
" 60 " " " " " 600 " 640 "	
" 80 " " " " " 800 " 850 "	
" 100 " " " " " 1000 " 1060 "	
" 120 " " " " " 1200 " 1270 "	

Дальнѣйшія подробности о вѣсѣ пароходныхъ машинъ наводятся на страницѣ 160.

Паровикъ.

Удерживая прежнія обозначенія различныхъ размѣровъ и положивъ еще, что

Ѳ есть часовой расходъ пара въ килограм. на индикаторн. лошади. силу.

(въ Англійскихъ мѣрахъ).

γ есть удѣльный вѣсъ пара, выпускаемаго въ цилиндръ, будетъ

$$\vartheta = 36 \varepsilon \frac{\gamma a}{p_m}.$$

Вообще слѣдующіе результаты, полученные изъ опытовъ, могутъ служить для руководства.

Обозначимъ:

H полную нагрѣваемую площадь въ кв. метрахъ.

R полную площадь рѣшетки въ кв. метрахъ.

Rf площадь пролетовъ въ рѣшетки въ кв. метрахъ.

h нагрѣваемую площадь въ трубахъ въ кв. метрахъ:

Получимъ 1) $\frac{H}{N} = 0,3$ и до $0,4$; 2) $\frac{R}{N} = 0,01$ и до $0,013$;

3) $\frac{H}{R} = 25$ и до 30 ; 4) $\frac{Rf}{R} = \frac{1}{4}$ и до $\frac{1}{3}$;

5) $\frac{h}{N} = 0,25$ и до $0,8$, слѣдоват. около 80% вса поперх. нагрѣва.

6) $\frac{\text{поперечное сѣченіе трубы}}{R} = \frac{1}{3}$.

7) $\frac{\text{поперечное сѣченіе дымовой трубъ}}{R} = \frac{1}{6}$ и до $\frac{1}{3}$.

8) $\frac{\text{вѣсъ порожняго паровика}}{N} = 50$ и до 60 килограммъ.

9) $\frac{\text{вѣсъ воды въ котлѣ}}{N} = 20$ и до 35 килограммъ.

Эти данныя примѣняются одинаково къ торговымъ и военнымъ пароходамъ; но только въ сихъ послѣднихъ поверхность нагрѣва, а потому и вся паровиковая система, принимается нѣсколько менѣе потому, что военные пароходы ходятъ на всѣхъ парахъ рѣдко и только лишь короткое время.

Объемъ пароваго пространства въ котлѣ равняется $\frac{1}{4}$ и $\frac{1}{2}$ всего количества пара, расходуемаго машиною въ 1 минуту; если эта вместимость еще менѣе, тогда полезно устройство перегрѣвателя (или сепаратора), препятствующій вскипанію воды и увлеченію ея вмѣстѣ съ паромъ.

Вся площадь каждой колосниковой рѣшетки должна быть не болѣе, какъ въ 2 квадратн. метра (22 квадр. фута); длина рѣшетки не превышаетъ 2 метра (или $6\frac{1}{2}$ футовъ).

Данныя для размѣровъ нѣкоторыхъ частей машинъ на винтовыхъ пароходахъ въ Англ. мѣрахъ.

Данные для размѣровъ частей машинъ на винтовыхъ пароходахъ въ Англ. мѣрахъ.

Дополнительныя данныя	Диаметръ цилиндровъ		Ходъ поршня дюймъ.	Давлен. въ котлѣ фунтовъ на квадратный дюймъ.	Скорост. поршня футовъ въ 1 минуту.	Диаметръ коленчатого вала дюймовъ	Охлаждающ. площадь квадрат. футовъ.	Колосниковая решетка квадрат. футовъ.	Вся нагрузка площадь квадрат. футовъ.		Диаметръ. футовъ.	Ходъ футовъ.	В и н т ы:		Число и конструкція лопастей.
	Дюймов.	Дюймов.													
35	7	7	73/4	84	226	27/8	0	5 1/2	210	31/3	61/2	4	4	4	4
60	83/4	83/4	121/2	84	265	35/8	0	9	331	41/2	83/4	4	4	4	4
100	12	20	15	65	375	4	215	16 1/2	466	51/2	53/4	4	4	4	4
120	15	253/4	18 1/2	60	370	43/8	270	20	638	53/4	101/4	4	4	4	4
160	173/4	303/4	173/4	70	355	51/8	350	26	770	61/4	103/4	4	4	4	4
200	16	28	21	90	450	53/4	525	29	988	6	91/2	4	4	4	4
240	20	313/4	25 1/2	63	330	63/4	450	37	1100	83/4	13	4	4	4	4
300	18	40	27	70	410	61/2	580	33	1220	10 1/2	13	4	4	4	4
420	27	48	30	70	460	81/2	910	49	1800	11 1/2	14	4	4	4	4
530	29 1/2	59	36	65	390	91/4	1280	76	2300	14	17	4	4	4	4
550	28	56	36	70	420	81/2	1200	66	2100	13	123/4	2	Гриффига.		
600	453/4	453/4	18 1/2	28	380	73/4	1500	38	1400	10 1/2	20	4	4	4	Огенийрогъ.
800	33	66	42	70	420	11	1700	100	3000	13	121/2	4	4	4	4
800	373/4	373/4	20	84	400	10	1900	149	4440	123/4	143/4	4	4	4	4
840	33	61	36	70	440	10 1/2	1600	90	3100	14 5/8	15 1/2	4	4	4	4
900	34	62	42	75	450	11 1/2	1900	100	3800	15 1/2	16	2	Гриффига.		
1100	39	65	30	50	500	10	2230	126	3450	10 1/2	16	4	4	4	4
1400	46	86	42	70	510	143/4	2990	190	5140	16 1/2	25	4	4	4	4
1500	36	70	48	70	510	123/4	3700	198	5500	16	24	4	4	4	4
2200	51	92	54	70	550	15 1/2	—	320	9960	17 1/2	213/4	4	4	4	4
2300	2.34	2.75	33	50	500	12 1/4	3750	210	5650	15	15 1/2	4	4	4	Двойные винты.
3500	66	112	48	70	520	17 1/2	7000	370	10000	17 1/2	20	4	4	4	Гриффига.
5000	3	77	48	30	500	23	9800	500	14400	21	21	4	4	4	4
8000	114	114	48	30	600	20	17200	870	23000	22 1/2	21	4	4	4	4

Высота стоянія воды надъ трубами въ пароводныхъ котлахъ, имѣющихъ діаметръ отъ 1 до 2 метровъ, должна быть, по меньшей мѣрѣ, 150 миллиметровъ (6 дюйм.); а въ котлахъ большей ширины, по кр. мѣрѣ, 250 миллиметр. (10 дюйм.).

Дымогарныя трубы дѣлаются большею частію изъ желѣза, имѣютъ наружный діаметръ отъ 65 до 105 миллиметр. (отъ 2½ до 4 дюймовъ). Въ паровикахъ съ натуральною тягою воздуха длина трубы не превышаетъ ея ширины, взятой въ 25 разъ. Разстояніе между двумя сосѣдними трубами должно быть $d+26$ миллиметр. Дымовая коробка въ концѣ топки имѣетъ длину 0,63 метра (2 англ. фута). Пространство между стѣнками паровика, наполненное водою, имѣетъ 150 миллиметр. (6 дюймовъ).

Предохранительнымъ клапанамъ большею частію даютъ поперечное сѣченіе $f = \frac{18R}{P}$, гдѣ R обозначаетъ площадь колосниковой рѣшетки въ англ. футахъ, а P абсолютное давленіе пара въ котлѣ въ фунтахъ на 1 англ. квадратн. дюймъ. Отверстіе дверки у топки $= 30 \times 46$ сантиметр. (12 дюйм. $\times$ 18 дюймовъ). Отверстіе въ котлѣ для входа рабочихъ 30×40 сантим. (12 дюйм. $\times$ 16 дюйм.).

На каждую тонну угля полагается мѣста въ угольномъ амбарѣ отъ 1,18 до 1,27 кубич. метра (отъ 45 кубич. футовъ англійск. мѣры).

III. Измѣреніе скорости.

Скорость движенія судна, или его ходъ, измѣряется числомъ морскихъ миль, которое судно проходитъ въ 1 часъ. Одна морская миля (или узелъ) равняется 60-й части одного градуса, или, что все то-же, одной мередиональной минутѣ, которая считается длиною

въ 1852 метра,

или „ 5901 Рейнландск. футовъ,

„ „ 6080 Англійск. футовъ.

Корабль, идущій со скоростію одна морская миля въ часъ, проходить: 0,514 метра въ секунду,
или 1,641 Рейнландск. футовъ въ секунду,
„ 1,689 Англійск. футовъ въ секунду.

Въ Англіи иногда считаютъ „узаконоенными милями“ (*Statute miles*) длиною въ 5280 Англійск. футовъ $= 0,868$ узловъ.

Во Франціи тоже считаютъ на морскую милю (*Lieue marine*) равную 5555 метрамъ. Отъ этихъ морскихъ миль, или узловъ, должно отличать длину поплавочныхъ узловъ, которые для 28 секундныхъ часовъ равняются 47,26 Англійск. футамъ. Французскій поплавочный узелъ для 30-ти секундныхъ часовъ считается въ 15 метровъ. 1 Англійская сажень равна 1,83 метра.

IV. Пробные рейсы.

1. Дѣлаются на протяженіи отмѣренной мили для опредѣленія исправности дѣйствія и силы машины, а также скорости парохода при возможно благопріятныхъ условіяхъ, какія существуютъ для новыхъ машинъ, при хорошемъ надзорѣ надъ ними, при надлежащей глубинѣ хода и при чистотѣ пароводного дна.

На всѣхъ парахъ и безостановочно проходятъ по отмѣненному протяженію шесть разъ (три раза по направленію какого нибудь случайнаго теченія и три раза противъ теченія). Въ продолженіи всего этого времени не допускается никакая перестановка паровыхъ клапановъ.

2. Опредѣленіе степени доброты машинъ, паровиковъ и вѣтателей (колесъ и винтовъ):

Индикаторныя діаграммы вычерчиваются повторительно въ короткіе промежутки времени, чрезъ каждыя 10 или 15 минутъ; въ то-же самое время записываютъ съ точностію число оборотовъ машины въ каждую минуту, измѣряютъ температуру и количество воды питающей и накапливающейся въ паровыхъ рубашкахъ; нужно также, по возможности наблюдать температуру и количество охлаждающей воды, такъ какъ на этомъ могутъ быть основаны самыя точныя свѣдѣнія о количествѣ тепла, потребляемаго машиною.

Должно съ точностію взвѣшивать уголь и описывать его качества. Его количество, нужное для шестичасовой ѣзды, принадлежитъ къ числу нормальныхъ потребностей, опредѣляемыхъ въ послѣдствіи времени; но все-же при испытаніи новаго корабля получается данное о расходованіи его машиною, дѣйствующею въ исправномъ видѣ и при благопріятныхъ условіяхъ.

Стояніе барометра и температуру воздуха въ помѣщеніяхъ машинномъ и паровиковомъ отмѣчать, по меньшей мѣрѣ, чрезъ каждые полчаса, а также направленіе и силу вѣтра и состояніе моря. Глубину хода передней и задней части судна, высоту водянаго уровня надъ винтомъ, водоизмѣненіе. Подводная площадь главнаго шпангоута и отмѣченная въ это время ватерлинія должны быть въ точности извѣстны.

Для военныхъ кораблей болѣею частію требуется еще:

3. Опыты надъ способностію корабля поварачиваться и маневрировать.

4. Экономическіе опыты надъ потребленіемъ топлива для различныхъ скоростей; а также скорость, число оборотовъ машины, расширеніе и давленіе паровъ въ котлѣ, наиболѣе выгодныя для испытываемаго корабля въ экономическомъ отношеніи.

5. Двѣнадцати и даже двадцати-четырехъ часовой рейсъ на всѣхъ парахъ, которымъ опредѣляется число прислуги, нужной для ухода за машинами и паровиками и для отопленія.

XIII. Рабочія машины.

I. Машины—Орудія.

A. Машины для обработки металловъ.

а. Пробивные станки и ножницы.

Обозначимъ:

δ толщину желѣза, которое слѣдуетъ продавить или разрѣзать и b его ширину въ мм.

d диаметръ отверстіе
 d_1 диаметръ борозда
 d_2 диаметръ матрицы } при продавливаніи отверстій (въ мм.)

D диаметръ диска круглыхъ ножницъ въ мм.

h высоту подъема рѣзущей половины въ параллельныхъ ножницахъ въ мм.

Q наибольшее сопротивленіе, преодолеваемое при рѣзаніи въ kg и въ мм.

s сопротивленіе матеріала рѣзанію на кв. мм.

w его сопротивленіе раздробленію въ kg на кв. мм.

F наибольшая разрѣзаемая площадь въ кв. мм. въ часъ.

N общій расходъ работы.

N_1 для порожняго хода работа } въ лощ. сил.

N_2 полезная работа

Металлъ разрѣзывается безъ раздробленія, если

$$\delta \leq b \frac{w}{s} \text{ и } b \geq \delta \frac{s}{w}$$

для желѣза $s=4/3w$, слѣдовательно должно быть:

$$\delta \leq \frac{5}{4}b \text{ и } b \geq \frac{4}{5}\delta.$$

Въ дыропробивныхъ машинахъ полезно дѣлать:

$$d_1 = d - 1/8\delta \text{ и } d_2 = d + \frac{1}{8}\delta$$

Матрица внизу шире соотвѣтственно углу заостренія рѣзаковъ ножницъ. Имѣемъ: $Q=1,1\pi d\delta s$ и такъ какъ для желѣза $s=45$ то $Q=115,6d\delta$.

Въ ножницахъ рѣзакъ имѣютъ обыкновенно одинаковый уголъ заостренія 75° до 80° , рѣдко верхній рѣзецъ получаетъ 50° до 55° , а нижній 80° .

Хорошо если рѣзакъ образуютъ уг. $\alpha = 8^\circ$ до 10° ($\alpha \leq$ углу тренія).

Въ ножницахъ съ параллельнымъ рѣзаніемъ $Q=1,1s\delta b$; слѣдоват. для желѣза $Q=49,5\delta b$.

Въ рычажныхъ ножницахъ:

$$Q=0,55s\delta^2\cot g\alpha$$

Число разрѣзовъ n въ минуту для желѣзныхъ листовъ при толщинѣ

$$\delta=4 \text{ до } 10 \quad n=10$$

$$\delta=11 \text{ до } 20 \quad n=9$$

$$\delta=21 \text{ до } 30 \quad n=8$$

$$\delta=31 \text{ до } 40 \quad n=7.$$

Скорость разрѣзанія 15 до 20 мм. въ секунду.

Если машины назначены специально для мѣди или латуни, число разрѣзовъ увеличиваютъ на 300/0.

Расходъ силы для ножницъ и машинъ для пробиванія отверстій $N=N_1+N_2$ гдѣ по Гартигу

$$N_1=0,1+\frac{n_1\delta^2}{1000000} \quad (n_1=\text{число разрѣзовъ въ часъ})$$

$N_2=3,71 a.F$, если a обозначаетъ расходъ работы въ mkg на кв. мм. площади разрѣза, $a=0,25+0,0145 \delta$.

Гартигъ выводитъ изъ опытовъ слѣдующія числовыя данныя:

Толщина желѣза.	$\delta=10$	20	40	40
Число разрѣзовъ въ минуту. . .	$n=10$	9.2	8.3	7.5
Непроизводит. работа (для по- рожняго хода)	$N_1=0.16$	0.32	0.55	0.82
Расходъ работы на кв. мм. площади разрѣза въ <i>mkg</i> . . .	$= 0.395$	0.540	0.685	0.830

Круглыя ножницы употребляются для рѣзанія желѣза толщ. до 4 мм. Принимаютъ (фиг. 91) $D=50\delta$ (не болѣе 200 мм.) Перекрытіе круговъ бываетъ наибольшее $n=1/8\delta$. Скорость на окружности диска $=0,5$ до $0,75$ м. въ секунду.

б. Токарныя станки и самоточки.

Скорость на окружности обрабатываемой вещи въ мм. въ секунду:

	При обточкѣ на-черно въ мм.	При отблѣлкѣ въ мм.
для мягкаго чугуна.	50—100	150
» жесткаго чугуна.	50	50
» желѣза.	90—115	180
» стали.	60	180
» бронзы и мѣди.	200	240

Подвиганіе рѣзца 0,2 до 1,5 мм одинъ оборотъ обрабатываемой вещи (при снятіи твердой корки среднее 0,5 мм.).

Толщина стружки для чугуна 10 мм., для желѣза 7 мм., стали 4 мм., бронзы 3 мм. Наибольшее давленіе на рѣзецъ въ малыхъ станкахъ 500 kg , средних $=1000 kg$, и въ большихъ токарныхъ станкахъ 1500 kg , и въ большихъ токарныхъ станкахъ 1500 kg .

Число ступенек шивовъ увеличивается съ величиною машины отъ 3 до 6 и зависитъ отъ размѣровъ обрабатываемыхъ предметовъ.

Вообще стараются строить токарные станки такъ, чтобы они годились для обработки всѣхъ металловъ, съ возможно постепеннымъ переходомъ чиселъ оборотовъ, употребляя или же не употребляя верхній приводъ.

Границы чиселъ оборотовъ, если обозначимъ чрезъ d_{max} наибольшій и d_{min} наименьшій диаметръ обтачиваемыхъ вещей.

$$n_{min} = \frac{60v_{min}}{\pi \cdot d_{max}} = \frac{955}{d_{max}}$$

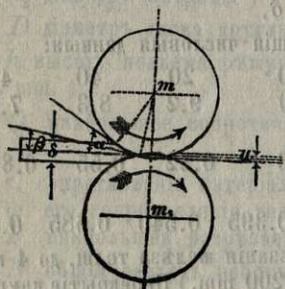
$$n_{max} = \frac{60v_{max}}{\pi \cdot d_{min}} = \frac{4586}{d_{min}}$$

Для возможно меньшаго расхода силы установочный уголъ α . (Фиг. 92).

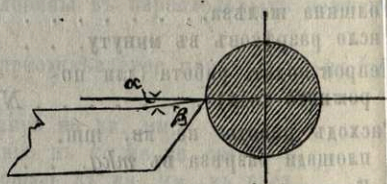
для желѣза 30° при углѣ рѣзанія $\beta=51^\circ$

„ чугуна 40° „ „ „ $\beta=51^\circ$

„ бронзы 30° „ „ „ $\beta=66^\circ$



Фиг. 91.



Фиг. 92.

Общій расходъ работы $N=N_1+N_2$

Таблица для N_1 по опытамъ Гартига.

Число передачъ колесами между шпинделемъ и ведущимъ винтомъ.	При легкомъ	При среднемъ	При массивномъ
	устройствѣ станка (самоточки).		
0	$N_1=0,05+0,0005n$	$0,10+0,0023n$	$0,25+0,0041n$
2	$N_1=0,05+0,0012n$	$0,10+0,0150n$	$0,25+0,053n$
3 или 4	$N_1=0,05+0,05n$	$0,13+0,1100n$	$0,25+0,18n$

Далѣе $N_2=\epsilon G$, гдѣ ϵ обозначаетъ работу въ лош. сил. на 1 *klg*. сточеннаго въ 1 часъ матеріала и G вѣсъ въ *klg* стружекъ, сточенныхъ въ 1 часъ.

При среднемъ попер. сѣченіи стружки $f=2,8$ кв. мм. для чугуна $\epsilon=0,069$; для желѣза $\epsilon=0,072$; для стали $\epsilon=1,104$.

Для вычисления величины G слѣдуетъ основываться на тѣхъ цифровыхъ данныхъ, которые уже имѣются для чугуна, т. е. скорость на окружности 100 мм. Подвиганіе для одного оборота при обточкѣ на черно = 0,15 мм., толщина стружки = 10 мм.

Тогда вѣсь доставленнаго наибольшаго количества стружекъ въ часъ $G = 13,5$.

Полезное дѣйствіе токарныхъ станковъ среднее $\eta = 0,675$.

Самоточки съ направляющимъ винтомъ, которые употребляются для нарезанія винтовъ, слѣдуетъ снабжать переднимъ и заднимъ ходомъ съ отношеніемъ скорости какъ 2 : 3.

Въ самоточныхъ станкахъ безъ винта, но съ валомъ для движенія суппорта слѣдуетъ обратить вниманіе на то, что скольженіе ремня, соединяющаго этотъ валъ съ шпинделемъ передней бабки, уменьшаетъ скорость суппорта около 20 до 25%.

с. Сверлильныя машины.

Скорость на окружности сверла:

1. Въ маш. для сверленія дыръ.
2. Въ маш. для разсверливанія и развертыванія.

Для литья закаленнаго	7 до 14 мм	6 до 12 мм
» стали	30 » 40 »	25 » 35 »
» чугуна	60 » 70 »	50 » 60 »
» кован. желѣза	80 » 160 »	60 » 70 »
» бронзы	100 » 180 »	90 » 150 »
Подвиганіе при кажд. оборотѣ сверла .	1,1 » 0,5 »	0,1 » 1 »

Уголъ заостренія = 50° до 80°; установочный уголъ = 4 до 5°, слѣдовательно уголъ рѣзанія = 54 до 85°.

Расходъ работы: Если n_1 обозначаетъ число оборотовъ вала верхняго привода; n_2 число оборотовъ шпинделя машины, то производительная работа, (для порожняго хода).

Для прост. сверлил. машинъ.

Безъ зубчатыхъ колесъ $N_1 = 0,0006n_1 + 0,0005n_2$

Съ зубчат. колесами $N_2 = 0,0006n_1 + 0,001n_2$

Для радіальн. сверлил. станковъ.

Безъ зубчатыхъ колесъ $N_1 = 0,0006n_1 + 0,004n_2$

Съ зубчат. колесами $N_1 = 0,04 + 0,0006n_1 + 0,004n_2$.

Если V объемъ высверленнаго матеріала въ часъ въ куб. сант. и расходъ работы на 1 куб. сант. въ часъ въ лш. сил. то полезная работа сверлильнаго станка $N_2 = \epsilon \cdot V$.

Для чугуна $\epsilon = 0,001 + \frac{0,001}{d}$; для желѣза $\epsilon = 0,001 + \frac{0,04}{d}$ если d діаметръ отверстія въ мм.

Если k обозначаетъ сопротивленіе разрыву въ kg на кв. мм. d — діаметръ дыры въ мм., v скорость окружн. въ м въ секунду, то для простыхъ сверл. станковъ $N_2 = 0,044 d \delta k v$.

Для радіальн. сверлил. станковъ $N_2 = 0,062 d \delta k v$.

Полезное дѣйствіе простых сверлил. станков $\eta=0,832$, радиаль-
ных $\eta=0,5930$.

д. Строгальные машины.

Скорость рѣзанія въ большихъ строгальныхъ машинахъ : 90 mm.

» » средних » » : 100 »

» » малыхъ » » : 110 »

Обратный ходъ совершается скорѣе въ отношеніи 3:2 до 2:1.

Въ шепиловыхъ станкахъ обыкновенно употребляютъ трехступенчатые шкивы. По отношенію къ обрабатываемому матеріалу скорость шепинга машинъ видна изъ слѣдующ. таблицы.

Для желѣза 150 до 170 mm въ секунду

» чугуна 130 » 150 » » »

» стали 80 » 100 » » »

» бронзы 180 » 220 » » »

Подвиганіе въ строгал. машинахъ бываетъ 0,2 до 3 mm., въ шепин-
говыхъ машинъ. 0,2 до 1,5 mm.

Толщина стружекъ не должна превышать

для чугуна . . . 20 mm.

» ков. желѣза 12 »

» стали . . . 8 »

» бронзы . . . 4 »

Наибольшее давленіе на рѣзецъ 1000 до 1500 kg. Подвиганіе дѣ-
лается во время обратнаго хода.

Потребная работа для строгальныхъ машинъ:

$$N=N_1+N_2 \text{ гдѣ } N_1=0,81 N_2 \text{ и } N_2=\epsilon G$$

если ϵ обозначаетъ полезную работу на 1 kg. состроганнаго металла
въ часъ топ. силахъ и G въсь въ kg. металлическихъ стружекъ въ

часъ. При средн. попер. сѣченіи f (въ кв. мм.) стружекъ: $\epsilon=0,034 + \frac{0,13}{f}$;

приблизительно

для стали . $\epsilon=0,246$

» желѣза $\epsilon=0,114$

» чугуна $\epsilon=0,113$

» бронзы $\epsilon=0,028$

Полезное дѣйствіе строгальныхъ машинъ $\eta=0,553$.

е. Пилы для металловъ.

а. Круглыя пилы для металловъ въ холодномъ видѣ діаметромъ до
100 mm., бываютъ толщиною въ 1 mm. и съ дѣленіемъ или шагомъ
зубцовъ до 3 mm.

Пилы побольше до діаметра въ 500 mm. получаютъ толщину до
4,5 mm. Зубцы дѣлають на 1,5 mm. шире въ каждую сторону. Дѣ-

ление = 5 до 12 mm. Скорость окружности = 220 mm. въ секунду.
Подвиганіе 0.125 до 0.25 mm. въ секунду.

β. Круглыя пилы для рѣзанія металловъ, нагрѣтыхъ до краснакалильнаго жара, бываютъ діаметромъ отъ 0,7 до 1,2 m. Окружная скорость 60 до 80 метр. въ секунду.

ф. Машины для высверливанія цилиндровъ.

Окружная скорость $\frac{2}{3}$ скорость данной для токарныхъ станковъ; скорость бокового движенія рѣзца: 0,2 до 1 mm.

Наибольшее давленіе около 1300 kg.

Полезная работа въ лош. сил. по Гартигу

$$N_2 = \varepsilon G$$

гдѣ G вѣсъ въ kg. стружекъ въ часъ

$$\varepsilon = 0,034 + \frac{0,13}{f} \text{ въ лош. сил.}$$

для $f = \frac{1}{2} \quad 1 \quad 5 \quad 10 \quad 20$ квадр. миллим.

$$\varepsilon = 0,294 \quad 0,164 \quad 0,050 \quad 0,047 \quad 0,041$$

гдѣ f опять обозначаетъ попер. сѣченіе стружки.

г. Фрезовыя (шарошечныя) машины.

Скорость рѣзанія для чугуна 65 до 200 mm. въ секунду.

Потребная работа въ лош. сил. по Гартигу

$$N = N_1 + \varepsilon G$$

при чемъ N_1 колеблется между 0,1 и 0,5 лош. силъ.

Выражено въ лош. силахъ:

для твер. коры песочнаго литья $\varepsilon = 0,239$ на kg вѣса стружекъ въ часъ
> мягкаго чугуна $\varepsilon = 0,113$ при среднемъ попер. сѣченіи стружекъ
въ 0.37 кв. мм. $= f$.

Для нарѣзки зубцовъ $\varepsilon = 0,26$ при $f = 0.025$ кв. мм.

Подвиганіе фрезы 0.125 до 0.3 mm. въ секунду.

В. Машины для обработки дерева.

а. Лѣсопильныя машины.

1) Лѣсопильными машинами называются такіе механизмы, которые служатъ для распилки деревьевъ на балки, доски, тесъ, и пр. Онѣ приводятся въ движеніе или силою воды, или силою пара, рѣже другими двигателями. На практикѣ чаще встрѣчаются лѣсопильныя машины съ прямыми пилами, имѣющими вертикальное движеніе. Кромѣ пилъ, вставленныхъ въ деревянную или желѣзную раму, есть еще особый механизмъ, посредствомъ котораго распиливаемое дерево подвигается къ

пилѣ; можно также измѣнять, смотря по надобности, движеніе главных частей пильной машины и толщину отпиливаемых частей (досокъ теса и пр.).

а. Рамныя мѣсопилки.

Обозначимъ: H подъемъ рамы, h наибольшую высоту разрѣза или самый большой діаметръ бревна.

v скорость пилы въ t въ секунду.

δ подвиганіе на 1 подъемъ или 1 разрѣзъ.

n число двойныхъ подъемовъ или ходовъ въ минуту.

1) *Вертикальныя мѣсопилки.* Число пилъ различно и бываетъ:

Въ станкахъ для половинокъ 1 пила въ срединѣ.

» » » обрѣзанія 1 пила на краю.

» » » двойного обрѣзанія 2 пилы по краямъ.

» » » для досокъ 12 до 16 пилъ поставленныхъ симметрично относительно середины рамы; онѣ должны быть легко переставляемы.

Рамы, а также шатуны, должны быть какъ можно легче. Цѣлесообразно устроить движеніе снизу и укрѣпить подшипники вала кривошипа и рамныя стойки (послѣдніе должны быть какъ можно устойчивѣе) на одной общей фундаментной плитѣ.

2) *Полотно пилы.* Шириною отъ 12 до 16 ст. (4,5 до 6,4 дюйм.) толщиною отъ 0,2 до 0,3 ст. (0,08 до 0,12 д.), длиною (зубчатая часть) отъ 1,2 до 2 м. (4 до 6,5 ф.). Зубья глубиною отъ 1,5 до 3 ст. (0,6 до 1,2 д.), и отстоять другъ отъ друга отъ 3 до 4 ст. (1,2 до 1,5 д.). Для того чтобы промежутки между зубьями захватывали по возможности больше опилокъ, площадь пустоты должна быть больше площади зуба.

3) *Ширина прорѣза (прохода).* Чрезъ разведеніе зубьевъ прорѣзъ дѣлается по-крайней-мѣрѣ въ $\frac{3}{2}$ и не болѣе какъ въ 2 раза шире толщины пилы. Поэтому наименьшая ширина будетъ 0,12, наибольшая 0,27 дюйма. Если бы ширина прорѣза только немного была больше толщины пилы, то вся поверхность листа пилы встрѣтила бы большое сопротивленіе отъ тренія о неровную поверхность дерева, и это сопротивленіе возрастаетъ съ уменьшеніемъ пространства между пилою и деревомъ.

4) *Ходъ и скорость.* Принимаютъ:

$$H=0,6 \text{ до } 0,9h.$$

Иногда принимается $H=1,7$ до $2h$ и не менѣе $h+0,1$ м; но въ послѣднемъ случаѣ надо считать h какъ среднюю величину, которая равна самое большое половинѣ наибольшей высоты разрѣза.

Для расхода силы и для выпаданія опилокъ изъ промежутковъ между зубьями большой ходъ благоприятенъ; по Бернули для тонкихъ бревенъ длина кривошипа дѣлается 0,25 м. (10,61 д.), для толстыхъ 0,30 до 0,35 м. (12 до 14 д.).

Скорость v для одиночных и легких рамь 3,5 до 4 м.
> тяжелых рамь для досок $v=2,5$ до 3,1 м.

По Бернулли шейк кривошипа сообщает скорость от 2,8 до 3,5 м. въ секунду (8,2 до 10 футовъ). Это есть въ то же время наибольшая скорость рамы. Раздѣляя пространство, проходимое въ минуту шейкою на путь совершаемой рамою при одномъ двойномъ ходѣ, получимъ число проходовъ пилы въ минуту. Принимаютъ $n=100-200$.

5) *Подвиганіе дерева.* Подвиганіе прерывчатое и измѣняется: для твердаго дерева 2,8 до 4,4 мм., для мягкаго 4,3 до 6,3 на разрѣзъ.

Пусть r будетъ длина кривошипа, h —высота прорѣза, l — глубина зубьевъ и δ — подвиганіе при каждомъ проходѣ, то объемъ дерева, вынимаемаго при каждомъ проходѣ пилы и при ширинѣ прорѣза b , будетъ $=\delta b h$. Этотъ объемъ, превращаясь въ опилки, увеличивается въ 5 разъ, а потому будетъ $5\delta b h$. Эти опилки принимаются въ промежутки между зубьями. Объемъ пилы, то есть зубьевъ и промежутковъ, соотвѣтствующій полному ходу, будетъ $=2rbt$. Изъ этого пустоты занимаютъ около 0,6, а потому получимъ:

$$0,6 \times 2 rbt = 5\delta b h,$$

$$\text{откуда подвиганіе } \delta = 0,24 \frac{rt}{h}.$$

Предѣлы подвиганія опредѣляются по слѣдующимъ даннымъ:

Длина кривош. $r=0,27$ м., глуб. зуба $t=0,02$ высота прор. $h=0,90$
> $r=0,35$ > $t=0,03$ > $h=0,30$

получимъ:

$$\text{въ первомъ случаѣ } \delta = 0,24 \frac{0,25 \cdot 0,02}{0,90} = 0,0015 \text{ м.}$$

$$\text{во второмъ случаѣ } \delta = 0,24 \frac{0,35 \cdot 0,03}{0,3} = 0,008.$$

Итакъ телѣжка должна подвигаться на 1,5 мм. для каждой зазубрины храповаго колеса; тогда для 6-ти зазубринъ телѣжка подвинется на 9 мм. Такимъ-образомъ можно будетъ устроить подвиганіе на 1,5; 3; 4,5; 6 и т. д. мм.

6) *Назмиваніе тѣлы.* Пусть AB будетъ вертикальная высота подъема, BC горизонтальное подвиганіе дерева или движеніе телѣжки во время одного хода, то концы зубьевъ пилы должны находиться на прямой AC , которая съ вертикальною линіею составляетъ уголъ BAC . При этомъ положеніи пила рѣжетъ дерево, опускаясь внизъ; во время же подъема пилы зубья не дѣйствуютъ, но телѣжка должна передвинуться впередъ къ концу подъема. (Фиг. 93).

A

B C

Фиг. 93.

7) *Производительность.* Лѣсопильный станокъ съ подвиганіемъ бревенъ валиками распиливаетъ въ часъ отъ 3 до 5 бревенъ, длиною по 8 м., на доски или тесъ; если же станокъ съ

телѣжкой (санями), то на половину меньше. Скорость телѣжки въ послѣдней системѣ при обратномъ ходѣ около 1 м. въ секунду (или же въ 30 разъ болѣе) чѣмъ при переднемъ ходѣ).

Потребная работа равна 8 лш. силъ, или если z обозначаетъ число пилъ $= 4 + \frac{5}{8} z$.

По Шнейдеру одна рама на 1 лш. силу въ часъ даетъ 5,758 кв. м. площади разрѣза. По Бернулли 3,5 кв. м. въ случаѣ твердаго дерева и 7 кв. м. въ случаѣ мягкаго, (37 и 75 кв. футъ).

Сырое дерево пилится легче сухого; потребность работы выражается относительными числами: сырое дерево 26, влажное 27, выохшее въ воздухѣ 30 и совсѣмъ сухое 32.

Распиловка на 1 пилу въ часъ по Улянду 9 кв. м. въ твердомъ деревѣ и 13 кв. м. въ мягкомъ.

8) *Противовѣсь на маховомъ колесѣ.* Пусть вѣсъ рамы будетъ напр. $= 400$ *kg.* длина кривошипа 0,35 м. то при горизонтальномъ положеніи кривошипа нужно будетъ преодолѣть моментъ $= 400 \cdot 0,35 = 140$ *kgmt.*

Если пила приводится въ движеніе силою 4-хъ лошадей при 110 проходахъ въ минуту, то работа въ минуту будетъ $4 \cdot 75 \cdot 50 = 18000$

kgmt. и во время одного хода $\frac{1}{100} \times 18000 = 180$ *kgmt.*

Между-тѣмъ, означая чрезъ p давленіе на пильную раму, произведенное шейкою кривошипа по направленію движенія, получимъ для времени подъема и опусканія пилы работу $2 \cdot 0,70 p = 1,4 p$; откуда $p = \frac{180}{1,4} = 128,6$ *kg.* При горизонтальномъ положеніи кривошипа моментъ этого давленія будетъ $128,6 \cdot 0,35 = 45,01$. Этотъ моментъ дѣйствуетъ противъ момента вѣса рамы; разность будетъ $140 - 45,01 = 94,99$ *kgmt.*, этотъ моментъ надо преодолѣвать противовѣсомъ.

Помѣщая противовѣсъ q на разстояніи отъ оси вращенія равномъ 0,5 м. получимъ:

$$q \times 0,5 = 94,99 \text{ откуда } q = \frac{94,99}{0,5} = 189,98 \text{ } kg.$$

9) *Горизонтальныя мѣсотижки* имѣютъ только одну пилу, которая рѣжетъ при обоихъ ходахъ—переднемъ и заднемъ—рамы. Направляющія рамы немного выгнуты какъ въ вертикальной, такъ и въ горизонтальной плоскости. Рама, а также шатунъ, деревянные.

$H = 0,75$ до $0,9$ м.; $v = 5$ до 7 м., $n = 240$ до 300 .

Подвиганіе производится телѣжкой непрерывно и измѣняется при твердомъ деревѣ отъ 3 до 4 мш. на двойной прорѣзъ, при мягкомъ отъ 4 до 16 мш. и для тонкихъ бревенъ до 20. Скорость телѣжки при обратномъ ходѣ около 0,3 м. въ секунду. Потребная сила около 2,5 до 4,5 лш. силъ.

10) *Пила для фанеръ* дѣлаетъ отъ 200 до 300 прорѣзовъ въ минуту. Подвиганіе прерывчатое и составляемъ на прорѣзъ 0,5 до 1,3 мш. Потребная сила отъ 1,5 до 2 лш. Доставляетъ въ часъ 7 кв. метр.

в. Круглая пила.

Диаметръ пилы 0,15 до 1,2 м. Толщина 1 до 3 мм.; ширина про-
рѣза 3,5 до 5,5 мм. Скорость на окружности въ кругл. пилахъ для
продольнаго пиленія 40 до 50 м. въ секунду и въ поперечныхъ около
10 м. въ секунду; $n \approx$ около 800. Подвиганіе дѣлается или отъ руки
или же самодѣйствующее посредствомъ канатовъ, цѣпей или валовъ и
сходитъ до 20 м. въ минуту, смотря по качеству и толщинѣ распи-
ливаемыхъ бревенъ. Производительность въ часъ 14 до 18 кв. м. По-
требная сила до 20 лощ.

Круглая фанерная пила употребляется для производства простыхъ
фанеръ. Скорость окружн. 25 до 32 м. въ секунду. Подвиганіе $= \frac{1}{800}$
окружн. скорости. Потребная рабочая сила 4—6 лощ.

г. Ленточная пила.

Пила идетъ по двумъ шхивамъ (расположеннымъ вертикально другъ
надъ другомъ, діаметръ шхивовъ отъ 0,65 до 1 м.) со скоростью около
10 м. въ секунду; выше и ниже разрѣза должны быть деревянные по-
палки деревянные проводники. Шхивы обтягиваются кожей или рези-
ною. Верхній шхивъ долженъ быть устроенъ какъ можно легче и съ
подвижными подшинниками, дабы всегда возможно было, посредствомъ
ружьи, резиновыхъ подушекъ или противѣсовъ, удержать одинако-
вое натяженіе пилы; ось этого шхива должна имѣть маленькое враца-
тельное движеніе въ вертик. плоскости. Подвиганіе производится ру-
ками или самодѣйствующее. Потребная рабочая сила 2 лощ. При ши-
ринѣ ленты 15 до 20 мм. рекомендуется діаметръ шхивовъ дѣлать $=$
80 мм.; при 65 мм. ширины ленты діаметръ $=$ 1255 мм.

д. Фигурная пила.

Высота подъема 90 до 180 мм. Число подъемовъ 400 до 500 въ
минуту. Потребная рабоч. сила 0,5 лощ. силъ.

е. Машины для точенія рамныхъ и круглыхъ пилъ.

Диаметръ наждачнаго кружка 0,28 до 0,36 м.; толщина 5 до 13 мм.
Окружн. скорость около 27 м. въ секунду. Необход. сила около 0,5
лощ. силъ.

б. Строгальные машины для дерева.

а. Съ вертикальнымъ валомъ для пожей.

Число оборотовъ 1000 до 1300 въ минуту, соответствующихъ скоро-
сти рѣзанія въ 40 до 52 м. въ секунду. Подвиганіе перемѣнное отъ
до 5 м. въ минуту. Потребн. сила 3 до 6 лощ.

β. Съ горизонтальнымъ валомъ для ножей.

Число ножей 1 до 4. Окружн. скорость ножевой головки около 32 м. въ секунду. Среднее подвиганіе около 7,5 м. въ минуту.

с. Машины для шпунтованія балокъ и досокъ.

Окружная скорость ножей около 32 м. въ секунду. Диаметръ головки около 250 до 300 мм. Подвиганіе дѣлается рукою.

д. Фрезовыя машины и машины для вырѣзки шиповъ.

Скорость окружн. таже, какъ и для машинъ съ двойнымъ рубанкомъ. Подвиганіе рукою. Для нѣкоторыхъ работъ, каковыя часто встрѣчаются въ фабрикаціи мебели, удобно придѣлать къ фрезовой машинѣ механизмъ для измѣненія направленія вращенія ножевого вала. Потребная сила около 2 лш.

е. Копирныя машины.

На 120 до 150 оборотовъ фрезоваго вала приходится одинъ оборотъ обрабатываемаго куска. Подвиганіе (самодѣйствующее) при черновой обдѣлкѣ около 0,4 м., при окончат. обдѣлкѣ около 0,09 м. въ минуту. На одинъ оборотъ обрабатываемаго куска при черновой обдѣлкѣ боткѣ 10 до 12 шт. Потребная сила до 1,5 лошадей.

ф. Сверлильная машина.

Похожа на таковую же для металловъ, только подвиганіе сверла все ручное. Окружн. скорость сверла до 5,5 м. въ секунду. Потребная сила 1 лш. силъ.

г. Машина для долбленія.

Число подъемовъ 150 до 300. Скорость долбленія 1,50 до 2,75 м. въ сек. Подвиганіе ручное и около 0,5 до 2,5 м. на 1 подъемъ. Потребная сила 0,75 до 1,5 лш.

II. Машины для перемещенія жидкихъ и твердыхъ тѣлъ.

А. Насосы.

а. Поршневые насосы.

Пусть Q требуемое въ минуту количество воды въ куб. метр., F площадь поршня въ квадр. метр., D его діаметръ въ метр., v средняя скорость поршня въ метрахъ, r радіусъ привошна и s ходъ поршня, z число ходовъ въ минуту, h высота всасыванія въ метрахъ ($h = \max$ 3 метр.); h_1 высота нагнетанія, $H' = h + h_1$ высота подниманія отъ уровня нижней воды до отверстія выливанія; h_1 высота давленія, соответствующія сопротивленію отъ тренія; H атмосфер. давленіе $= 10$ м. водянаго столба; f сѣченіе всасывающей трубы, l ея длина въ м., f_1 сѣченіе нагнет. трубы и l_1 ея длина въ м.; d и d_1 діаметры трубъ въ м.; объемъ насоса $q = 2rF = sF$. Въсѣ куб. метра воды $= 1000 \text{ кг} = \gamma$.

I. Высота всасыванія отъ воды до поршня въ его высшемъ положеніи теоретически могла бы быть 10 м., но въ дѣйствительности м. б. не болѣе 7 метр., потому что 1) подъ поршнемъ образуется не безвоздушное, но лишь разрѣженное пространство, и 2) вода должна не только подниматься къ насосу, но еще вступать въ него съ извѣстною скоростью. Если изъ воды при высокой температурѣ отдѣляется паръ, то онъ наполняетъ разрѣжаемое пространство и противодѣйствуетъ всасыванію; поэтому если желаютъ поднимать насосомъ горячую воду, то необходимо поставить его на столько глубже нижней воды, чтобы наполненіе насоса происходило чрезъ гидростатическое давленіе. Если удѣльный вѣсъ жидкости $= \gamma'$, то возможная высота всасыванія для этой жидкости

$$7 \cdot \frac{1}{\gamma'} \text{ метр.}$$

II. Высота нагнетанія есть давленіе на поршень (выраженное высотой водянаго столба) въ его высшемъ положеніи. Если на воду, изливающуюся изъ подъемной трубы, дѣйствуетъ давленіе большее, чѣмъ атмосферное, то разность давленій, выраженную опять водянымъ столбомъ, надо прибавить къ имѣющейся въ дѣйствительности высотѣ водянаго столба. Если нагнетательный насосъ стоитъ ниже котла на 4 метра и давленіе пара въ котлѣ $4\frac{1}{2}$ атм. сверхъ воздушнаго, то высота нагнетанія $h_1 = 4 + 4,5 \times 10 = 49$ метр. водянаго столба.

III. Всасывающая труба. Наибольшая теоретическая скорость воды въ всасыв. трубѣ $c_{\max} = \sqrt{2g(10 - h)}$; эта скорость, начинаясь отъ 0, постепенно возрастаетъ до c . При расчетѣ площади всасывающей трубы употребляютъ среднюю скорость, которая опредѣляется по $c = \frac{1}{9} \sqrt{2g(10 - h)}$, принимая въ соображеніе треніе воды въ трубѣ

и лишь разрѣженное пространство подъ поршнемъ. Эта скорость
 $c=1,48 \quad 1,40 \quad 1,30 \quad 1,20 \quad 1,10 \quad 0,98 \quad 0,85$ метр.
 $h=1 \quad 2 \quad 3 \quad 4 \quad 5 \quad 6 \quad 7$ м. высоты всасы

При установкѣ всасывающего колокола эта скорость можетъ значительно
 увеличиваться, почти въ 1,8 раза. Въ практикѣ при выборѣ скорости
 даже при воздушномъ колоколѣ, не идутъ далѣе $c=1,3$ и только въ и
 ключительныхъ случаяхъ до 2 м., при чемъ безусловно необходимо ус
 раивать всасывающий колоколь. Чѣмъ менѣе с относительно указанным
 величинъ, тѣмъ надежнѣе происходитъ наполненіе насоса, тѣмъ выг
 нѣе. По Heusinger von Waldegg берутъ $c=0,6$ до 0,7 м. во всасы
 вающихъ трубахъ. Такъ какъ клапаны насоса при перемѣнѣ хода по
 шина закрываются не моментально, то часть воды теряется; и колич
 ство воды будетъ менѣе, описываемаго поршнемъ объема, то расче
 ведутъ на 1,25 Q. Для насосовъ простаго дѣйствія, гдѣ вода двигает
 во всасывающей трубѣ лишь періодически (только во время всасывані

площадь этой трубы $f=2 \times \frac{1,25Q}{60c}$. При скоростяхъ поршня большихъ

чѣмъ 1 метръ устанавливаются обыкновенно насосы двойнаго дѣйстві
 вода во всасывающей трубѣ двигается здѣсь непрерывно и ея сѣчен

$f=\frac{1,25Q}{60c}$. Обыкновенно площадь трубъ при длинныхъ линіяхъ $=\frac{1}{2}$

при короткихъ $\frac{1}{3}$ площади поршня; ихъ діаметръ $=\frac{2}{3}$ до 0,8D.

Если h болѣе 5 м. или если длина всасывающей трубы болѣ
 10 м., то употребляется всасывающий колоколь, объемъ котораго
 фр. м. $=q$, а гдѣ возможно 5 q. до 10 q. Существуютъ даже насос
 съ всасывающимъ колоколомъ въ 15 q., при очень длинной всасывающей
 трубѣ.

Чтобы предупредить засориваніе насоса, нижній конецъ всасывающей
 трубы снабжается сѣткой. Непосредственно надъ ней, въ особенност
 при длинныхъ всасывающихъ трубахъ, ставится второй всасывающей
 клапанъ. Онъ имѣетъ цѣлю удерживать разрѣженіе въ трубахъ, есл
 онъ не исправны. При длинныхъ всасывающихъ трубахъ ставят
 вблизи насоса во всасывающей трубѣ воронку; чрезъ нее наливают
 въ трубы воду при пусканіи насоса, если онъ не беретъ, не присасы
 ваетъ воду.

Примѣчаніе. Если поршень насоса во время всасыванія двигает
 быстрѣе, чѣмъ присасываемая вода, то можетъ случиться, что поршен
 отдѣлится отъ воды, и начнетъ обратный ходъ прежде наполненія ц
 линдра водою. Въ моментъ встрѣчи въ противоположныхъ направлені
 двигающихся поршня и воды произойдетъ ударъ, дѣйствіе коего будет
 тѣмъ сильнѣе, чѣмъ болѣе двигающееся количество воды въ всасыва
 ющихъ трубахъ, чѣмъ болѣе давленіе на подъемные клапаны, чѣмъ
 длиннѣе нагнетательныя трубы и чѣмъ болѣе разность скоростей вод
 въ всасывающихъ и въ подъемныхъ трубахъ. Этотъ случай является
 если всасывающая труба длинна и насосъ стоитъ высоко надъ водою
 Для избѣжанія этого удара употребляется всасывающий колоколь.

IV. *Нагнетательныя или подъемныя трубы.* Въ большей части случаевъ рекомендуется подъемныя трубы дѣлать такой же ширины какъ всасывающія. Только при очень длинной подъемной линіи заботятся о томъ, чтобъ скорость воды въ подъемныхъ трубахъ по возможности не превосходила 0,6 метра. При значительной высотѣ подъема или при длинныхъ подъемныхъ линіяхъ употребляютъ нагнетательный воздушный колоколъ (коллапъ) дабы сдѣлать движеніе воды независимымъ отъ движенія поршня. Воздушный колоколъ располагается всегда выше, чтобъ поглощенный воздухъ могъ опять возобновиться.

V. *Скорость поршня v.* Обыкновенно $v=0,15$ до $0,40$ метра; въ другихъ случаяхъ и какъ крайній предѣлъ $v=0,8$ метр. Для насосовъ простого дѣйствія $v = \frac{f}{F} \cdot c$; далѣе $60v = 2sn$; $v = \frac{2sn}{60}$; $n = \frac{60v}{2s}$.
 Для Фельдману $v=0,70$ до $0,75$ метра.

VI. *Ходъ s.* Дѣлаютъ ходъ $s=\alpha \cdot D$, гдѣ $\alpha=1,5$ до 2 во всасывающихъ и подъемныхъ насосахъ (съ клапанами въ поршнѣ).

$\alpha=2$ до 4 во всасывающихъ и нагнетательныхъ насосахъ (съ маслосивными поршнями).

$\alpha=1,5$ до 2,5 въ насосахъ двойного дѣйствія.

VII. *Дѣйствительное количество воды,* поднимаемой насосомъ въ минуту:

Для насосовъ одиночнаго дѣйствія $Q = z \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{2} n \cdot \psi$

» » двойнаго » $Q = z \cdot \pi \cdot D^2 n \cdot \psi$

Гдѣ $\psi=0,95$ для насосовъ отличной работы.
 $=0,90$ » хорошей »
 $=0,85$ до $0,80$ » обыкновен.

Въ слѣдующихъ за сими формулахъ вслѣдъ принять $\psi=0,80$ и вслѣдъ изъ этого взаимнаго подымаемаго въ минуту количества воды поставлено количество $1,25Q$.

Въ насосахъ простого дѣйствія. Въ насосахъ двойнаго дѣйствія.

$Q=18,84D^2v=24Fv$. $Q=48Fv=37,68D^2v$.

VIII. *Насосы простого дѣйствія.* Если Q и число ходовъ дано, то:

$q = \frac{1,25Q}{z}$.

Если число размаховъ не дано, то получаютъ подходящія размѣры

или взять $q=14 f \sqrt{f}$ слѣдовательно $z = \frac{1,25Q}{14 f \sqrt{f}}$.

Поперечное сѣченіе всасывающей трубы, если имѣется всасывающій воздушный колоколъ (объемъ котораго надо брать по крайнѣй мѣрѣ равнымъ объему q насоса).

$f > \frac{0.187 Q}{\sqrt{2g(H-h-h_{11})}}$
 где по Вейсбаху

$$h_{11} = \left(0.01439 + \frac{0.00947}{\sqrt{e}} \right) \frac{v^2}{2g} \text{ и } e = \frac{Q}{60 f}$$

Если иметь всасывающего воздушного колокола, то:

$$f > \frac{0.385 Q}{\sqrt{2g(H-h)}} \text{ и должно быть выполнено уравнение:}$$

$$q > \frac{\pi^2 Q^2 l}{900 f 2g(H-h)}$$

Наибольшая скорость пальца кривошипа насоса, если желают устроить водяной ударъ въ всасывающей трубѣ (L —длина шатуна въ

$$v \geq \sqrt{g \frac{f}{F} \frac{r}{l} \frac{L}{r+L} (H-h)}.$$

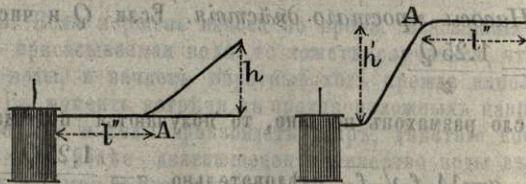
Всасывающія трубы должны всегда имѣть подъемъ къ насосу; сдѣланіе воздуха можно избѣгать внутри насосовъ помощью цѣлесообразныхъ приспособленій, въ нагнетательной трубѣ посредствомъ постепеннаго подъема ихъ. Если же этого подъема нельзя устроить то необходимо поставить при насосѣ особые воздухоотводные клапаны или краны.

Поперечное сѣченіе нагнетающихъ трубъ принимаютъ равнымъ сѣченію всасывающей трубы (если длина трубъ не слишкомъ велика).

Если же при наибольшей скорости v выражение $\frac{F v^2 l_1}{f_1 r g h_1} > 1$, то

выбирать попер. сѣченіе f_1 такъ, чтобы скорость воды въ нагнетательной трубѣ была около 0.6 м. Въ послѣднемъ случаѣ можно совѣтовать устройство напорнаго воздушнаго колокола, при чемъ достигается уменьшеніе напряженія въ работающихъ частяхъ.

Напорные воздушные колокола имѣютъ объемъ воздуха $= 4q$ до толщины стѣнокъ какъ и размѣры движущихъ частей насоса зависятъ отъ наибольшаго давленія, которое воздухъ можетъ имѣть; этотъ суммъ рѣдко превышаетъ двойное или тройное среднее давленіе.



Фиг. 94—95.

Напорные воздушные колокола предотвращаютъ водяной ударъ, таковой не можетъ случиться и безъ напорнаго воздушнаго коло-

$$\text{когда скоро } \frac{Fv^2}{f_1 r} \leq g \frac{H+h_1}{l_1}$$

онъ можетъ случится въ такихъ колѣнахъ водопровода, гдѣ подни-
жающееся движеніе воды переходитъ въ болѣе или менѣе горизонталь-
ное. Въ фиг. 94 слѣдовательно могъ бы случиться ударъ воды,
если тогда, если бы и вышеупомянутое уравненіе не было выполнено.

Въ точкѣ А (фиг. 95) избѣгается ударъ воды если $\frac{F}{f_1} \frac{v^2}{r} \leq g \frac{H}{l_1}$
е: въ l_{11} длина горизонтальной части напорнаго водопровода.

Если обозначимъ чрезъ y высоту, при которой былъ бы возможенъ
ударъ, а чрезъ l_{111} длину трубы до этой точки то онъ не

услѣдуетъ если $H + \frac{h'(l+l'')-h(l'-l'')}{l+l'} \geq y$ и при насосахъ

въ воздушнымъ колоколомъ на всасывающей трубѣ, если

$$H + \frac{h'l'''-h(l'-l''')}{l'} \geq y$$

Для насосовъ для снабженія водою фонтановъ, въ которыхъ воздуш-
ный колоколъ можетъ быть наполняемъ сгущеннымъ воздухомъ, объемъ
напорнаго воздушнаго колокола $V=4q$.

Для пожарныхъ трубъ $V=4q \frac{h'+H}{H}$.

При длинныхъ водопроводахъ, гдѣ не слѣдуетъ нагружать движущія
силы болѣе, чѣмъ на двойное среднее давленіе.

$$V = \frac{0,6 Q \cdot c' l'}{2g(H+h'+h'')}$$

гдѣ c' обозначаетъ равномерную скорость воды въ подъемныхъ тру-
бахъ (c' около $=0,6$ м).

IX. Насосы двойнаго дѣйствія. Если Q и z даны, то:

$$q = \frac{1,25 Q}{2z}$$

Если число размаховъ не дано, можно принять, какъ у насосовъ

однонаправленнаго дѣйствія $q=14 f \sqrt{f}$ т. е. $z = \frac{1,25 Q}{28f \sqrt{f}}$.

*) Вообразимъ насосъ безъ давящаго воздушнаго колокола, то
въ дѣйствіе ускореннаго движенія поршня во время его первой поло-
вины хода вода въ подъемныхъ трубахъ принимаетъ также уско-
ренное движеніе, во время второй—замедленное. При переходѣ поршня
чрезъ мертвую точку вода въ горизонтал. трубахъ отдѣлится отъ воды
въ вертик. трубахъ, но только на одно мгновеніе, потому что ее тот-
часъ остановитъ внѣшнее давленіе воздуха, а насосъ ускоритъ воду
въ восходящихъ трубахъ. Происходящій при этомъ ударъ называется
водяной ударъ.

Принимаютъ если насосъ имѣетъ воздушный колоколъ на всасыва-

щей трубѣ $f \geq \frac{0.1 Q}{\sqrt{2g(H-h-h'')}}$
если онъ не имѣется:

$$f \geq \frac{0.187 Q}{\sqrt{2g(H-h)}} \quad \text{при чемъ} \quad q \geq \frac{\pi^2 Q^2 l}{3600 f 2g(H-h)}$$

если же это уравненіе не выполнено, то необходимо увеличить f или надо устроить воздушный колоколъ на всасывающей трубѣ.

Для опредѣленія попер. сѣченія нагнетательныхъ трубъ и возможности водяного удара остаются неизмѣнными данныя въ VIII формулѣ.

Объемъ всасывающаго воздушнаго колокола $= q$	} $V = 2q \text{ до } 3q.$
нагнетательнаго „ „	
для фонтановъ $V = 1.6 q$	
для пожарныхъ трубъ $V = 1.6 q \frac{H+N}{H}$	
„ длинныхъ водопроводовъ $V = \frac{0.6 Q \sqrt{V}}{2g(H+h'+h'')}$	

$c' \text{—около } 0,6 \text{ м.}$

X. Насосы съ одиночнымъ всасываніемъ и двойнымъ нагнетаніемъ. Въ отношеніи всасывающихъ трубъ слѣдуетъ ихъ вычислять какъ насосъ одиночнаго дѣйствія въ отношеніи же нагнетающихъ трубъ и воздушныхъ колоколовъ какъ насосы двойнаго дѣйствія съ объемомъ $= q_2$.

XI. Описываемый насосомъ объемъ q нельзя слишкомъ большому ни въ какихъ насосахъ. Обыкновенно получаютъ хорошіе результаты если слѣдуетъ $q = 14f\sqrt{f}$.

Когда q опредѣлено, то пробуютъ—выполняются ли слѣдующія условія уравненія

$$q \geq \frac{\pi^2 Q^2 l}{900 f 2g(10-h)} \quad \text{въ насосахъ простаго дѣйствія.}$$

$$q \geq \frac{\pi^2 Q^2 l}{3600 f 2g(10-h)} \quad \text{въ насосахъ двойнаго дѣйствія.}$$

Если это условіе при избранныхъ размѣрахъ не выполнено, то нужно принять большее q или f или употребить всасывающій воздушный колоколъ.

XII. Диаметръ поршня. Имѣемъ

$$q = F \cdot s = \frac{\pi}{4} D^2 \alpha D, \quad \text{откуда} \quad D = \sqrt[3]{\frac{4}{\pi \alpha} q}$$

Когда даны не q и α , но Q и v , имѣемъ

$$\text{для насосовъ простаго дѣйствія} \quad D = \sqrt[3]{\frac{Q}{18,84 v}}$$

$$\text{для насосовъ двойнаго дѣйствія} \quad D = \sqrt[3]{\frac{Q}{37,68 v}}$$

Общие.

При изготовлении моделей насосов, которые могут найти свое употребление при очень различных обстоятельствах, рекомендуется брать диаметр отверстий для всасывающих и нагнетающих труб $= \frac{2}{3} D$. Для горнозаводских насосов онъ не рѣдко еще болѣе.

Сила для движенья насоса при не слишкомъ длинныхъ трубахъ:

$$L = \varphi \frac{Q(h+h_1)}{75 \times 60} \gamma = \frac{2}{9} \varphi Q(h+h_1)$$

при чемъ $\varphi = 1.25$ для насосовъ тщательной работы

$\varphi = 1.33$ „ хорошихъ насосовъ

$\varphi = 1.43$ до 1.54 для простыхъ насосовъ.

Для достиженія постоянного извизанія воды и чтобы сила, нужная при подъемѣ и опусканіи поршня, была равная, лучше всего соединить два насоса вмѣстѣ.

Тамъ гдѣ достигается при насосѣ съ пропускнымъ поршнемъ, помощью достаточно толстаго стержня поршня, при массивныхъ поршняхъ помощью насоса двойнаго дѣйствія.

При насосѣ съ пропускнымъ поршнемъ можно выполнить оба условія одновременно только тогда, если насосъ простой подъемный; поперечн. сѣченіе стержня тогда должна равняться половинѣ площади поршня.

Для достиженія совершенно равномернаго истеченія воды надо устроить или воздушный колоколъ, или же заставить дѣйствовать вмѣстѣ разные насосы, находящіеся въ различныхъ стадіяхъ движенія.

XIII. Клапаны. При горизонтальной опорной площади дѣлаютъ ея ширину (s въ mm.) для діаметра d (въ mm.) клапана: $s = 1.4 \sqrt{d}$. Если клапанъ имѣетъ болѣе одной опорной площади, то дѣлаютъ ихъ всѣ одинаковой ширины, а именно равной ширинѣ большой опорной площади.

При конической площади опоры принимается въ расчетъ проекція $= s$; уголъ конуса $= 45^\circ$.

При клапанахъ любого поперечн. сѣченія превращаютъ его въ круглое и тогда опредѣляютъ s . При клапанахъ изъ кожи или гуттаперчи слѣдуетъ взять s нѣсколько болѣе, чтобы уменьшить давленіе на единицу площади.

Клапаны или вентили должны представлять при своемъ подъемѣ свободную площадь для прохода воды, которая по крайней мѣрѣ $= f$; большіе разѣры клапановъ всегда полезны, ибо атимъ уменьшается высота подъема и ускоряется запираніе. Лучше всего брать пропускное сѣченіе $= 1.5 f$. Всѣхъ клапановъ зависить отъ скорости прохода воды въ нихъ.

По Финку составлена слѣдующая таблица.

Средняя скорость s въ $m.$	Вѣсъ клапана на q ст. въ $kg.$	Высота сопротивленія въ $m.$
0.60	0.0070	0.068
0.80	0.0115	0.119
1.00	0.0185	0.187
1.25	0.0290	0.292
1.50	0.0420	0.422
1.75	0.0575	0.577
2.00	0.0750	0.750

При діаметрѣ клапана въ 160 до 210 $mm.$ употребляются обыкновенные тарелочные клапаны, отъ 210 до двойного діаметра простые кольцевые клапаны, при еще большемъ до 4-наго діаметра двойные кольцевые клапаны.

При раскрывающихся клапанахъ слѣдуетъ брать подъемный уголъ такой величины, чтобы боковое проходное отверстіе было по крайней мѣрѣ равно поперечн. сѣченію приводной трубы. Вѣсъ какъ выше при вентилѣхъ. Ударъ избѣгается, если вмѣсто одного устроить нѣсколько клапановъ и если дать имъ большой вѣсъ, самое большое допускаемое попер. сѣченіе 340 до 400 кв. ст.

Квадратная форма клапановъ самая не выгодная, выгоднѣе прямоугольная при длинѣ въ половину ширины. Подъемный уголъ 38° , при полукруглыхъ клапанахъ 45° , при трехъугольныхъ также 45° . Если опорная площадь не перпендикулярна къ оси трубы, получается подъемный уголъ по выгоднѣе. При гутаперчевыхъ клапанахъ въ видѣ кружковъ, которые ложатся на клапанныя рѣшетки, слѣдуетъ дѣлать діаметръ клапановъ $= 0.7D$ до $0.75D$. Площадь клапановъ должна быть по крайней мѣрѣ 0,7 площади поршня. Скорость воды въ клапанахъ наибольшее 1,8 м/сек.

1 Примѣръ. Насосъ простаго дѣйствія имѣетъ діаметръ (поршня) 0,15 метра $= 6''$ при ходѣ 0,40 м. $= 16''$. Если насосъ дѣлаетъ 21 двойной ходъ въ минуту, то какъ велика сила для движенія насоса и доставляемое количество воды, если насосъ въ хорошемъ состояніи и вода поднимается на высоту $H=12$ метра.

Даны: $D=0,15$ м.; $s=0,40$ м.; $n=21$ м.; $H=12$ м.

$$v = \frac{2sn}{60} = \frac{2 \cdot 0,40 \cdot 21}{60} = 0,28 \text{ метра скорость поршня.}$$

$$Q = 18,84 D^2 v = 18,84 \cdot 0,15^2 \cdot 0,28 = 0,11 \text{ куб. метр. воды въ минуту} = 119 \text{ метровъ.}$$

$$N = \frac{1000 Q H}{75 \cdot 60} = 1,33 \frac{1000 \cdot 0,119 \cdot 12}{75 \cdot 60} = 0,42 \text{ лш. силы.}$$

2 Примѣръ. Питательный насосъ 0,09 м. діаметръ поршня дѣлаетъ 36 двойныхъ ходовъ 0,16 метр. длины. Насосъ простаго дѣйствія и такъ расположенъ, что вода всасывается на 3 метра высоты, а пита-

тельный клапанъ находится на 4 метра выше насоса. Сколько воды даетъ насосъ въ минуту и какую онъ требуетъ силу, если котель, имъ питаемый, работаетъ при давлении 4,5 атмосферахъ сверхъ воздушнаго.

Даны: $D=0,09$ метр.; $s=0,16$ м.; $n=36$; $h=3$ м.,
 $h_1=4+4,5 \cdot 10=49$ м., такъ какъ давление одной атмосферы соотвѣтствуетъ 10 метр. водянаго столба.

Высота подъема $H=h+h_1=3+49=52$ м.

$$v = \frac{2sn}{60} = \frac{2 \cdot 0,16 \cdot 36}{60} = 0,192 \text{ м. скорость поршня.}$$

$$Q=18,84 D^2 v = 1884 \cdot 0,09^2 \cdot 0,192 = 0,0293 \text{ м. въ минуту.}$$

$$N = \frac{1000 Q H}{60 \cdot 75} = 1,33 \frac{1000 \cdot 0,0293 \cdot 52}{60 \cdot 75} = 0,45 \text{ лощ. силъ.}$$

3. *Примръ.* Определить главные размеры и потребную для движениі силу для подъемнаго насоса простаго дѣйствія, который подавалъ бы въ минуту 150 литровъ воды. Высота подъема 16 метровъ и насосъ расположенъ на 4 метра высоты всасыванія. Всасывающая труба имѣетъ еще около 8 метровъ длины, а подъемная 60 метровъ. Всасывающій колоколъ не употребляется.

Даны $Q=0,150$ куб. метр.; $h=4$ м.; $H=16$ м.; $l=8$; $l_1=40$.

Для $h=4$ таблица стр. 196 даетъ $c=1,20$ м.; но ради надежности примемъ меньшую величину $c=1$ метр.

$$f = 2 \frac{1,25 Q}{60 \cdot c} = 2 \frac{1,25 \cdot 0,15}{60 \cdot 1} = 0,0062 \text{ квар. метр.}$$

$$\frac{\pi}{4} d^2 = 0,0062; d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0062}{\pi}} = 0,084 \text{ метра; равно и } d_1 = 0,084 \text{ м.}$$

$$q = 14 f \sqrt{f} = 14 \cdot 0,0062 \sqrt{0,0062} = 0,067 \text{ куб. метр.}$$

$$\text{Условіе } q > \frac{\pi^2 Q^6 l}{900 \cdot f^2 g (10-h)} > \frac{900 \cdot 0,0062^6 \cdot 2,9 \cdot 81,6}{\pi^6 \cdot 0,15^6 \cdot 8} > 0,0032$$

такъ что $q=0,0066$ куб. метра оказывается правильнымъ и всасывающій колоколъ не нуженъ.

$$\text{Выбираемъ } \alpha=1,7; \text{ то } D = \sqrt[3]{\frac{q}{\pi \cdot \alpha}} = \sqrt[3]{\frac{0,067}{\pi \cdot 1,7}} = 0,171 \text{ м.}$$

діаметръ поршня; $s=\alpha D=1,7 \cdot 0,171=0,29$ метра ходъ поршня;

$$F = \frac{\pi D^6}{4} = 0,0229 \text{ кв. м.}$$

$$Q=24 F v; v = \frac{Q}{24 F} = \frac{0,15}{24 \cdot 0,0229} = 0,273 \text{ метра скорость поршня.}$$

$$n = \frac{60 \cdot v}{2 \cdot s} = \frac{60 \cdot 0,273}{2 \cdot 0,29} = 28,2 \text{ двойныхъ ходовъ въ 1 минуту.}$$

$$\text{Условіе } \frac{2Fv^6}{f_1 s} \leq \frac{10+h_1}{l_1}; \quad \frac{4,93 \cdot 0,0229 \cdot 0,273^6}{0,0062 \times 0,29} < \frac{10+12}{40};$$

$$4,67 < 5,375$$

Такъ какъ оно выполнено, то давящій колоколъ не нуженъ, водяной ударъ не можетъ произойти.

$$N = \varphi \frac{1000QH}{60 \cdot 75} = 1,33 \frac{1000 \cdot 0,15 \cdot 16}{60 \cdot 75} = 0,7 \text{ лощ. силы.}$$

4 *Примѣръ.* Определить главные размеры насоса двойного дѣйствія, который поднималъ бы въ минуту 720 литровъ воды на высоту 24 м. Высота всасыванія 4 метра; полная длина всасывающей трубы 40 метр., а давящій 32 метра. Въслѣдствіе большой длины всасывающей трубы нужно поставить всасывающій воздушный колоколъ.

Даны: $Q=0,72$; $H=24$; $h=4$; $h_1=20$; $l=40$; $l_1=32$
 Для $h=4$ по таблицѣ стр. 196 имѣемъ $c=1,8, 1,20=2,16$ метра;
 примѣмъ меньшую величину $c=1,3$ метра.

$$f = 1,25 \frac{Q}{60c} = \frac{0,72}{60 \cdot 1,3} = 0,0115 \text{ кв. м.; } d = 0,121 \text{ м. диаметр всасы-}$$

вающей трубы $q = 14 f \sqrt{f} = 14 \cdot 0,0115 \sqrt{0,0115} = 0,01727 \text{ г. м.}$

$$\text{Условіе } q > \frac{\pi^2 Q^2 l}{3600 f 2g (10-h)} = \frac{\pi^2 0,72^2 40}{3600 \cdot 0,0115 \cdot 2 \cdot 9,81 \cdot 6} = 0,04199$$

Такъ какъ это условіе не выполнено, то нужно употребить воздуш-
 ный всасывающій колоколъ. Беремъ $\alpha=3$

$$D = \sqrt[3]{q \frac{4}{\pi \alpha}} = \sqrt[3]{0,01727 \frac{4}{\pi \cdot 3}} = 0,194 \text{ метр.; } s = \alpha D = 0,584 \text{ м.}$$

$$F = \frac{\pi}{4} D^2 = 0,0295 \text{ кв. м.; } Q = 48 F v; v = \frac{Q}{48 F} = \frac{0,72}{47 \cdot 0,0295} = 0,51 \text{ м.}$$

$$n = \frac{60v}{2s} = \frac{60 \cdot 0,51}{2 \cdot 0,584} = 26,3 \text{ двойныхъ ходовъ въ минуту.}$$

$$\text{Условіе: } \frac{4,93Fv^3}{f_1 s} < \frac{10+h_1}{l}; \quad \frac{2,0,0295 \cdot 0,51^3}{0,0115 \cdot 0,584} < \frac{10+20}{32}; \quad 5,664 < 9,2.$$

Такъ какъ условіе выполнено, то давящій воздушный колоколъ не ну-
 женъ, ибо ударъ не произойдетъ. Но чтобы получить по возможности
 равномерное выливаніе воды изъ давящей трубы, можемъ съ выгодною
 употребить и давящій воздушный колоколъ.

в. Центробѣжные насосы.

Забирая высота при хорошо устроенныхъ центробѣжныхъ насосахъ
 можетъ быть таже какъ и при поршневыхъ насосахъ. Однако рѣдко
 превышаютъ забирающую высоту болѣе 6 м. и вообще высота всасыванія
 берется всегда сколько возможно менѣе; гдѣ можно, не выше 3,5 метр.

123
0
яной
гвля,
4 м.
и 40
ошей

тра;
асы-
м.
199
душ-
4 м.
51 м.

9,2.
ему-
ости
одою

сахъ
фдо
анія
стр.

мая большая подземная высота для обыкновенныхъ конструкцій 15 м.,
и хорошемъ же устройствѣ допускается подземная высота до 30 м.
Передъ пусканіемъ въ ходъ центробѣжные насосы требуютъ залива-
е ихъ водою. При этомъ необходимъ всасывающій подножный клапанъ
концѣ всасывающей трубы и кранъ съ воронкою; если клапана не
существуетъ, присасываніе воды дѣлается помощью прибора, вытяги-
ющего воздухъ и дѣйствующаго паромъ. Скорость воды въ трубахъ
пускается до 2,5 м. въ секунду для центробѣжныхъ насосовъ которые
ботаютъ временно, на прим. при выкачиванія воды изъ ямъ при ос-
ваніи зданій, при которыхъ обращаютъ вниманіе болѣе на небольшіе
измѣры, малый вѣсъ и дешевизну чѣмъ на высокое полезное дѣйствіе.
Все таки не слѣдуетъ превышать скорость 1,8 м. въ секунду.
и длинныхъ заборныхъ и подземныхъ проводахъ и если кромѣ того
получить большое полезное дѣйствіе, рекомендуется уменьше-
е скорости воды въ трубахъ, приблизительно до 1 м.

Коэффициентъ полезнаго дѣйствія центробѣжнаго насоса среднимъ
составомъ 60%, при чемъ высота всасыванія не болѣе 4 м.; онъ уве-
чивается съ величиною насоса *) съ уменьшеніемъ скорости теченія
и (въ извѣстныхъ границахъ) съ увеличеніемъ подземной высоты.

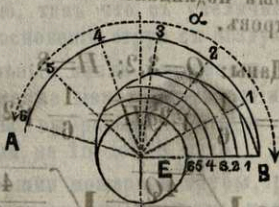
Колеса или тарелки съ перьями устраиваются обыкновенно съ при-
комъ воды съ обѣихъ сторонъ, въ которомъ случаѣ слѣдуетъ сдѣ-
каждое впускное отверстіе по крайней мѣрѣ равное половинѣ
пер. сѣченія всасывающей трубы. Онѣ имѣютъ либо среднюю стѣн-
съ крыльями по обоимъ ея сторонамъ, или среднюю стѣнку и двѣ
ковныя стѣнки; последнее устройство требуетъ менѣе силы для дви-
нія и предотвращаетъ порчу краевъ крыльевъ.

Перья слѣдуетъ строить слѣдующимъ образомъ:

Дѣлимъ центр. уголъ, который заключаетъ концы одного пера, ра-
сами на равныя части; также дѣлимъ и ширину колеса $EB = \frac{D_1 - d_1}{2}$
внымъ числомъ концентрическихъ круговъ. Пересѣченіе перваго ра-
са съ первымъ кругомъ, втораго со вторымъ и т. д. даетъ пункты
ра. Построеніе можно одинаково продолжать до ступицы гдѣ толщи-
пера = 0.

Число перьевъ = 6, при большихъ насосахъ болѣе, до 12, при малыхъ
аже до 4. Лопатки составляютъ часть
звертывающей круга; онѣ образуютъ
одъ 230 съ наружной окружностью.
о съ внутреннею. Поперечн. сѣченіе
прямалого хода на вышней окружно-
и пароваго колеса возрастаетъ равно-
рно до діаметра 0,675 d ; тогда труба
ширится на длинѣ 4 d до нормаль-
до діаметра d .

Пусть Q количество воды въ $сбт$ въ
унду



Фиг. 96.

*) Самые большіе по настоящее время устройства центробѣжные насосы съ за-
да Бродницъ и Сейдель въ Берлинѣ, поднимаютъ 140 куб. метр. въ минуту. Обѣ
бирныя трубы имѣютъ діаметръ по 850 mm ; нагнетательная труба въ 1200 mm .

H высота подниманія; ей соотв. скорость $c = \sqrt{2gH}$
 d діаметръ всасывающей трубы
 d_1 » нагнетательной трубы
 D_1 наружный діаметръ колеса
 d_1 внутренний »
 V скорость на вѣшной окружности колеса
 l ширина перьевъ на внутренней окружности колеса, въ п.
 l_1 » » вѣшной »
 v скорость воды, втекающей въ секунду въ колеса или
 скорость воды въ трубахъ
 φ соотвѣствующій кривизнѣ перьевъ центр. уголъ

то по Финку для центробѣжныхъ насосовъ съ сходящимися боками

$$\frac{\pi d^2}{4} = \frac{6Q}{\sqrt{2gH}} \left| \begin{array}{l} d_1 = 1,2d \text{ до } d \\ D_1 = 2,4d \\ V = 1,25\sqrt{2gH} \end{array} \right| \begin{array}{l} l = 0,36d; l_1 = 0,15d \\ \varphi = 160^\circ \\ (6 \text{ перьевъ}). \end{array} \quad \left. \begin{array}{l} \text{Движущая сила} \\ N = \varphi \frac{100Q}{60} \\ \text{гдѣ } \varphi = 1,4 \text{ ло} \end{array} \right\}$$

Если во время хода набрался воздухъ около оси, то надо по ос
 новнѣ выпустить его чрезъ подъемную трубу

v должна быть между границами $v = 1/9 \sqrt{2gH}$ и $v = 1/6 \sqrt{2gH}$

Для $v = 1/9 \sqrt{2gH}$, $V = 1,232 \sqrt{2gH} \sim 1,25 \sqrt{2gH}$. Число обор

$$n = \frac{60V}{\pi D}; \text{ при } v = 1/6 \sqrt{2gH}, V = 1,44 \sqrt{2gH} \sim 1,45 \sqrt{2gH}$$

последнемъ случаѣ количество воды $Q = \pi D^3 l v$ въ 1,5 разъ бол
 чѣмъ въ первомъ.

Примѣчаніе. Цѣнробѣжные насосы требуютъ болѣе двигающ
 силы, но они проще и легче регулируются, поднимаютъ и грязн
 воду, не требуютъ резервуаровъ и установка ихъ дешева. Полез
 дѣйствіе этихъ насосовъ можно считать 60%.

Примѣръ. Опредѣлить главные размѣры центробѣжнаго насоса,
 торый поднималъ бы въ минуту 3,2 куб. метра воды на высот
 метровъ.

Даны: $Q = 3,2$; $H = 8$

$$v = \frac{1}{6} \sqrt{2gH} = \frac{1}{6} \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 8} = 2 \text{ метра скорость воды въ тру}$$

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{60\pi v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3,2}{60 \cdot 3,14 \cdot 2}} = 0,184 \text{ м. діаметръ трубъ.}$$

$$D = 1,2 d = 1,2 \cdot 0,184 = 0,221 \text{ м.; } D_1 = 2,4 d = 2,4 \cdot 0,184 = 0,024$$

$$b = 0,36 d = 0,36 \cdot 0,184 = 0,066 \text{ м.; } b_1 = 0,18 d = 0,18 \cdot 0,184 = 0,033$$

$$v_1 = 1,45 \sqrt{2gH} = 1,45 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 8} = \text{почти 18 метр. скорость}$$

кружности $n = \frac{60v_1}{\pi D} = \frac{60 \cdot 18}{\pi \cdot 0,53} = 650$ оборотовъ въ минуту,

$$H = \varphi \frac{1000QH}{60 \cdot 75} = 1,7 \frac{1000 \cdot 3,2 \cdot 8}{60 \cdot 75} = 10 \text{ силъ.}$$

с. Человѣкъ поднимаетъ въ день ручнымъ насосомъ около 85 куб. = 6800 ведръ на 1 метръ высоты чтобы поднять 1 куб. метръ воды ядьями на 1 м. нужно 0,03 дня. При высотахъ подъема большихъ въ 2 м. и при большихъ количествахъ воды вычерпываніе бадьми уже не выгодно; обыкновенно высота подниманія доходить при ядьяхъ 1,0 м.

д. Пожарныя трубы (по I. Frick'y).

Пожарныя трубы состоятъ изъ двухъ насосовъ простаго дѣйствія, поршни которыхъ имѣютъ поперемянное движеніе.

Главные размѣры пожарныхъ насосовъ разсчитываются по формуламъ даннымъ при описаніи поршневыхъ насосовъ:

$$Q = F s n \delta \text{ и т. д.}$$

Чтобы получить непрерывную струю воды при простомъ (одиночнаго дѣйствія) насосѣ необходимо снабдить его воздушнымъ колоколомъ; тогда, держащая прежнія обозначенія, средняя скорость истеченія с предста

вится формулою $c = \frac{D^2 s n}{d^{260}} e$ гдѣ d обозначаетъ діаметръ насадки.

Теоретическая высота боя струи $H = \frac{D^4 s^2 n^2 e^2}{70632 d^4}$; дѣйствительная высота его, вслѣдствіе сопротивленія воздуха менѣе: $H_0 = H_1$, гдѣ 0

принимается 0,7 до 0,8. По Бернулли $H = H_1 + \frac{H^2}{60}$

При $H_1 = 5 \quad 10 \quad 15 \quad 20 \quad 25 \quad 30$ метр. будетъ $H = 5,41 \quad 11,67 \quad 18,75 \quad 26,27 \quad 35,42 \quad 45$ метр.

При восхожденіи водяной струи, сопротивленіе воздуха произво- дитъ явленіе, котораго нѣтъ при движеніи вверхъ твердаго тѣла, оно мало по малу раздробляетъ водяную струю, такъ что съ увеличеніемъ высоты увеличивается поверхность соприкосновенія струи съ воздухомъ.

Разложеніе сплошной струи на отдѣльныя капли наступаетъ тѣмъ скорѣе, чѣмъ болѣе ея скорость и чѣмъ менѣе діаметръ отверстія ис- теченія. Большія пожарныя трубы должны выбрасывать струю воды на дѣйств. высоту 24 до 30 метр., малыя на 15 до 18 метр.

Давленіе, передаваемое рабочими на поршни пожарной трубы, равно водяному столбу, площадь основанія котораго равна площади поршня, высота его равна теоретической высотѣ боя струи. Это давленіе на

$$\text{поршни } P = \frac{D^6 s^2 n^2 e^2}{90 d^4}.$$

Работа необходимая при движении (только при магнетаніи).

$$V = nsP = \frac{D^6 s^3 n^3 q^2}{90 d^4} \text{ въ } kgmt \text{ въ одну минуту.}$$

Сюда надо еще прибавить усиліе на преодоленіе сопротивленія рукавахъ, — треніе поршня и проч. Потому принимаютъ, что усиліе оноково при восходящемъ и нисходящемъ движеніи поршня. Слѣдовательно дѣйствительное усиліе необходимое для движенія пожарн. тру

$$V_1 = 2nsP = \frac{D^6 s^3 n^3 q^2}{45 d^4} \text{ въ } mkg.$$

Число рабочихъ, принимая усиліе человѣка = 18,75 *mkg.* въ кунду, получается изъ равенства $M = \frac{D^6 n^3 s^3 q^2}{50625 d^4}$. Обыкновен. на бо

шой пожарной трубѣ работаютъ отъ 20 до 28 человѣкъ, на малой отъ до 12 человѣкъ, правильно снѣняющихся чрезъ короткіе промежутки времени.

При расчете дву-цилиндровыхъ насосовъ, разумѣютъ подъ *n* число ходовъ обоихъ поршней; формулы тѣ же, за исключеніемъ коэффиціентовъ, такъ какъ увеличеніе силы, вслѣдствіе сопротивленіе въ трубахъ здѣсь принимается $\frac{3}{4}$ всей силы.

Сообразно этому будетъ дѣйствительная сила:

$$V_1 = \frac{7}{4} snP = \frac{D^6 n^3 s^3 q^2}{51,4 d^4} \text{ въ } mkg.$$

$$\text{число рабочихъ } M = \frac{D^6 n^3 s^3 q^2}{57835 d^4}.$$

Величина *q* среднимъ числомъ берется = 0,8. Длина качанія рычага не д. б. болѣе 1,5 м. Такъ какъ ходъ поршня обыкновенно въ 5 разъ менѣе этой величины, то для большихъ насосовъ $q = 0,2$. 1,5 = 0,3 м. Для малыхъ насосовъ $q = 0,24$ м. Скорость поршня 0,24 до 0,36 м. Если пожарная труба должна сама и всасывать воду, то надо принять еще во вниманіе необходимое усиліе для этого всасыванія, $V_1 = 785 D^2 H_1 sn$, гдѣ H_1 обозначаетъ высоту всасыванія.

Изъ опытовъ Magirus'a слѣдуетъ, что человѣкъ, работающій на всасывающемъ пожарномъ насосѣ, въ состояніи доставлять въ часъ 80 литровъ воды на разстояніе 300 шаговъ, между тѣмъ какъ человѣкъ съ помощью лошади и бочки доставляетъ въ часъ только 600 литровъ, ушатносецъ даетъ только 240 литровъ и водоносецъ можетъ давать только 24 л.

Диаметръ клапана дѣлаютъ при малыхъ пожарныхъ трубахъ 0,5 от диаметра поршня, при большихъ трубахъ 0,6 диаметра поршня.

При муштукахъ отъ 15 до 18 мм. шириною и при теоретическ. высотѣ отъ 24 до 30 мтр. получаютъ въ дѣйствительности не болѣе 70 до 80 процентовъ этой высоты. При одноцилиндровыхъ пожарныхъ трубахъ принимаютъ объемъ воздушнаго котла = 10 или 15-ти крат. Мах. объему цилиндра, между тѣмъ какъ при двухцилиндровой пожарной трубѣ достаточно взять объемъ воздушнаго котла отъ 8 до 10 крат. объему цилиндра.

с. Водоснабженіе.

Потребность больших городов въ водѣ раздѣляется слѣдующимъ образомъ: 40 до 50 % для домашняго потребленія 10 до 30 % для потребностей промышленности, 20 до 25 % для поливки улицъ промыва- ніе каналовъ, 10 до 15 % на фонтаны и тушеніе пожаровъ.

Годовой расходъ воды достигаетъ minimum'a въ январѣ до февраля (на 6,92 % ниже средняго ежемѣсячнаго расхода), а въ іюнѣ до іюля достигаетъ maximum'a (на 7,96 % выше сред. ежемѣсячнаго расхода), — такъ что разность между ними достигаетъ до 14,88 %. Наибольшій расходъ въ теченіи дня приходится на часы. Отъ 8 часовъ утра до 6 часовъ пополудни и достигаетъ въ теченіи этихъ 10 часовъ 65, 16 процентовъ всего количества потребляемаго въ совокупности всѣхъ 24 часовъ. Отъ 8 часовъ вечера до 6 часовъ утра этотъ расходъ достигаетъ высоты 17, 19 процентовъ т. е. почти только $\frac{1}{4}$ части количества расходуемаго въ 10 часахъ дня. Наибольшее часовое потребленіе приходится на промежутокъ между 11 и 12 ч. до полудня и между 3 и 4 т. е. трѣмъ полудни, а именно 7, 86 процента или приблизительно $\frac{1}{12}$ часть всего суточного расхода или двойной средній часовой расходъ.

Въ Парижѣ считаютъ ежедневно:

На одно лицо	20 литровъ	
» лошади	75	
» двухколесную повозку	40	
» четырехъ-колесную повозку	75	1 ведро=12,3
» 1 квадр. метр. содовъ	1,5	литровъ.
» баню ежедневно	300	
» поливку улицъ на к. м.	1	
» каждаго жителя	90	

Въ Англіи, какъ достаточное, считаютъ 63 до 68 литровъ, Констан- тинское наибольшее потребленіе 240. Для хорошо устроеннаго кло- зета достаточно 14 литровъ въ день на человѣка, для поливки улицъ, тушенія пожаровъ и пр. 4,5 и для промышленныхъ цѣлей 4,5 до 46 литровъ.

Потребность для станціи желѣзныхъ дорогъ:

Пасажи́рскіе паровозы	требуютъ	3,3—4,0	куб. метр. въ часъ.
Смѣшанные	»	3,0—3,6	»
Товарные	»	2,7—3,6	»

При новыхъ сооруженіяхъ разсчитываютъ на увеличеніе число жите- лей и увеличеніе потребленія, считая наименьшее 120 литровъ на чело- вѣка, а въ очень промышленныхъ городахъ даже 150 до 280 литровъ какъ нормальное.

Машины разсчитываютъ при этомъ основномъ положеніи и при ско- рости поршня въ $\frac{2}{3}$ наибольшей скорости, дабы въ особенныхъ слу- чаяхъ можно было доставлять воды на $\frac{1}{2}$ болѣе.

Рекомендуется всю необходимую силу машины раздѣлять на нѣсколько машинъ, которыя работаютъ независимо одна отъ другой. Это особенно важно при отсутствіи водонапорнаго резервуара.

Машины большею частію Вульфовскія, Компаундъ и обыкновенныя горизонтальныя съ расширеніемъ и конденсаціею.

При діаметрѣ D насоса дѣлають всасывающія трубы $= 0,85 D$ до $\frac{7}{8} D$ и нагнетательныя $= 0,8 D$. Воздушный колпакъ на всасывающихъ трубахъ $= 4$ объемъ насоса, давящій воздушный колпакъ для каждаго насоса имѣетъ ту же величину, а его наполненіе воздухомъ $= \frac{2}{3}$ его объема. Главный воздушный котель изъ котельнаго желѣза $= 30$ разъ взятому объему всѣхъ вмѣстѣ работающихъ насосовъ. Его наполненіе воздухомъ $= \frac{2}{3}$ котла.

Гидранты или краны для тушенія пожаровъ, а также для поливки улицъ и троттуаровъ располагаются на разстояніяхъ отъ 60 до 100 литровъ. Трубы укладываютъ въ Германіи на глубинѣ 1,40 до 1,60 метровъ отъ поверхности земли; всѣ онѣ предъ укладкой подвергаются пробѣ давленіемъ и, будучи нагрѣты, покрываются слоемъ смолы изнутри и снаружи.

Искусственные фильтры. — Мутная вода требуетъ нѣсколько фильтровъ изъ коихъ первый есть самый крупный. Для не очень мутной воды достаточно слой песку $= 0,30$ до $0,45$ метр. толщиною; болѣе глубокой дѣйствуетъ благопріятно на температуру воды. — Слой воды больше 1 метр. надъ фильтромъ рекомендуется. — Производительность расчитывать самое большое на 2 кубич. метра въ 24 часа.

Расходы постройки водоснабженій со включеніемъ фильтровъ простираются не ниже 12 до 15 марокъ на жителя. Напримѣръ въ Альтофѣ 36, въ Гамбургѣ 28,80, въ Магдебургѣ 23,40, Брауншвейгѣ 19 и въ мелѣ 43,50.

Доброкачественность воды. За предѣлы доброкачественности воды можно принять: 100,000 частей воды должны содержать примѣсей не болѣе чѣмъ даетъ слѣдующая таблица по разнымъ авторамъ.

Имена авторовъ.	Твердые осадки.	Степень жидкости.	Азотная кислота.	Органич. вещества	Хлоръ.	Сѣрная кислота.
Reichard . . .	10—50	18	0,4	3—5	0,2—0,8	—6,3
Kubel.	50	18—20	0,5—1,5	3—4	2—3	8—1,0
Wibel.	50	18—20	0,5—2,0	—5,0	—3,5	8—1,0

Слѣдуетъ пренебречь водой, въ которой примѣси превышаютъ установленныя предѣльныя значенія. Степень жесткости воды обуславливается содержаніемъ въ ней извѣсти такъ наприм. при n частей извести на 100,000 частей воды, жесткость воды $= n$. Вода, жесткость которой не превышаетъ 20 градусовъ, еще годна для питья и для промышленныхъ цѣлей (на фабрич. и заводскія работы и т. п.).

Мягкой называютъ ту воду, степень жесткости которой не превосходить число 10.

Водоводы. Пробное давление, которое должны выдерживать трубы водовода, равно 15 atm. Преобладающее давление въ водопроводныхъ трубахъ въ большинствѣ городовъ около 3—6 atm.

Толщина трубъ берется по слѣдующей таблицѣ:

Внутренній диаметръ mm.	Свинцовая труба, въсь одного м. въ kg.	Цинковая труба со-свинцовой оболочкой. Въсь 1 м. въ kg.
13	3,0	1,25
15	3,5	1,5
20	4,5	2,25
25	5,0	2,75
30	7,0	3,25

Для водосточныхъ трубъ: въсь свинцовой трубы въ 50 mm. = 3,5 kg на погонный метръ. Диаметръ трубъ для кухонныхъ крановъ 13 mm.; для умывальника 13—15 mm., для ванны 20 mm., для ватер-клозета 20 mm. Диаметръ водосточныхъ трубъ для кухонь 50 mm., при стоячихъ трубахъ, и при горизонтальныхъ трубахъ 65 mm. Для ватерклозетовъ берутъ диаметръ сточныхъ трубъ смотря по числу трубъ и по уклону ихъ отъ 100 до 200 mm.

Пожарные краны въ фабрикахъ и складахъ должны быть не менѣе 50 mm., а въ жилыхъ домахъ кранъ въ 25 mm. достаточенъ.

f. Паровыя водоподъемныя машины (Пульзометръ).

Въ пульзометрахъ вода поднимается непосредственно дѣйствіемъ пара. Вода при этомъ находится въ сосудѣ, который по опорожненію опять наполняется посредствомъ конденсаціи пара и образовавшагося вълѣдствіи этого безвоздушнаго пространства. Подъемъ совершается, какъ у насосовъ, отдѣльными размахами, число клапановъ такое же, какъ въ насосахъ. При аппаратахъ двойнаго дѣйствія должно быть время, въ которое вода нагнетается изъ одного насоса, болѣе или одинаковое съ тѣмъ временемъ, въ которое другой наполняется, дабы входящій паръ всегда находилъ наполненное водою пространство.

Забирная высота возрастаетъ съ высотой нагнетанія, но не должна превышать около 5 m. Возможная подъемная высота зависитъ отъ средняго давления пара.

Забирныя и подъемныя трубы устраиваются также какъ для насосовъ. Объемъ пульзометра равенъ объему трубы длиною въ 2 m.

По Эйхлеру расходъ пара въ минуту = 1.43 kg. для каждую эффек-тивную лш. силу.

г. Гидравлическіе прессы.

1) Гидравлическій прессъ состоитъ изъ небольшого нагнетательнаго насоса, помощью котораго вода по узкой трубкѣ вгоняется въ большіе цилиндръ съ поршнемъ, дабы этимъ поршнемъ произвести требуемое сильное давленіе. Давленіе, производимое малымъ поршнемъ на воду передается вполнѣ массою воды въ большіе цилиндръ, такъ что равныя части поверхностей обоихъ цилиндровъ претерпѣваютъ одинаковое давленіе. Слѣд. давленія на поршни относятся между собою какъ ихъ площади или какъ квадраты ихъ діаметровъ.

Ручные нососы обыкновенно дѣлаются съ неравноплечнымъ рычагомъ, что позволяетъ еще болѣе увеличивать давленіе. Пусть Q —давленіе большаго поршня; P —давленіе на концѣ рычага; L и l большіе и малое плеча рычага; D и d діаметры большаго и малаго поршней то $P : Q = d^2 l : D^2 L$. Помощію этой формулы можно опредѣлить одну какую нибудь величину, если даны всѣ остальные.

Примѣръ. Пусть діаметры поршней 2-ст и 25-ст, плеча рычага 5-ст и 60-ст; какъ велика д. б. сила на концѣ рычага, дабы давленіе на поршень прессы = 100,000 klg
Отношеніе поршней $25^2 : 2^2 = 156,25$
Давленіе на маломъ поршнѣ $100000 : 156,25 = 640$ klg.
Отношеніе плечъ рычага $60 : 5 = 12$
Сила на концѣ рычага $640 : 12 = 53,3$ klg.
Полное отношеніе давленій $12 \times 156,25 = 1875$.

т. е. силою=1, приложенною на концѣ рычага, можно произвести давленіе=1875 въ прессовомъ цилиндрѣ. Сила на концѣ рычага описываетъ поэтому въ 1875 разъ большій путь, чѣмъ прессовый поршень.

2. Трѣніе поршня въ кожанной набивкѣ (воротникѣ). По опытамъ Гика отношеніе этого трѣнія къ полному давленію, производимому большимъ поршнемъ.

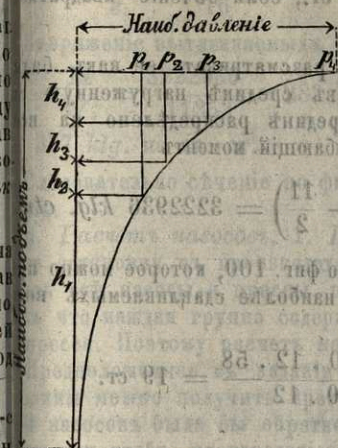
$$\text{отношеніе} = \frac{0,20}{\text{діаметръ поршня въ сантиметрахъ.}}$$

Примѣръ. Трѣніе набивки въ вышеупомянутомъ прессѣ будетъ $0,20 \times 25 = 0,008$ отъ давленія 100000 klg, слѣдовательно $\frac{1}{3}$ процента нагнетанія или = 800 klg.

3. Толщина стѣнокъ прессоваго цилиндра опредѣляется по формуламъ Ламе, Винклера и Грасгофа (1 ч. въ сопр. мат.; 2 ч. въ гл. трубахъ).

4. Полный расчетъ гидравлическаго прессы для маслобойнаго производства. Предполагается поставить 8 верт. прессовъ съ трапецеобразными ящиками. Для питанія служатъ 8 насосовъ простаго дѣйствія, приводимыхъ въ движеніе ремнемъ отъ верхняго привода. Число ящичковъ въ прессѣ 10. Длина комобовъ 48 ст., ихъ ширина 25 и 18 ст.; промежутковъ въ ящикахъ 6,5 ст. Наибольшее давленіе на 1 кв. ст. площади комоба $p = 180$ klg. наибольшее давленіе воды въ цилиндрѣ примемъ $p_1 = 250$ атм. Сильнѣйшее сжатіе заряда сѣмянъ до $\frac{1}{3}$ первоначальнаго объема. Увеличеніе сопротивленія въ прессахъ приблизительно по кривой фигуры 97. Скорость привода 120 обор. въ мину.

ту. Средняя скорость поршней насосов принято около 25 сантиметровъ въ секунду. Насосы д. б. снабжены самодействующими приспособленіями для остановки дѣйствія насосовъ, такъ чтобъ полное сопротивление оставалось по возможности постояннымъ. Если всѣ прессы работаютъ одновременно, то время прессованія=15 мин. изъ коихъ на заряданіе и опоражниваніе около 6 минутъ.



Фиг. 97.

а. Расчетъ прессы. 1) Поршень прессы. Площадь колоба=(25+18) 48 : 2=1032 кв. сантиметра. Наибольшее давление на всю площадь колоба $P=1032 \cdot 180=185\,760 \text{ klg}$. Наибольшее удѣльное давление въ цилиндрѣ $p_i=250 \cdot 1,03=257 \text{ klg}$. на кв. *см*. Трение поршня примемъ съ запасомъ въ 2%. Диаметръ D поршня прессы по уравненію

$$P=\pi D^2 p_i : 4 \text{ будетъ.}$$

$$D=\sqrt{\frac{4P}{\pi \cdot p_i}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 189475}{3,14 \cdot 257}} = 30,7 \text{ см.}$$

Поршень прессы отливается полый изъ чугуна. Поэтому

$$\frac{\delta}{r_i} = \frac{p_a}{k} \left(1 + \frac{3}{2} \frac{p_i}{k}\right) \text{ или } \frac{r_a}{r_i} = 1 + \frac{p_a}{k} \left(1 + \frac{3}{2} \frac{p_a}{k}\right).$$

При $r_a = D : 2 = 15,35 \text{ см.}$; $p_a = 257$ и $k=500$ внутренний диаметръ поршня $D_i = \frac{2 \cdot 15,35}{1,91} = 16 \text{ ст.}$

Верхнее массивное сѣченіе поршня прессы рассчитывается на раздробленіе по уравненію $F=P : k=189475 : 700=270,68 \text{ кв. ст.}$, откуда диаметръ верхняго сплошнаго поршня прессы=18,6 ст.

Изъ числа прессовыхъ досокъ (ящичковъ), промежутковъ между ними и изъ сильнѣйшаго сжатія закладки опредѣляется ходъ (подъемъ) поршня прессы въ 43,3 *см*.

Прессовый цилиндръ. Промежутковъ между поршнемъ и стѣнками цилиндра примемъ въ 0,65 *см*.; внутренний диаметръ цилиндра (кувши-а) $D_1=32 \text{ см.}$

Толщина стѣнковъ δ (при $p_i = 257$; $m=3$ и $k=500$).

$$\delta = \frac{1}{2} D_1 \left\{ -1 + \sqrt{\frac{m \cdot k + (m-1) p_i}{m \cdot k - (m+1) p_i}} \right\} =$$

$$= 16 \left\{ -1 + \sqrt{\frac{1500 + 514}{1500 - 1028}} \right\} = 16,96 \sim 17 \text{ см.}$$

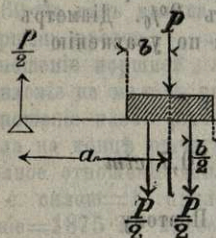
3. *Колонны пресса.* Наибольшее усилие на колонну $= P : 4 = 1760 : 4 = 440 \text{ klg.}$; откуда (при $k = 600$ для железа) сечение колонны $F = P : k = 440 : 600 = 77,4 \text{ кв. ст.}$; если сечение квадратное его сторона $= 8,8$ почти 9 см.

4. *Верхняя плита пресса.* Будем рассматривать ее как балку свободно лежащую на двух опорах и в срединѣ нагруженную силой P . Но такъ какъ давление P в срединѣ распределено по ширинѣ колоба $= 2\sigma$, то наибольшій сгибающій моментъ

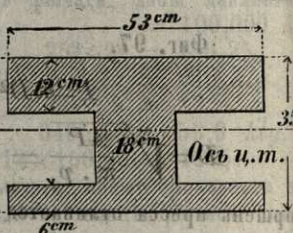
$$M_{\max} = \frac{P}{2} \left(a - \frac{\sigma}{2} \right) = 92880 \left(40,2 - \frac{11}{2} \right) = 3222936 \text{ klg. см.}$$

Примемъ поперечное сечение плиты по фиг. 100, которое можно превратить въ сечение фиг. 99; расстояние наиболѣе сдвливаемыхъ волоконъ отъ нейтр. оси

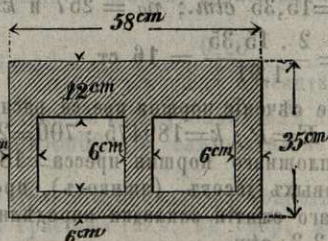
$$e_1 = \frac{1}{2} \frac{18 \cdot 35^2 + 40 \cdot 6^2 + 40 \cdot 12 \cdot 58}{18 \cdot 35 + 40 \cdot 6 + 40 \cdot 12} = 19 \text{ ст.}$$



Фиг. 98.



Фиг. 99.



Фиг. 100.

Расстояние наиболѣе вытягиваемыхъ волоконъ отъ той же оси

$$e_z = 35 - 19 = 16 \text{ ст.}$$

Моментъ инерціи этого сечения относительно оси, проходящей чрезъ ц. т.

$$I = \frac{1}{3} \left\{ 59 \cdot 19^3 + 58 \cdot 16^3 - 40 \cdot 13^3 - 40 \cdot 4^3 \right\} = \frac{544950}{3} = 181650$$

Моментъ сопротивленія $W_z = \frac{I}{e_z} = \frac{181650}{16} = 11353$ и $W_d = \frac{I}{e_d} = \frac{181650}{19} = 9560$.

Напряженіе вытягиваемыхъ и сжимаемыхъ волоконъ:
 $\frac{M}{W_z} = \frac{3222936}{11353} = 283 \text{ klg. на кв. ст.}; \frac{M}{W_d} = \frac{3222936}{9560} = 337 \text{ klg. на кв. ст.}$

Слѣдовательно сѣченіе по фиг. 100, доставляетъ достаточную проч-
 ность.

в. *Расчетъ насосовъ. 1. Поршень насоса.* Чтобы получить мень-
 шую остановку въ производствѣ при могущихъ случиться починкахъ,
 всѣ всѣ насосы и прессы раздѣлены на двѣ отдѣльныя группы,
 такъ что каждая группа содержитъ 4 насоса, которые должны питать
 пресса. Поэтому расчетъ можно ограничить одною группою.

Предположенное въ заданіи постоянное сопротивленіе для движущей
 шины можно получить чрезъ то, чтобы дѣйствующая площадь порш-
 ней насосовъ была бы обратно пропорціональна сопротивленію въ прес-
 сахъ или чтобы произведеніе изъ площади поршней на удѣльное дав-
 леніе оставалось постояннымъ. Но такъ какъ выполнить это условіе
 въ практикѣ невозможно, то раздѣляютъ все время прессованія на
 удѣльные періоды и располагаютъ насосы такъ, чтобы сопротивленіе
 движенію порр. мѣръ оставалось одно и тоже къ концу каждого пері-
 ода. Ради простоты выполненія выгодно сдѣлать всѣ сѣченія насосовъ
 одинаковыя. Въ данномъ случаѣ соответственно 4 насосовъ приняты
 періода. Въ теченіе перваго періода, для быстрого наполненія прес-
 совъ и такъ какъ сопротивленіе при началѣ еще мало, работаютъ всѣ
 насоса. Къ концу каждого періода выходитъ изъ дѣйствія одинъ на-
 осъ, такъ что подъ конецъ работаетъ только одинъ насосъ. Поэтому
 дѣйствующая площадь поршней въ теченіе 1-го періода $= 4 \frac{\pi d^2}{4}$

„ „ „ „ 2-го „ $= 3 \frac{\pi d^2}{4}$
 „ „ „ „ 3-го „ $= 2 \frac{\pi d^2}{4}$
 „ „ „ „ 4-го „ $= \frac{\pi d^2}{4}$

Такъ какъ полное давленіе въ концѣ каждого періода д. б. постоян-
 ное, то удѣльное давленіе въ концѣ періода д. б. обратно пропорціо-
 нально дѣйствующей площади поршней; а такъ какъ наибольшее удѣль-
 ное давленіе $= 257 \text{ klg. на кв. } \text{ctm.}$, то

удѣльное давленіе въ концѣ 1-го періода $p_1 = 257 : 4 = 64,25 \text{ klg.}$
 2-го „ $p_2 = 257 : 3 = 85,66 \text{ klg.}$
 3-го „ $p_3 = 257 : 2 = 128,5 \text{ klg.}$
 4-го „ $p_4 = 257 : 1 = 257,0 \text{ klg.}$

Кривая давленія даетъ тогда соответствующія этимъ удѣльнымъ дав-
 леніямъ (а слѣдов. и отдѣльнымъ періодамъ) подъемы h_1 h_2 h_3 и h_4

поршней прессовъ; а такъ какъ полный подъемъ = 43,3 ст., то $h_1 = 28,7$ ст.; $h_2 = 4,31$ ст.; $h_3 = 4,82$ ст.; $h_4 = 5,64$ ст.

Такъ какъ времена t_1 t_2 t_3 и t_4 этихъ періодовъ равны соотвѣстственнымъ подъемамъ раздѣленнымъ на скорость поршней прессовъ, эта послѣдняя не постоянна, но пропорціональна дѣйствующихъ площадямъ поршней насосовъ, то эти времена прямо пропорціональны подъемамъ прессовыхъ поршней и обратно пропорціональны площадямъ насосныхъ поршней. Слѣд. мы имѣемъ:

$$\frac{t_2}{t_1} = \frac{h_2}{h_1} \cdot \frac{4}{3} = \frac{4,31}{28,73} \cdot \frac{4}{3} = 0,2; \quad \frac{t_3}{t_1} = \frac{h_3}{h_2} \cdot \frac{4}{2} = \frac{4,82}{28,73} \cdot \frac{4}{2} = 0,334$$

$$\frac{t_4}{t_1} = \frac{h_4}{h_1} \cdot \frac{4}{1} = \frac{5,64}{28,73} \cdot \frac{4}{1} = 0,785.$$

Такъ какъ все время прессованія д. б. = 9 минут., то $t_1 + t_2 + t_3 + t_4 = 540$ секундъ или, подставляя для t_2 t_3 t_4 величины изъ предыдущихъ уравненій, $t_1 (1 + 0,2 + 0,334 + 0,785) = 540$ или

$$t_1 = 540 : 2,319 = 232 \text{ секунды}$$

и потомъ $t_2 = 47$; $t_3 = 78$ и $t_4 = 183$ сек. Далѣе, такъ какъ необходимое для 4 прессовыхъ цилиндровъ количество воды во время всего прессованія д. б. равно количеству воды, доставленному въ это же самое время 4 насосами и если η есть полезное дѣйствіе насоса простого дѣйствія, то

$$4 \cdot \frac{\pi D^2}{4} H = \frac{1}{2} c \left\{ 4 \cdot \frac{\pi d^2}{4} t_1 + 3 \cdot \frac{\pi d^2}{4} t_2 + 2 \cdot \frac{\pi d^2}{4} t_3 + \frac{\pi d^2}{4} t_4 \right\} \eta; \text{ при } \eta = 0,$$

$$4 \cdot 740,23 \cdot 43,3 = 0,5 \cdot 0,9 \cdot \frac{\pi d^2}{4} \cdot 1408,25; \text{ и}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 740,23 \cdot 43,3 \cdot 8}{0,9 \cdot 3,14 \cdot 1408 \cdot 25}} = 3,2 \text{ ст.}$$

Длину кривошиповъ примемъ = 6 ст. Поэтому ходъ поршней насосовъ $h = 12$ ст. Число оборотовъ рабочаго вала въ минуту

$$U = \frac{60 \cdot c}{2 \cdot h} = \frac{60 \cdot 25}{2 \cdot 12} = 62,5 \text{ Наибольшее давленіе въ концѣ послѣднѣяго періода} =$$

$$\frac{\pi d^2}{4} \cdot 257 = \frac{3,14 \cdot 3,2^2}{4} \cdot 257 = 2066,2 \text{ klg.}$$

$$\text{Поэтому наибольшій моментъ на валу кривошиповъ} = 6 \cdot 2066,2 = 12397,2 \text{ klg. cm.}$$

Принявъ передачу 1 : 2, получимъ

	Моментъ	r	R	z	Z	t	α	β	γ
редача 1 : 2	12397,2	12,2	24,3	20	40	3,8	1,8	11	2,7

Диаметръ вала $d=0,29 \sqrt[3]{12397,2}=6,69$. Диаметръ пальца кривоши-
 $d=0,15 \sqrt{2066}=6,8 \sim 6$ *ctm.* Необходимая двигающая сила
 $\frac{2 \cdot 0,5 \cdot 2066 \cdot 0,25}{75} = 6,9$ лошадей, а при 30% вредных со-
 противлений $N_{max} = 9$ пар. лош.

Чтобъ получить возможно равномерный ходъ насосовъ, нужно снаб-
 дить рабочій валъ маховикомъ въсомъ около 450 *klg.* и радиусомъ
 около 50 *ctm.*

2. Ставь (стаканъ) насосовъ. Промежутокъ между поршнемъ и
 рубкою поршня примемъ 0,5 *ctm.*; внутр. диаметръ насоснаго цилин-
 дра $=4,2$ *ctm.* При $k=450$ и $m=3$ толщина стѣнокъ цилиндра насоса.

$$\delta=2,0 \left(-1 + \sqrt{\frac{1350+514}{1350-1028}} \right) = 2,9 \text{ ctm}$$

3. Предохранительный клапанъ. Диаметръ Δ клапана возъ-
 мимъ $=1,2$ *ctm.*

Поэтому наибольшее на него давленіе $=257 \frac{\Delta^2 \pi}{4} = 257 \cdot 1,13 = 290,6$
g. Отношеніе плечъ рычага примемъ 1 : 8; слѣдовательно, необхо-
 димъ грузъ $=290,6 : 8 = 36,3$ *klg.*

4. Приспособленіе для прекращенія дѣйствія насосовъ. Принимъ
 основаніе тѣже самыя размѣры и отношенія, какъ въ предохранител. кла-
 панѣ, необходимый грузъ для насоса, останавливаемого подъ конецъ,
 получается около $257 \cdot 1,13 : 8 = 36,3$ *klg.*, такъ какъ здѣсь удѣль-
 ное давленіе воды $=257$ *klg.* на кв. ст.

Т. к. удѣльные давленія въ концѣ различныхъ періодовъ относятся
 въ 1 : 2 : 3 : 4, то въсь будетъ:

	Для перваго	втораго	третьяго.
въсь около	$36,3 : 4 = 9,1$	$36,3 : 3 = 12,1$	$36,3 : 2 = 18,1$ <i>klg.</i>

Но, принимая во вниманіе то обстоятельство, что эти въсы будутъ
 ходитъ въ водѣ, ихъ придется нѣсколько увеличить.

В. Вентиляторы.

1. По Fink'y.

Обозначая через Q требуемое секундное количество воздуха въ м.; c —скорость вытекания воздуха изъ сопелъ въ м.; H высота дынаго столба въ м. соотвѣтствующая давленію дутья;

то $c = \sqrt{2g800H}$. (Высота столба воздуха при одинаковомъ давлѣніи и при $10^{\circ}C$ въ 800 разъ болѣе высоты водянаго столба). Воздухъ движется въ нагнетательныхъ трубахъ со скоростью $= \frac{1}{6}c$, тогда поперечное сѣченіе ихъ $\frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{6Q}{c}$ или $d = 2,76 \sqrt{\frac{Q}{c}}$. Ширина

патока на внутренней ихъ окружности $b = \frac{3}{8}d$.

Внутренній діаметръ вращающагося колеса $D_1 = 1,2d$; наружный діаметръ $D_2 = 3d$.

Для достиженія большаго давленія $\frac{D_2}{D_1} = 3$ до 3,5. Выходная

скорость $v = \frac{D_2}{D_1} \cdot 1,25 c = 1,04 c$. Число оборотовъ $n = \frac{60 v}{\pi D_1}$. Центральн. уголъ, соотвѣтствующій кривой пера, $\alpha = 104^{\circ}$. Число перьевъ 6 до 8. Сумма отверстій въ соплахъ бываетъ наибольшее $f = 1,25$

Поперечное сѣченіе спиральнаго хода должно постепенно увеличиваться до 0,37 площади нагнетат. трубы у ея начала, а потомъ постепенно расширяться до нормальнаго. Коеф. полезнаго дѣйствія принимаютъ 25 до 30 проц.

Движущая сила въ лошадяхъ опредѣляется, при коэфф. полезнаго дѣйствія $= 0,30$ изъ формулы $N = 44,4 H Q$. Или обозначивъ черезъ давленіе воздуха въ kg . на кв. ст., то $N = 444 p Q$.

Необходимое секундное количество воздуха для кузнечнаго горна приблизительно 0,02 до 0,03 куб. м. Для расплавленія 50 kg . чугуна необходимо отъ 30 до 40 кв. м. дутья.

2. По Rittinger'y.

Пусть обозначаетъ:

Q количество воздуха въ куб. м. доставляемаго вентилят. въ секунду

H_2 дѣйствительная манометрическая высота, т. е. сумма высотъ скорости и давленія дутья (въ спир. ходѣ B), измѣренная въ м. столба воды.

H_1 дѣйствительная манометрическая высота во всасывающей камерѣ (обыкновенно, когда атмосфера образуетъ всасыв. пространство, $= 0$)

v_0 скорость воздуха въ всасывающемъ отверстіи, лучше всего $= 10$ м.

выходная скорость воздуха въ м. въ секунду.

R_0 радиусъ всасывающаго отверстія.

R_1 > внутренней окружности лопатокъ.

R_2 > внешней > ,

высота выходнаго отверстія

ширина крыльевъ или лопатокъ

радиусъ кривизны перьевъ

число оборотовъ въ минуту

уголъ, образуемый первымъ элементомъ лопатки съ радиусомъ,

бы воздухъ входилъ на лопатки безъ удара.

потребная движущая сила въ лошади. тогда для одного впускнаго

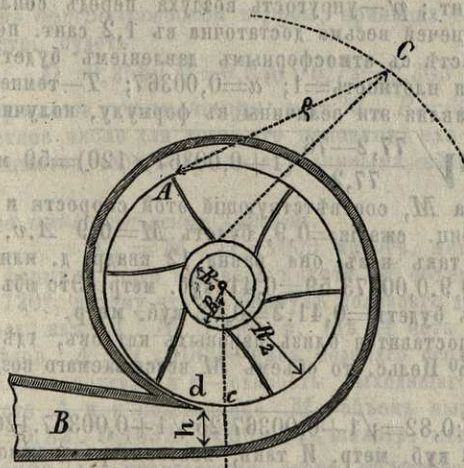
отверстія $R_0 = \sqrt{\frac{Q}{v_0 \pi}}$; если же имѣются два съ радиусомъ R_0 на

ихъ сторонахъ вентилятора, то $R_0 = \sqrt{\frac{Q}{2v_0 \pi}}$

алѣе: $R_1 = R_0$ до 2 R_0

$b = \frac{Q}{2\pi R_1 v_0} = \begin{cases} \frac{R_0^2}{2R_1^2} \end{cases}$ для одного впускнаго отв.

$\frac{845}{R_2} \sqrt{H_2 - H_1}$ (въ случаѣ если перья радиальны къ ввр. окр.)



Фиг. 101.

зсюда получают посредством пробъ самыя удобныя величины n и R_2 .

изгибъ перьевъ получается, если какой нибудь точкѣ ef въ внешней кривизнѣ провести касательную и радиусомъ

$\varphi = \frac{R_2^2 - R_1^2}{2R_1 \sin \alpha}$ (гдѣ $\operatorname{tg} \alpha = 0.1047 \frac{n R_1}{v_0}$) изъ точки *C* описать дугу круга до внутренней окружности лопатки колеса.

Число перьевъ по Риттингеру $30 R_2$; обыкновенно дѣлается по 4 до 6.

Высота выходнаго отверстія: $h = \frac{Q}{bv}$ гдѣ

$$v = \sqrt{\left(\frac{R_1}{R_2} v_0\right)^2 + 0.011 n^2 R_2^2}.$$

Необходимая движущая работа при полезномъ дѣйствіи 30%
 $N = 44.38 Q.H$

Кожухъ вентилятора имѣть форму архимедовой спирали, начало которой лежитъ въ разстояніе $cd = 0,159 h$ отъ вертикальнаго діуса, какъ можно ближе къ наружной окружности колеса.

Вентиляторъ Риттингера для двухъ газопудлинговыхъ печей

Воздухъ выдувается изъ фурмъ нагрѣтый до 120° Цельс. Опредѣлимъ прежде всего скорость воздуха выходящаго изъ фурмъ, по формулѣ

$$v = 394 \sqrt{\frac{p^1 - p}{p^1 d}} (1 + \alpha T),$$

въ которой *v* выражено въ метрахъ; *p*—упругость среды, въ которой воздухъ входитъ—равна давленію атмосферы, т. е. высотѣ ртутнаго столба въ 76 сант.; *p'*—упругость воздуха передъ сопломъ,—для газопудлинговыхъ печей весьма достаточна въ 1,2 сант. по ртут. дугмѣру, слѣд. вмѣстѣ съ атмосфернымъ давленіемъ будетъ 77,2 сант.; *d*—относительная плотность=1; *a*=0,00367; *T*—температура воздуха=120°. Подставляя эти величины въ формулу, получимъ

$$v = 394 \sqrt{\frac{77,2 - 76}{77,2}} (1 + 0,00367 \times 120) = 59 \text{ метр.}$$

Объемъ воздуха *M*, соотвѣтствующій этой скорости и температурѣ 120°, при коэффиц. сжатія=0,9, будетъ $M = 0,9 A.v$,—гдѣ *A* площадь сопелъ, а такъ какъ она равна 12 квадр. д. или 0,00774 метр., то $M = 0,9 \cdot 0,00773 \cdot 59 = 0,41$ куб. метр. Это объемъ для одной печи, а для 2-хъ будетъ $= 0,41 \cdot 2 = 0,82$ куб. метр.

Вентиляторъ поставится близъ паровыхъ котловъ, гдѣ температура воздуха около 25° Цельс. то объемъ *M* всасываемаго воздуха найдемъ изъ пропорціи:

$$M:0,82 = \sqrt{1 + 0,00367 \cdot 25} : \sqrt{1 + 0,00367 \cdot 120};$$

откуда $M = 0,72$ куб. метр. И такъ, вентиляторъ должно рассчитать для объема воздуха въ 1 секунду $M = 0,72$ куб. метр. и упругость $H = 0,012$ метр. по ртутному или 0,1632 метр. по водяному духомѣру. Всѣ размѣры вентилятора опредѣляются по формуламъ Риттингера слѣдующимъ образомъ:

Радиусъ всасывающаго отверстія и внутренний радиусъ крыльевъ

$$R_0 = R_1 = 0,17 \sqrt{M} = 0,18 \sqrt{0,72} = 0,152 \text{ метр.}$$

Наружный радиус крыльев R_2 определяется въ связи съ числомъ n оборотовъ вентилятора въ 1 минуту $n = \frac{845}{R_2} \sqrt{H}$, если при-

нять $R_2 = 0,4$ метр., то $n = \frac{845}{0,4} \sqrt{0,1032} = 853$ оборот., при $R_2 = 0,5$ — $n = \frac{845}{0,5} \sqrt{0,1632} = 683$. Но, принимая эти радиусы, числа обо-

ротовъ должны быть увеличены въ 1,3 раза, чтобы получить требуемый объемъ воздуха, следовательно:

Въ первомъ случаѣ $n = 853 \times 1,3 = 1109$ обор.

Во второмъ $n' = 683 \cdot 1,3 = 888$.

По причинѣ меньшей скорости принимаемъ послѣдніе числа, т. е. $R_2 = 0,5$ метр. и $n' = 888$ оборотовъ.

Внутренній уголъ крыльевъ, т. е. уголъ образуемый касательною крыла, проведенною въ точкѣ на внутренней его окружности съ радиусомъ, определяется по $\tan \alpha = 0,01047 n R_0$, подставляя вмѣсто n среднее между числами, полученными для n и n' будемъ имѣть $\tan \alpha = 0,01047 \cdot 785 \cdot 0,152 = 1,2492$, а $\alpha = 51^\circ 20'$.

Радиусъ дуги круга, по которой должны быть выгнуты крылья

$$r = \frac{R_2^2 - R_1^2}{2 R_0 \cdot \sin \alpha} = \frac{0,5^2 - 0,152^2}{2 \cdot 0,152 \cdot \sin 51^\circ 20'} = 0,95 \text{ метр.}$$

Ширина вентилятора — $B = \frac{1}{2} R_0 = \frac{1}{2} 0,152 = 0,075$ метр.

Высота исходнаго отверстия:

$$h = \frac{19 M}{n R_0 R_2} = \frac{19 \cdot 0,72}{785 \cdot 0,152 \cdot 0,5} = 0,23 \text{ метр.}$$

Диаметръ вѣтропроводной трубы, принимая скорость воздуха въ ней = 10 метр., будетъ

$$D = 0,356 \sqrt{M} = 0,356 \sqrt{0,72} = 0,303 \text{ метр.}$$

Число крыльевъ вентилятора: $n_1 = 30 \cdot R_2 = 30 \cdot 0,5 = 15$; но мы возьмемъ четное число для того, что половина ихъ дѣлается короче и онѣ размѣщаются черезъ крыло съ длинными, чѣмъ облетчается входъ воздуха.

Полезное дѣйствіе вентилятора.

$$E_n = M \cdot H \cdot 1000 \text{ килогр. метр.}$$

Въ эту формулу надо вставить вмѣсто M объемъ выдуваемого воздуха, при 120°, потому что въ формулѣ полезнаго дѣйствія $MH \cdot 1000$ образовалось изъ $A \cdot H \cdot 1000 \cdot v$, гдѣ A есть площадь отверстія фурмъ, слѣдов. $A \cdot H \cdot 1000$ — вѣсъ водянаго столба, уравновѣшивающаго давленіе воздуха и v — скорость выходящаго воздуха, то потому вмѣсто A и v подставлено M — объемъ выходящаго воздуха. И такъ $E_n = 0,82 \cdot 0,1632 \cdot 1000 = 134$ килогр. метровъ.

Потребная (для произведенія этого полезнаго дѣйствія) работа машины:

$$N = \frac{E_n}{0,3} = \frac{134}{0,3} = 447 \text{ кил. метр.}; \text{ или}$$

$$N = \frac{447}{75} = 6 \text{ лошад. силъ.}$$

Діаметръ шеекъ вала вентилятора:

$$d = 6,1 \sqrt[3]{\frac{N}{n'}} = 6,1 \sqrt[3]{\frac{6}{888}} = 1,16 \text{ дюйм.}$$

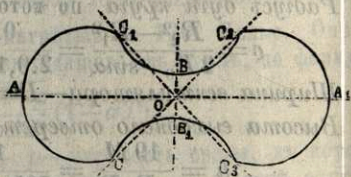
Длину шеекъ для уменьшенія стиранія подшипниковъ принимаемъ = 7 д. діаметръ шеекъ = 2 дюйм. и наконецъ діаметръ той части вала, на которой укрѣпленъ вентиляторъ въ $2\frac{1}{2}$ дюйма.

3. Вентиляторы Рута (Roots Blower).

По опытамъ Гартига коэффициентъ полезной работы вентилятора Рута при доставленіи дутья низкаго давленія ($h=0,038$ м. столба воды) болѣе всѣхъ ($\eta=0,405$). При полученіи дутья высокаго давленія ($h=0,82$ м.) коэфф. уменьшается (вслѣдствіе непропорціональнаго возрастанія полной двигающей работы) до 0,143. Поэтому вентиляторы Рута весьма пригодны для полученія дутья малаго давленія. Профиль поршней строится такъ, чтобъ точка прикосновенія лежала на линіи центровъ; слѣдов. сумма двухъ одновременно работающих радіусовъ должна быть постоянна.

Поршнямъ вентилятора Рута даютъ цѣлесообразно слѣдующую простую форму:

Въ означенной фигурѣ дѣлаютъ большую ось AA' въ 7 разъ болѣе мал. оси BB' ; потомъ проводятъ черезъ точку пересѣченія осей O линіи cc_1 и c_2c_3 подъ угломъ въ 45° къ осямъ. Эти наклоненныя линіи



Фиг. 102.

дѣлаютъ равными и при томъ
$$\frac{OA + OB}{2} = OC = OC_1 = OC_2 = OC_3.$$

Получаютъ такимъ путемъ въ $A, A_1, B, B_1, c, c_1, c_2$ и c_3 точки внѣшней формы поршней, которыя надо соединять линіями, какъ это ясно видно изъ прилагаемаго чертежа. Разстояніе между осями первевъ берутъ, смотря по величинѣ, на 1 до 3 мм. болѣе полусуммы осей. Для уменьшенія потери воздуха чрезъ зазоры поршни покрываются графитовою мазью, составъ коей: 6 ч. сала, 6 ч. гипса, 3 ч. воску и 1 ч. графита.

Данныя для проектированія вентиляторовъ Рута по Тиме.

1. Зависимость между расходомъ воздуха въ 1 мин. = Q куб. ф., шириною вентилятора l фут., діаметромъ поршней D фут. и числомъ оборотовъ въ 1 м. = n можетъ быть выражена формулою:

$$Q = 0,6 D^2 l n.$$

2. Отношеніе $l : D = 1,5$ до 2. Число оборотовъ въ минуту = 100 и 200 до 500. Первые цифры относятся къ самымъ большимъ вентиляторамъ, при $Q \leq 5000$ куб. ф.; послѣдняя къ самымъ малымъ при $Q \leq 50$ куб. ф.

3. *Размеры сопелъ.* Скорость истечения изъ сопелъ холодного воздуха: $Vp=64\sqrt{h''}$, гдѣ h дюйм. густота воздуха по водяному манометру.

$$Q_0=0,95 \cdot w \cdot 64\sqrt{h} : 144=0,422w\sqrt{h}$$

гдѣ w кв. д. сумма сѣченій сопелъ; $Q_0=Q:60$ куб. ф., объемъ воздуха доставляемаго въ 1 секунду.

4. *Сила двигателя.* Полезная работа воздухоудныхъ машинъ выражается формулою: $0,002hQ:13,6=0,00016Qh$, гдѣ h д. густота воздуха по водяному манометру. Принявъ коэф. работы $=40\%$ силы двигателя получимъ:

$$N=0,0004Qh \text{ пар. лощ.}$$

Примѣръ. Определить размеры вентилятора Рута на 20 кузнечныхъ горновъ (средней величины) при густотѣ воздуха $0'',5$ по ртутному духомѣру.

$$Q=150.20=3000 \text{ куб. ф. въ 1 м.; } h=0,5.136=7'' \text{ по вод. ман.}$$

При $l:D=2$; $D=\sqrt[3]{Q:1,2n}$; принявъ $n=200$, $D=\sqrt[3]{12,5}=2,32$ ф. $l=4,64$ ф. Сѣченіе сопелъ $w=50:0,422\sqrt{7}=45$ кв. д.; каждаго 2,25 кв. д.

С. Подъемныя машины.

1. Домкраты.

а. Домкраты съ зубчатою рейкою служатъ для поднятія тяжестию на небольшую высоту. Стойка домкрата дѣлается изъ дерева или чугуна, рейка изъ желѣза или мягкой стали и снабжена лапами. Коэффициентъ полезнаго дѣйствія хорошо исполненныхъ домкратовъ 0,40—0,45. Тре-

буемая сила $P=Q \frac{r_1}{k} \frac{r}{R} \cdot 0,40$ по этому $Q=P \frac{K}{r_1} - \frac{R}{r}$ гдѣ k обозначаетъ длину рукоятки (325—350 mm.); R и r — радиусъ передаточной шестерни и радиусы передаточнаго колеса и шестерни, сѣбяющей съ рейкой.

б. Винтовые домкраты, строятся для груза до 20000 kg. Обозначивъ черезъ k длину рукоятки, s — шагъ нарѣзки винтоваго стержня, то ринявъ коэффициентъ полезнаго дѣйствія $=0,45$ (обыкновенно отъ 0,40—0,45), будемъ имѣть

$$P=Q \frac{s}{2\pi K} \cdot \frac{1}{0,45};$$

$$Q=P \frac{2\pi K}{s} \cdot 0,45.$$



Фиг. 103.

Шаг винта выбираютъ подѣ условіемъ, чтобы не имѣло мѣста нѣвольное возвратное вращеніе винта при дѣйствіи наибольшаго груза. Это условіе удовлетворяется при $tg\delta < \epsilon$, гдѣ δ — уголъ подъема винта, а ϵ — уголъ тренія. Винты дѣлаются всегда одноходные.

Таблица высотъ и діаметровъ стержней винтовыхъ домкратовъ.

Подъемная сила въ <i>klg.</i>	Высота домкрата.	мм. діаметръ стержня.	Подъемная сила въ <i>klg.</i>	Высота домкрата.	мм. діаметръ стержня
2000	230	38	10000	685	60
3000	305	45	12000	760	63
4000	380	48	14000	840	70
5000	460	51	16000	915	76
6000	535	54	18000	1070	82
8000	610	57	20000	1220	88

с. Гидравлическіе домкраты вслѣдствіе своего высокаго коэффиціента полезнаго дѣйствія ($=0,65$, въ новѣйшее время начали находить многіе примѣненій. Обозначая черезъ L длину рычага, l — длину маленькаго внутренняго рычажка, R — радіусъ цилиндра пресса, r — радіусъ поршня нагнетательнаго нососа, то будемъ имѣть:

$$P = Q \frac{1}{L} \cdot \frac{r}{R} \cdot \frac{1}{0,65},$$

а потому

$$Q = P \frac{L}{l} \cdot \frac{R}{r} \cdot 0,65.$$

Высота поднятія h груза соотвѣтственно нажатію на рычагъ будетъ, если h_1 обозначаетъ ходъ малаго поршня, $h = \frac{r^2 h_1}{R^2}$.

Примѣръ. Построить гидравлическій домкратъ для наибольшаго груза 80 центнеровъ. Чтобы домкратъ былъ столь возможно легче, цилиндръ пресса и нососа должны быть сдѣланы желѣзные. Наибольшее удѣльное давленіе въ прессовомъ цилиндрѣ примемъ 35 атмосферъ. Рычагъ имѣть длину 0,80 м. Наибольшее, производимое однимъ рабочимъ, давленіе на ручку рычага 16 *klg.* Аппаратъ нужно снабдить надлежащимъ приспособленіемъ для удобнаго быстраго опусканія (работаетъ масломъ).

Поршень пресса. Діаметръ прессоваго поршня опредѣляется изъ условія, что при наибольшемъ удѣльномъ давленіи 35 атм. на поршень должно поднять грузъ 80 центн. $= 4000$ *klg.* Слѣдов. мы имѣемъ

$$\frac{D^2 \pi}{4} \times 1,033 \cdot 35 = 4000; \text{ откуда } D = 11,9 \text{ ст.}$$

Принимая въ соображеніе треніе поршня пресса въ цилиндрѣ, примемъ діаметръ поршня нѣсколько больше, а именно $D = 12,5$ ст.

Поршень насоса. Если отношеніе плечъ рычаговъ примемъ 1:15, то наибольшее давленіе, производимое однимъ человѣкомъ на поршень насоса, $= 16,15 = 240 \text{ klg}$; а считая потерю отъ тренія стержня поршня въ его сальникѣ въ 5%, можно это давленіе положить $= 228 \text{ klg}$. Тогда діаметръ поршня насоса получится изъ уравненія

$$4000 = 228 \frac{D^2}{d^2}; \text{ откуда } d^2 = \frac{228 \cdot 12,5^2}{4000} = 8,9 \text{ и } d = 2,9 \text{ ст.}$$

Цилиндръ прессы. Толщина стѣновъ его получается по формулѣ $\delta = 0,00125(p-1)d + 0,3 = 0,00125 \cdot 34 \cdot 12,5 + 0,3 = 0,8 \text{ ст.}$

Стержень поршня получаетъ тотъ же самый діаметръ, какъ поршень насоса т. е. $= 2,9 \text{ ст.}$

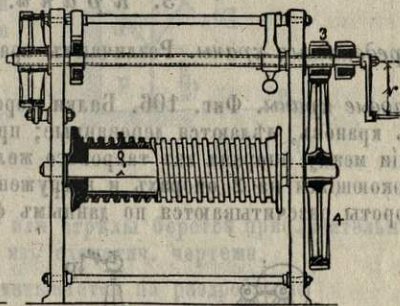
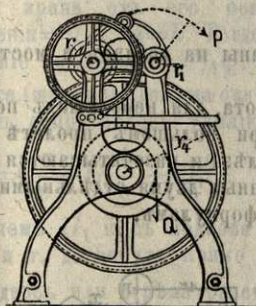
Рычагъ. Дадимъ рычагу въ наиболѣе нагруженномъ мѣстѣ прямоугольное сѣченіе въ 4 ст. высотой и 2 ст. шириною; тогда коэфф. сопротивленія для этого опаснаго сѣченія

$$k = \frac{75 \cdot 15 \cdot 6}{2 \cdot 4^2} = \frac{7200}{32} = 227 \text{ klg. на кв. ст.}$$

2. Ворота.

Если черезъ r_1 r_2 r_3 и r_4 обозначимъ радіусы зубчатыхъ колесъ короткаго, P r моментъ рукоятки (мом.) q — радіусъ барабана $+ \frac{1}{2}$ толщины каната Q — поднимаемый грузъ, то получимъ:

$$Pr = Qs \frac{r_1 r_3}{r_2 r_4}.$$



Фиг. 104—105.

Если h есть та высота, на которую требуется поднять грузъ, то демъ имѣть

$$En = Qh = Pv \frac{q r_1 r_3}{r r_2 r_4},$$

въ v скорость вращенія рукоятки; отсюда

$$h = \frac{q}{r} v \frac{r_1 r_3}{r_2 r_4} = \frac{\pi}{30} \cdot n \frac{q}{r} \frac{r_1 r_3}{r_2 r_4}.$$

Для P берутъ обыкновенно 16 kg . для одного рабочаго и вводятъ въ вычисленіе вмѣсто Q , 1,1 Q т. е. на 10% больше вълѣдствіе потерь отъ тренія.

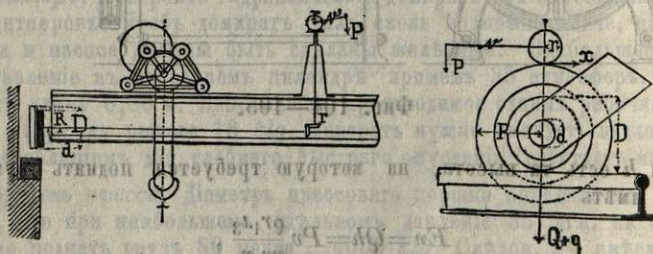
Таблица главныхъ размѣровъ воротовъ.

	Поднимае- мый грузъ въ kg.		Барабанъ.		Толщина цѣпнаго желѣза въ мм.	Толщина валовъ въ мм.			Діаметръ колесъ въ мм.
	Съ полис- пастомъ.	Безъ поли- спаста.	Діаметръ.	Длина.		Первый валъ.	Второй валъ.	Третій валъ.	
Одна зубчатая передача.	1000	450	120	390	6,5	30	—	50	Шестерня . 90 ÷ 12 Колесо. . . 500 ÷ 80
	1500	600	120	390	8	35	—	55	
	2000	750	120	420	10	40	—	60	
	3000	1100	130	460	11,5	40	—	60	
Двѣ зубчатая передачи.	2000	750	120	420	10,5	40	50	70	Первая передача: Шестерня . 110 ÷ 12 Колесо. . . 300 ÷ 52 Вторая передача: Шестерня . 110 ÷ 15 Колесо. . . 750 ÷ 90
	3000	1100	130	460	11,5	40	50	70	
	4000	1500	150	520	13	40	55	75	
	6000	2200	200	560	15	45	60	80	
	8000	3000	240	600	18	45	60	80	

3. Краны.

а. *Передвижные краны.* Различаютъ краны на козлахъ и мостовые краны.

Мостовые краны. Фиг. 106. Балки ворота, для небольшихъ передвижныхъ крановъ, дѣлаются деревянные; при большомъ пролетѣ и разстояніи между опорами изъ тавроваго желѣза и рассчитываются какъ балки, покоющіяся на 2 опорахъ и нагруженные двумя отдѣльными грузами. Вороты рассчитываются по даннымъ формуламъ.



Фиг. 106—107.

Движеніе крана и ворота, совершается одинаковымъ образомъ; ихъ снабжаютъ колесами, движущимися на рельсахъ.

При больших тяжелых кранах эти колеса снабжаются еще зубчатым колесом, сцепляющимся съ шестерней.

Если d обозначает диаметр шиповъ, D —диаметръ котковъ R и r —радиусы передаточныхъ колесъ (см. фиг. 107), то:

$$\frac{r}{R} = i = \frac{(Q+q) (f \frac{d}{2} + 0,055 \text{ ст.})}{Pr} = \frac{D}{R + \frac{D}{2}}.$$

Если воротъ передвигается силою рабочихъ, то давленіе должно быть:

$$x_1 = \frac{(Q+q) (2fd + 0, 11 \text{ ст.})}{D}.$$

Коэффициентъ тренія f обыкновенно $= 0,08$.

б. Вращающіеся краны. Вращающіеся краны бываютъ или свободно стоящіе, настѣнные или передвижные; (фиг. 108) представляетъ схематическій чертежъ стѣннаго крана.

1. Стѣнный кранъ. Пусть Q грузъ поднимаемый краномъ, W —вѣсъ самаго крана; на основаніи опыта $G=Q$, плечо b разстояніе центра тяжести крана отъ его оси вращения $= \frac{1}{4}h$, $u=h$. Тогда давленіе на шипы $P = \frac{5}{4}Q$.

Тяга (журавль) должна оказывать сопротивленіе усилию

$$T = Q \frac{a}{c} + G_1 \frac{b_1}{c} - Q_1 \frac{d}{c},$$

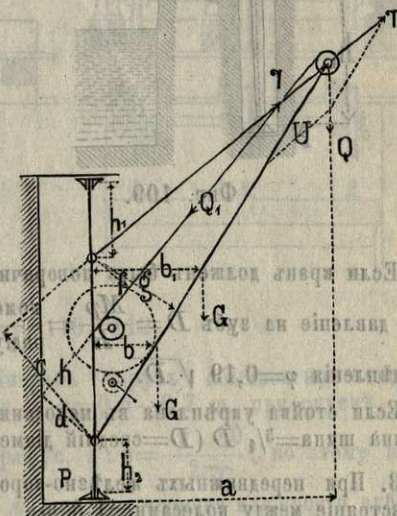
при чемъ G_1 вѣсъ подкоса или стрѣлы берется приблизительно, плечи d и т. д. берутъ прямо изъ схематич. чертежа.

Подкосъ или стрѣла разсчитывается на раздробленіе

$$U = Q \frac{a}{g} + G_1 \frac{b_1}{g} + Q \frac{f}{g}.$$

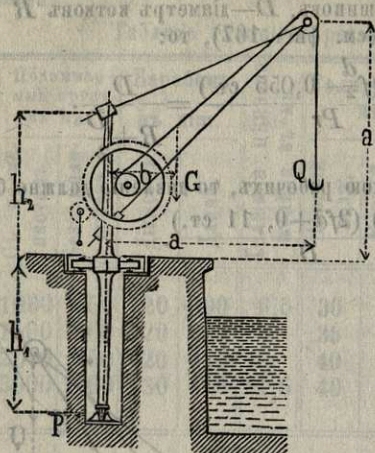
Для легчайшаго вращенія крана употребляютъ фрикціонные и катающіеся ролики. Если d поперечникъ стойки крана, δ и D диаметры роиковъ и шиповъ ихъ, α —уголъ подъ которымъ стоятъ два ролика отъ осительнаго центра вала, тогда моментъ тренія выражается при фрикціонныхъ каткахъ.

$$= Mp = \left(f \frac{P}{cs \frac{a}{2}} \cdot \frac{\delta}{D} + \frac{0,11}{Q} \right) \frac{d}{2};$$



Фиг. 108.

при катающихся роликах $= M_p = \frac{P}{\cos \alpha} \cdot \frac{0,11}{D} \left(\frac{d}{2} + D \right)$.



Фиг. 109.

Шины катковъ стальные
 $d = 0,056 \sqrt{P}$; (P = давлен
 на шины). Для катающихся
 роликовъ $D = 0,1 \sqrt{P}$;
 $L = 0,8D - D$.

2. Свободно стоящие кр
 ны (т. е. такіе, которые
 имѣютъ верхней опоры).

Дѣлаютъ $h_1 = (0,6 - 0,8) a$;
 $h_2 = 0,4a$.

G — вѣсъ вращающихся ч
 стей $= \frac{3}{4} Q$.

$P = Q \frac{a}{h_1} + G \frac{b}{h_1}$
 d (діаметръ стальной
 паты) $= 0,09 \sqrt{P}$.

Если кранъ долженъ быть поворачиваемъ помощью зубчатого вѣн
 то давленіе на зубъ $D = \frac{M_p}{R} = \frac{\text{моментъ тренія (см. выше)}}{\text{радіусъ вѣнца}}$; а ша
 зацепленія $\varphi = 0,19 \sqrt{D}$.

Если стойка укрѣплена въ неподвижной фундаментной плитѣ, то
 длина шина $= \frac{5}{4} D$ (D = средний діаметръ стойки).

3. При передвижныхъ желѣзно-дорожныхъ кранахъ вылетъ $= 4$
 Разстояніе между колесами $= 1,5$ м.

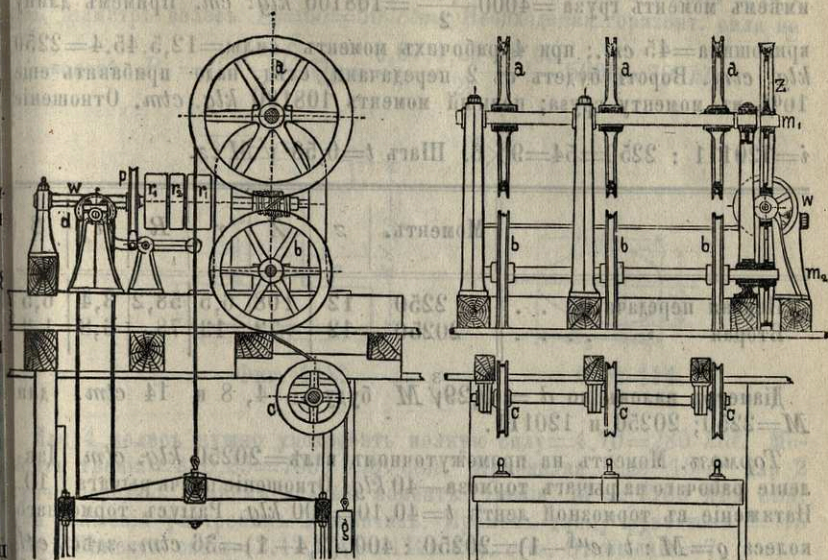
Противовѣсъ $= 0,92 Q$. (Q поднимаемый грузъ) и дѣйствуетъ
 плечъ рычага не болѣе 3 м.

4. Подъемныя платформы или мифты.

а. Подъемники для людей и грузовъ. Вѣсъ подъемной платфор
 всегда уравнивается противовѣсомъ; каждый подъемникъ снабженъ
 тормозомъ, обусловливающимъ спокойный спускъ платформы. Д
 поднятія тяжестей употребляется или воротъ и движеніе силою ра
 чихъ или, какъ это обыкновенно бываетъ на фабрикахъ съ машинны
 двигателями, посредствомъ ременной передачи.

Діаметры блоковъ для канатовъ опредѣляется по діаметру канато
 относительно нихъ слѣдуетъ точно соблюдать правила, данныя въ стат
 о канатной передачѣ.

Для фабричных подъемников въ большей части случаевъ можно принимать 1 м. для діаметровъ канатныхъ блоковъ и 50 ст. для направляющихъ блоковъ.



Фиг. 110—112.

При механическихъ подъемникахъ берутъ обыкновенно скорость $v=0,3-0,5$ м. для подниманія, и $v=0,5-0,7$ м. при спускѣ. Тогда

число оборот. канатнаго блока радиус. $r : n = \frac{v \cdot 60}{2\pi r}$, по этому вычисляется передача (косозубчатое колесо для червяка или просто зубчатые колеса). Сопротивленія движению принимаются равными $\frac{1}{4}$ груза L и

$$\text{тогда } N_n = \frac{Lv(1+\frac{1}{4})}{75}.$$

1. Катающийся кранъ. Подъемная сила крана 300 центнеровъ=15000 klg. Пролетъ 10,5 м. Ширина пути для катающагося ворота=1,5 м. Высота рельсовъ по которымъ катается кранъ, надъ поломъ=7 м. Высота вала рукоятки ворота надъ поломъ крана=1 м. Число рабочихъ при наибольшемъ грузѣ=4. Усиліе человѣка на рукояткѣ=12,5 klg. Ворота съ тормозомъ и съ переменной числа работающихъ зубчатыхъ колесъ. Движеніе крана отъ особаго вала, устроеннаго при воротѣ.

Расчетъ балки данъ въ главѣ «сопротивленіе матеріаловъ» (сгибаніе).

Расчетъ ворота. Поднимаемый грузъ $Q=15000$ klg. Натяженіе цѣпи при 3 блокахъ (1 вверху, 2 внизу)=4600 klg. Толщина цѣпнаго желѣза $\delta=0,032 \sqrt{4600} = 2$ ст. Ширина звѣна цѣпи=3,5 δ =7 ст. Подъемъ крючка 4 м., слѣд. навиваемая длина цѣпи=4.4=16 м.

Диаметръ барабана=45 *см.*; длина его=около 90 *см.* Промежуток между двумя оборотами цѣпи=0,5 *см.*, Число оборотовъ = 12. Имѣемъ моментъ груза $=4000 \frac{D+\delta}{2} = 108100 \text{ klg. cm.}$ Примемъ длину кривошипа=45 *см.*; при 4 рабочихъ моментъ силы=12,5.45.4=2250 *klg. cm.* Воротъ будетъ съ 2 передачами, слѣд. надо прибавить еще 10% къ моменту груза; полный моментъ 108100 *klg. cm.* Отношеніе $i=120111 : 2250=54=9 \times 6$. Шагъ $t=0,58 \sqrt[3]{M : z}$.

	Моментъ.	z	Z	r	R	t	β
Первая передача	2250	12	108	6,5	58,2	3,4	6,5
Вторая	20250	12	72	13	78	6,8	1,3

Диаметръ валовъ по $d = 0,29 \sqrt[3]{M}$ будутъ: 4, 8 и 14 *см.* для $M=2250$; 20250 и 120111.

Тормозъ. Моментъ на промежуточномъ валѣ=20250 *klg. cm.* Давленіе рабочаго на рычагъ тормоза—40 *klg.* Отношеніе плечъ рычага 10. Натяженіе въ тормозной лентѣ $t=40.10=400 \text{ klg.}$ Радиусъ тормознаго колеса $\rho = M : t (e^{af} - 1) = 20250 : 400 (2,4 - 1) = 36 \text{ cm.}$ здѣсь e^{af} соотвѣтствуетъ 0,55 окружности тормознаго колеса. Толщина ленты=0,5 *см.* ширина=6,0 *см.*

Храповое колесо. $M=20250 \text{ klg. cm.}$; $z=14$, $t=0,58 \sqrt[3]{M : z} = 0,58 \sqrt[3]{20350 : 14} = 6,5 \text{ cm.}$; $R=14,4 \text{ cm.}$

Поперечная балка. Натяженіе цѣпи=46000 *klg.*; $\delta=2,0 \text{ cm.}$ Грузъ на каждую серьгу=15000 : 2=около 8000 *klg.* Диаметръ шиповъ поперечины $d=0,047 \sqrt{15000}=6 \text{ cm.}$; $w=3,5\delta+1=8 \text{ cm.}$ Толщина балки=0,3 $w=2,4 \text{ cm.}$ Промеж. листъ=0,1 $w=0,8 \text{ cm.}$

Крюкъ. $d_b=0,043 \sqrt{15000}=5,3 \text{ cm.}$; $d_n=0,55 \sqrt{15000}=7 \text{ cm.}$ $h=0,1 \sqrt{15000}=12,2 \text{ cm.}$; $b=0,66 h=8 \text{ cm.}$; $a_1=0,166 h=2 \text{ cm.}$; $a_2=0,833 h=10 \text{ cm.}$

Серый. $a=1,2d=7 \text{ cm.}$; $b=0,4d=2,3$.

Поперечная балка ворота. Грузъ $P=12000 \text{ klg.}$ Длина поперечины $l=125 \text{ cm.}$ Она нагружена въ срединѣ и потому

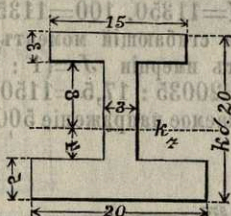
$$M = W k.; \frac{P l}{8} = \frac{J}{e h.}; \frac{12000 \cdot 125}{8} = \frac{J}{e} k = 187500; k = \frac{187500 e}{J}$$

Нижняя часть повѣрнется на растяженіе, верхняя на сжатіе. По Грасгофу.

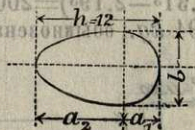
$$J = 0,33 (20,9^3 - 17,4^3 + 15,1^3 - 12,7^3) = 11168; k_p = \frac{9 \cdot 187500}{11168} = 151; k_c = \frac{11 \cdot 187500}{11168} = 276.$$

Движение ворота по балкам. Полный груз (вместе съ собств. весомъ) $Q=20000 \text{ klg.}$ можно принять, что грузъ распределяется на 4 шипа; нагрузка одно $=5000 \text{ klg.}$ Диаметр типа $d=0,12 \sqrt{5000}=8,5 \text{ см.}$ Диаметр колесъ $D=6d=50 \text{ см.}$ Необходимая горизонт. сила на

$$\text{колесъ } P_1 = \frac{\mu_1 r + f}{R} Q_1 = \frac{0,07 \cdot 4,25 + 0,05}{25} 5000 = 70 \text{ klg.}$$



Фиг. 113.



Фиг. 114.

Для 4 колесъ нужно употребить полную силу $=4 \cdot 70 = 280 \text{ kld.}$ Моментъ тренія $=280 \cdot 25 = 7000 \text{ klg. см.}$ Прибавляя еще 100% для 2 зубч. передачъ, имѣемъ полный моментъ тренія $M = 7700 \text{ klg. см.}$ Для движенія употребимъ 2 рабочихъ. Примемъ длину рукоятокъ $=45 \text{ см.}$ Моментъ силы $=2 \cdot 12,5 \cdot 45 = 1125 \text{ klg. см.}$ Отношеніе $=7$.

	Моментъ.	z	Z	r	R	t	β
Передача	1125	13	91	5,4	37,8	2,6	4,8
Промежуточное колесо . .	—	—	29	—	12	—	—

Движение крана. Расчетъ данъ въ 1-й части на стр. 56. Отношеніе моментомъ $10=2,5$.

	Моментъ.	z	Z	r	R	t	β
1 пара колесъ	1125	13	13	5,4	5,4	2,6	4,8
1 передача	1125	13	26	5,4	10,8	2,6	4,8
2 передача	2250	12	60	6,3	31,5	3,3	6,0
Промежуточного колеса .	—	—	20	—	10,5	—	—

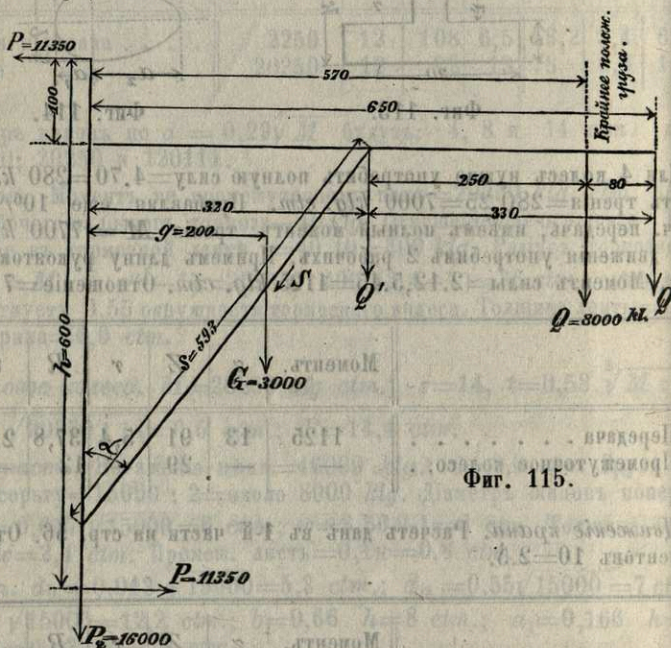
2. Литейный кранъ. Подъемная сила крана $Q=160 \text{ цент.} = 8000 \text{ klg.}$ Вылетъ $a=6,5 \text{ м.}$ Высота отъ земли до верхней части глголя. $5,4 \text{ м.}$ до верхняго шипа $h=6 \text{ м.}$ Рабочихъ 4, сила одного 13 klg. Вѣсъ крана $G=8000 \text{ klg.}$ Разстояніе ц. т. силъ отъ оси стойки $g=2 \text{ м.}$

Прежде всего нужно определить давления P и P_1 на шипы. Для этого предполагаем, что груз действует на конец глаголя, хотя этого никогда не бывает

$$h P = P_1 h = Q a + G g; P = P_1 = \frac{Q a + G g}{h} = \frac{8000(650 + 200)}{600} = 11350 \text{ кг.}$$

$$P_2 = G + Q = 16000.$$

Расчет стойки. Примем, что плечо силы P до середины = 100 см. Сгибающий стойку момент $M = 11350 \cdot 100 = 1135000 \text{ кг. см.}$ На каждую балку стойки приходится сгибающий момент = 567500 кг. см. При взятых размерах момент инерции $J = (1 : 12) (14.35^3 - 3.33^3 - 8.31^3 - 2.19^3) = 20035$; $W = 20035 : 17.5 = 1150$; $k = 567500 : 1150 = 494 \text{ кг.}$; обыкновенное допускаемое напряжение 500 кг. на кв. ст.

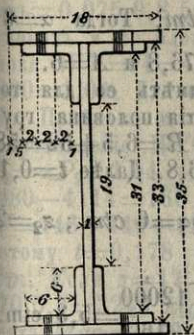


Фиг. 115.

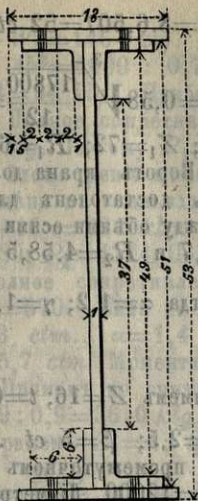
Расчет глаголя. Момент для опасного сечения $M = 8000 \cdot 250 = 2000000$, а на каждую балку 1000000 кг. см. При данных размерах $J = (1 : 12) (14.53^3 - 3.51^3 - 8.49^3 - 2.37^3) = 53654$; $W = 53654 : 26.5 = 2024$; $k = M : W = 493 \text{ кг.}$

Расчет подкоса. Сила $Q^1 = G^1 + \frac{570 \cdot 8000}{320}$ — Весь глаголь примем $G^1 = 3000 \text{ кг.}$; $Q^1 = 3000 + 14250 \text{ кг.}$ Сила по направлению подкоса $2S = Q^1 : \frac{500}{593} = 17250.593 : 500 = 20460$, а на один $s = 10230$.

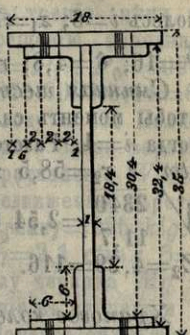
Момент инерции по формулѣ



Фиг. 115а



Фиг. 115б



Фиг. 115с

$$nS = \frac{\pi^2 EJ}{l^2} \quad \text{или} \quad J = \frac{nSl^2}{\pi^2 E}$$

Мы имеем: $n=7$; $S=10230$; $\pi^2=9,87$. $E=1750000$, $l^2=3202+500^2=352400$ и тогда $J=7.10230.352400 : 9,87.1750000=1461$. При данных размерах

$$J=(2,6.18^3+2,15^3+12,3^3+18,4.1-4,6(113-73)) : 12=1477$$

Расчет шипов. Горизонтальное давление на верхний шип $P=11350$. Примем $k=600$ и $l=1,4 d$, то для стали $d=0,11 \sqrt{P}=12 \text{ cm.}$; $l=17$. Этот диаметр годится и для нижнего шипа, если примем, что давление на кв. cm. не должно превышать 160 klg.

Расчет подъемного механизма. Будем иметь:

$$P_1 \frac{Q}{1} = \frac{8000}{1} = 4120 \text{ klg.}$$

$$1 + \frac{1}{\alpha} = 1 + \frac{1}{1,062}$$

На каждый направляющий блок прибавим также по 12 klg. , а всего 240 klg. Натяжение цепи $P=4120+240=4360 \text{ klg.}$ Толщина металла цепи $\delta=0,032 \sqrt{P}=2,1 \text{ cm.}$ Длина звена $4,6\delta=9,66$; ширина $b=3,5 \delta=7,35 \text{ cm.}$ Диаметр барабана и направл. блоков $=21 \delta=44 \text{ cm.}$; расстояние между канавками $w=3,5 \delta+1=8,4$; длина барабана $=60 \text{ cm.}$ Момент груза на барабане $M_g = 22.4360=95920 \text{ klg. cm.}$ Момент силы при 4 рабочих по 13 klg. и длине рукоятки в 45 cm. $M_p=4.13.45=2340$.

Отношение $i=95920 : 2340.0,85=8 \times 6$. Момент на промеж. валу $=1,5 M_g : 6=17800$. Диаметры валов по $0,29 \sqrt[3]{M}$ будут $d_1=4,5$; $d_2=7,6$; $d_3=13,3 \text{ cm.}$ Для первой пары колес $i=8$ принимаем $z=12$, то $t=0,58 \sqrt[3]{\frac{2340}{12}}=3,4 \text{ cm.}$ тогда $\alpha=1,6$; $\delta=2,4$; $\beta=8$;

$r=6,5$; $Z=8.12=96$; $R=8.6,507=52 \text{ ctm.}$ $A=6$. Для второй пары

колось $i=6$; $z_1=12$, то $t=0,58 \sqrt[3]{\frac{17800}{12}}=6,7 \text{ ctm.}$ Тогда $\alpha=3,2$
 $\beta=16$; $\delta=4,8$; $r_1=12,8$; $Z_1=72$; $R_1=6.12,8=76,8$ и $A=6$.

Смьнная шестерня. Воротъ крана долженъ имѣть ее для того чтобы моментъ силы былъ достаточенъ для поднятія половина груза тогда $i=4$. Разстояніе между обѣими осями $E=r+R=6,5+52=58,5 \text{ ctm.}$ и $r_2=58,5 : 5=11,7$ и $R_2=4.58,5 : 5=46,8$. Далѣе $t=0,17 \sqrt[3]{\frac{2340}{11,7}}=2,54 \text{ сант.}$ тогда $\alpha=1,2$; $\gamma=1,8$; $\beta=5\alpha=6 \text{ ctm.}$; $z_2=29$
 $Z_2=4,29=116$.

Храновое колесо. Примемъ $Z=16$; $t=0,58 \sqrt[3]{\frac{12000}{16}}=5,3 \text{ ctm.}$
 $r=13,5$; γ —около 0,5 $t=2,5$; $\beta=5 \text{ ct.}$ Для обратнаго движенія $M_2=12000 \text{ klg. ctm.}$ на промежуточномъ валѣ.

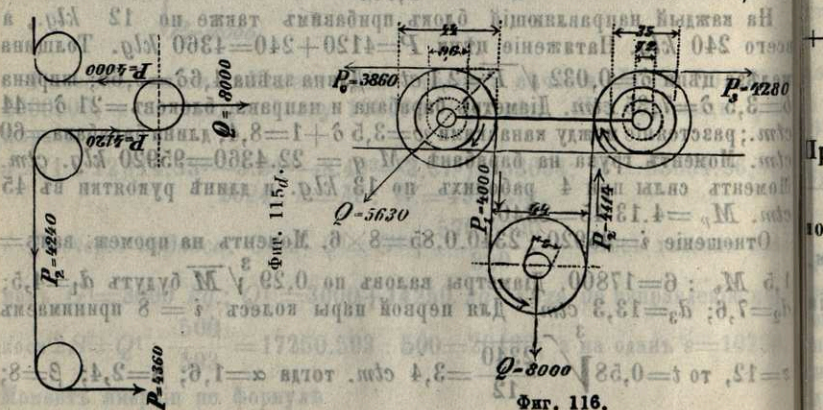
Расчетъ тормоза. $M=12000$. Диаметръ примемъ $=60 \text{ ctm.}$ Сила T на окружности $P=12000 : 30=400 \text{ klg.}$ Натяженія концовъ тормозной ленты $T_1=T_2 e^{\mu\alpha}$. Подставимъ $\mu=0,18$ и $\alpha=0,72\pi$; то $e^{\mu\alpha}=2,21$. Должно быть $T_1-T_2=400$; слѣдоват. $T_2(2,21-1)=400$ и $T_2=400 : 1,21=330 \text{ klg.}$ Отношеніе плечъ рычага 1 : 13. Давленіе на рычагъ $P=330 : 13=26 \text{ klg.}$ Сила $T_1=2,21.330=729 \text{ klg.}$ $\delta, \beta, k=729$. Примемъ $k=300$ и $\delta=0,1 \beta$, то $\delta=\sqrt[3]{0,243}=0,5 \text{ ctm.}$ и $\beta=10.0,5=5 \text{ ctm.}$

Расчетъ осей направляющихъ блоковъ. Слѣдуетъ втулку блока длиною въ 20 ctm. ; сгибающій моментъ будетъ $Mb=18.3125=56250$. Положимъ $k=600$, то $d=9,8 \text{ ctm.}$ Диаметръ шиповъ $d_s=7,2 \text{ ctm.}$ $b=2d_s=14,5 \text{ ctm.}$

Расчетъ каретки. Диаметръ колось ея D —около $5d=35 \text{ ctm.}$ Сопротивленіе отъ тренія шиповъ $W_1=n \frac{d}{D} Q=0,075 \frac{7,2}{35} 8000=123$

kg. Сопротивленіе отъ катящагося тренія $W_2=f \frac{Q}{R}=\frac{1}{20} \frac{8000}{17,5}=228$

kg.



23 klg. Сумма $W_1 = W_1 + W_2 = 146$ klg. Для передняго направляющаго блока $Q_1 = 4000 : \cos 45^\circ = 4000 : 0,71 = 5630$ klg. Трение шиповъ $= 0,075 \cdot 9,8 \cdot 5630 : 44 = 94$ klg. Прибавка отъ тренія цѣпи въ звѣньяхъ и по блоку $= 46$. Полное сопротивленіе вращенію передняго блока $W'' = 94 + 46 = 140$ klg. Поэтому $P_1 = \alpha P_0$; $\alpha = P_1 : P_0 = 4000 : 3860 = 1,04$. Для средняго блока треніе шиповъ $= 0,075 \cdot 8000 \cdot 5 : 44 = 68$ klg. Прибавка отъ тренія цѣпи въ звѣньяхъ и по блоку $= 46$. Полное сопротивленіе $W''' = 68 + 46 = 114$ klg. Для задняго блока каретки $P_3 = \alpha P_2 = 1,04 \cdot 4114 = 4280$; $P_2 = 4114$; Полное сопротивленіе $W'''' = 4280 - 4114 = 166$ klg. Полное сопротивленіе передвиженію каретки $W = 146 + 140 + 114 + 166 = 570$. Сила на каждую рейку $= 285$ klg. и потому $t = 0,178 \sqrt{285} = 3$ ctm., $\alpha = 1,4$ ctm.; $\gamma = 2,1$ ctm.; $\beta = 7$ ctm. Если $z = 12$, то $r = 5,7$ ctm. Моментъ на валу червяка $M_q = 570 \cdot 5,7 = 3249$ klg. ctm. Примемъ во вниманіе треніе въ зубцахъ и въ осяхъ $M_{qe} = 3249 : \eta = 3249 : 0,9 = 3610$ klg. ctm. Моментъ силы $M_p = 20,9 = 180$. Для червяка примемъ $Z_1 = 1$; $\tan \beta_2 = 0,1$; то $1 : \eta = 2,54$.

Теперь $Z_2 = \frac{M_{qe}}{M_p} Z_1 \frac{1}{\eta} = \frac{3610}{180} \cdot 1,2,54 = 50$; $R_2 = 19,1$ ctm.; $t = 2,4$ ctm. $\alpha = 1,10$ ctm.; $\gamma = 1,65$ ctm.; $\beta = 5,5$ ctm.; $r_1 = R_2 \frac{Z_1}{Z_2} \frac{1}{\tan \beta_2} = 19,1 \frac{1}{50} \cdot \frac{1}{0,1} = 3,82$. Діаметръ вала червяка $d = 0,29 \sqrt[3]{3610} = 4,5$ ctm.

Вращающийся кранъ. Поднимаемый грузъ $Q = 6000$ klg. Вылетъ $a = 4$ м. Высота отъ земли также $a = 4$ м. Длина стойки: въ колодцѣ $h_1 = 2$ м., надъ поломъ $h_2 = 1,8$ м. Всѣхъ угосины 800 klg., всѣхъ тяжелой 200 klg. Всѣхъ вращающейся части крана $G_1 = 800 + 200 = 1000$ klg. Гориз. сила $P = Q \frac{a}{h_1} + G_1 \frac{b}{h_1}$.

Разстояніе ц. т. вращ. части крана отъ оси $b = \frac{a}{2} = \frac{4}{2} = 2$ м. И потому

$$P = 6000 \frac{4}{1,8} + 1000 \frac{2}{1,8} = 13333 + 1111 = 14444 \text{ килогр.}$$

Сгибающій стойку крана моментъ $M = Qa + G_1 b = 6000 \cdot 4 + 1000 \cdot 2 = 2400000 + 200000 = 2600000$

$$M = T \frac{W}{e} = T \frac{\pi}{32} \frac{D_{\text{нар.}}^4 - D_{\text{вн.}}^4}{D_{\text{нар.}}} = 2600000.$$

$$\text{При } T = 400 \text{ и } D_{\text{вн.}} = \frac{1}{2} D_{\text{нар.}}; 2600000 = 39 \frac{15}{16} D_{\text{нар.}}^3 = 36,5 D_{\text{нар.}}^3.$$

По этой формулѣ при разстояніяхъ снизу отъ пятника размѣры колонны будутъ:

$b = 2$ м.	$M = 2600000$	$D_{\text{н.}} = 41,5$	$D_{\text{с.}} = 20,75$
$b = 1,5$	$M = 1950000$	$D_{\text{н.}} = 38,0$	$D_{\text{с.}} = 19,00$
$b = 1,0$	$M = 1300000$	$D_{\text{н.}} = 33$	$D_{\text{с.}} = 16,50$
$b = 0,5$	$M = 650000$	$D_{\text{н.}} = 26$	$D_{\text{с.}} = 13,00$
$b = 0,25$	$M = 325700$	$D_{\text{н.}} = 21$	$D_{\text{с.}} = 10,50$
$b = 0$	$M = 0$	$D_{\text{н.}} = 0$	$D_{\text{с.}} = 0.$

Диаметръ шиповъ, за которые хватаются тяжи $d = \sqrt{\frac{L \cdot 4}{2 \cdot 3,14 \cdot k}} = 5,5$ сант., гдѣ k сопротивленіе срѣзыванію = 350 кило на кв. сант.
Укосина. Сила по укосинѣ (сдавливающее ее усиліе)

$$U = Q \frac{a}{g} + G_1 \frac{b}{g}$$

Опредѣлимъ g . Уголь β между укосиною и тяжемъ опредѣляется углами α тяжа съ горизонтомъ и β укосины съ вертика. линіею.

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a - h_2}{a} = \frac{4 - 1,8}{4} = \frac{2,2}{4} = 0,55; \alpha = 28^{\circ}50'; a = \operatorname{atg} \gamma; \operatorname{tg} \gamma = \frac{4}{4} = 1$$

предполагая, что направленіе укосины пересѣкаетъ вертика. линію тамъ же гдѣ приложена сила P_2 . Слѣд. $\gamma = 45^{\circ}$. Уголь $\beta = 90 - 45 - 28^{\circ}50' = 16^{\circ}10'$

$$\text{Длина тяжей} \times \cos \alpha = 4; \text{длина} = \frac{a}{\cos \alpha} = \frac{4}{0,876} = 4,566 \text{ метровъ}$$

$$\text{Длина } g = 4,566 \sin \beta = 4,56 \cdot 0,278 = 1,269348$$

$$U = 6000 \frac{4}{1,269} + 1000 \frac{2}{1,269} = \frac{24000 + 2000}{1,269} = 20500 \text{ килограм.}$$

$$a \text{ по } U = \frac{P}{\cos(\alpha + \beta)} = \frac{14444}{\cos 45^{\circ}} = \frac{14444}{0,707} = 20500 \text{ килогр.}$$

Послѣднее согласно съ первымъ. Примемъ $U = 20500$ килогр. Длина укосины

$$l = \frac{a}{\cos \gamma} = \frac{4}{0,707} = 5,657 \text{ метр.}$$

Укосина желѣзная клепаная. Пусть ея діаметръ (1:25) $l = 0,047$ метр = $0,04 \times 5,657 = 226,28$ мм. По формуламъ раздробленія (все въ сантиметрахъ), когда оба конца свободны, но не могутъ уклоняться въ стороны отъ средней линіи

$$nU = \frac{\pi^2 EI}{l^2}$$

при коэф. прочности $n = 10$ и для листового желѣза вдоль прокатки $E = 1750000$ на кв. сант.

$$10 \cdot 20500 = \frac{3,14^2 \cdot 1750000 \cdot I}{566^2} = \frac{9,86 \cdot 175}{32} I; \quad I = \frac{32 \cdot 10 \cdot 20500}{9,86 \cdot 175} = 3534$$

$$205000 = \frac{9,86 \cdot 176}{32} I = 58 I$$

$$I = \frac{205000}{58} = 3534 = \frac{\pi(D_n^4 - D_v^4)}{64}; \quad \frac{3534 \times 64}{3,14} = D_n^4 - D_v^4$$

Но $D_n = 226$ мм. = 22,6 сант., то $D_v^4 = 22,6^4 - 72030 = 510,762 - 72030 = 261121 - 72030 = 189096; D^2 = 435; D = 20,85$.

$$\text{Толщина листовъ } \frac{D_n - D_v}{2} = \frac{226 - 208}{2} = 9 \text{ мм. пусть } 10 \text{ мм.}$$

Диаметръ заклепокъ $d = 2\delta = 20$ мм. Число заклепокъ въ соединеніи (на срѣзѣ) при $k = 400$

$$n \frac{\pi d^2}{4} k = U; \quad n = \frac{51}{3,14} = 15$$

Тяжи. Сила $L = \frac{P}{\cos \alpha} = \frac{14444}{0,876} = 16502$ килогр.;

какъ какъ тягъ 2, то

$$\frac{\pi d^2}{4} k = \frac{16502}{2} = 8250, k = 400; \frac{\pi d^2}{4} = \frac{8250}{400}$$

Каждый $d = 5$ см.

Опорный шипъ внизу.

$$\frac{Pl}{2} = \frac{\pi d^3}{32} k \quad d^2 = \frac{16}{\pi \cdot k} \frac{l}{d} P; \quad \frac{l}{d} = 1,5, \text{ для литой стали } k = 800.$$

Механизмъ для вращенія крана. Пусть M верт. давленіе на пяту $Q + G = 6000 + 4000 = 10000$ килогр., k давленіе на катокъ $P = 14444$. D діаметръ круга, δ радіусъ пяты, r радіусъ шипа катка, f коэф. тр. $= 0,09$. Моментъ тренія (если вѣсь крана 00), исполнѣ съ колесами, стойкой, цѣпью и пр.

$$\frac{2}{3} \delta M + \frac{D}{2} f k \frac{r}{R} = 0,09 \cdot 0,66 \cdot 0,06 \cdot 10000 + 0,225 \cdot 0,09 \times 14444$$

$$\frac{1015}{100} = 80 \text{ кв. метр. } 36,0,225 \times 195 = 36 + 44 = 80 \text{ килогр. или } = 8000$$

илогр. сент., на треніе въ зубцахъ 200%. Примемъ для надеж. 10000 илогр. сент. Для сообщенія движенія крану устроенъ зубчатый неподвижный вѣнецъ, $R_3 = 90$ сент. $t_3 = 3,93$ и $z_3 = 144$ зацѣпляющейся съ шестерней, укрѣпленной на платформѣ крана и приводимой въ движеніе сав. осред. рукоятки, пары конич. колесъ и вер. вала. Условія равновѣсія:

$$\text{радіусъ вѣнца } R = 90 \text{ сент. Давленіе на зубцы } \frac{10000}{90} = 111,1. \text{ Радіусъ}$$

шестерни беру 8 сент. Число рабочихъ 2, усиліе одного 12, длина ру-

$$\text{коятки } 30 \text{ сент., моментъ } 24,30 = 720. \text{ Отношеніе моментовъ } \frac{111,1 \times 8}{720}$$

$$= \frac{888}{720} \text{ для безопасности можно бы взять двойное отношеніе. Радіусъ}$$

$$\text{конич. шестерни} = 0,11 \sqrt[3]{M n^2} = 0,11 \sqrt[3]{720 n^2}, \text{ если } n = 12, \text{ то } = 0,11$$

$$\sqrt[3]{720 \cdot 12^2} = 0,11 \cdot 47 = 5,17 \text{ сент.; примемъ } r = 5,9. \text{ Давленіе на}$$

$$\text{зубцы} = \frac{720}{5,9} = 120 \text{ килогр. и толщина ихъ} = 0,1 \sqrt[3]{120} = 1,1 \text{ сент.}$$

Гидравлическій подъемникъ съ насосами и аккумуляторомъ— дѣйствуетъ, какъ гидравл. прессъ съ обратнымъ полиспастомъ. Магазинъ, для котораго предназначенъ подъемникъ, имѣетъ 5 этажей и подъемная высота (отъ нижняго до верхняго пола) $= 16$ м. Нужно устроить подъемникъ для наибольшаго полезнаго груза $= 25$ центнеровъ. Удѣльное давленіе въ аккумуляторѣ примемъ 30 атм. Вода накачивается двумя нагнетательными насосами (горизонтальными) простаго дѣйствія,

коих средняя скорость поршней $= 0,30$ м. въ сек.; движеніе ремнемъ отъ настѣннаго привода. Для этого служить паровая переносная машина съ вертикал. трубчатымъ котломъ. Каждое подниманіе должно происходить въ 5 минутъ, изъ коихъ на подъемъ около 1 мин., на опусканіе и остановки около 4 минутъ.

Устройство состоитъ въ главныхъ частяхъ изъ 1) паровой машины; 2) насосовъ 3) аккумулятора; 4) рабочаго цилиндра; 5) подъемной каретки (корзины); 6) водопроводныхъ трубъ: оно должно быть расположено такъ, чтобы происходила постоянная циркуляція одной и той же воды. Нагнет. насосы берутъ воду изъ резервуара; отсюда она идетъ на дѣйствіе въ аккумуляторъ и въ рабочій цилиндръ; изъ послѣдняго возвращается въ резервуаръ. Потеря воды происходитъ только при случайномъ открытіи предохран. клапана.

Рабочій цилиндръ. Ходъ поршня рабочаго цилиндра передается подъемной кареткѣ съ 8 кратнымъ ускореніемъ. Отсюда ходъ H рабочаго поршня при полной высотѣ подниманія въ 16 м. будетъ $H=16:8=2$ м. Назовемъ чрезъ Q поднимаемый грузъ (и сначала пренебрежемъ мертвымъ каретки и каната), то натяженіе въ 1-ой цѣпи будетъ $= Q$. Обозначимъ чрезъ α коэффициентъ тренія цѣпи по блокамъ, охватываемымъ на половину, то получимъ:

$$\begin{aligned} \text{натяженіе во 2-ой цѣпи} &= \alpha Q \\ & > > 3\text{-ой} > &= \alpha^2 Q \\ & > > 4\text{-ой} > &= \alpha^2 Q + \alpha Q = Q_1 \\ \text{Слѣд.} & > > 5\text{-ой} > &= \alpha Q_1 \\ & > > 6\text{-ой} > &= \alpha^2 Q_1 \\ & > > 7\text{-ой} > &= \alpha^3 Q_1 \\ & > > 8\text{-ой} > &= \alpha^4 Q_1 \end{aligned}$$

Давленіе P на рабочій поршень равно суммѣ натяженій цѣпей 5, 6, 7 и 8; слѣдов.

$$\begin{aligned} P &= (\alpha + \alpha^2 + \alpha^3 + \alpha^4) Q_1 = \frac{\alpha^5 - \alpha}{\alpha - 1} Q_1 = \frac{\alpha^5 - \alpha}{\alpha - 1} \alpha (\alpha + 1) Q = \\ &= \frac{\alpha^2 (\alpha^4 - 1) (\alpha + 1)}{\alpha - 1} Q. \end{aligned}$$

Подставимъ $\alpha = 1,08$ и прибавимъ $1,5\%$ на треніе въ сальникѣ; получимъ дѣйствительное давленіе $P = 11,07 Q$. Теоретическое давленіе $P_m = 8 Q$. Отсюда полезное дѣйствіе $\eta = P_m : P_g = 8 : 11,07 = 0,71$.

Для вычисленія размѣровъ рабочаго цилиндра нужно ввести въ вычисленіе мертвый грузъ. Онъ состоитъ изъ вѣса каретки, цѣпи въ 16 м. длиною, поршня рабочаго цилиндра. Примемъ его $L = 900$ klg. Поэтому

$$P = 11,07(Q + L) = 11,07(1250 + 900,5) = 23800,5 \text{ klg.}$$

Такъ какъ удѣльное давленіе въ аккумуляторѣ принято 30 атм. $= 31$ klg на кв. сант., то поперечное сѣченіе поршня рабочаго цилиндра опредѣляется изъ уравненія

$$\frac{\pi d^2}{4} = \frac{P}{p} = \frac{23800,5}{31} = 767,76 \text{ кв. ст.}; \text{ и } d = 31,27 \text{ ст.}$$

При зазорѣ въ 1 ст. на обѣихъ сторонахъ поршня діаметръ цилиндра будетъ $d_1 = 33,27$ ст. и толщина его стѣнокъ $\delta = 0,08 + 0,004 p$. $d_1 = 0,08 + 0,004 \cdot 31 \cdot 33,27 = 4,20$ ст.

Толщина δ_1 звеньевъ цѣпи вычисляется на натяженію 8-ой цѣпи. Оно будетъ

$$S_8 = \alpha^4 Q_1 = \alpha^5 (\alpha + 1) (Q + L) = 6570 \text{ klg} \text{ и } \delta_1 = 0,032 \sqrt{6570} = 2,6 \text{ ст.}$$

Рабочій цилиндръ имѣть арматуру : по одному клапану для входящей и для исходящей воды, предохранительный клапанъ и манометръ. Далѣе имѣется самодействующее приспособленіе для выпуска воды при наивысшемъ допускаемомъ положеніи поршня. Примемъ діаметръ предохранительнаго клапана $d = 1,5$ ст.; давленіе на него будетъ

$$P = \frac{\pi d^2}{4} \cdot p = \frac{3,14 \cdot 1,5^2}{4} \cdot 31 = 54,56 \text{ klg.}$$

Если отношеніе плечъ рычага $= 1 : 7$, то подвѣшиваемый грузъ $=$ около 7 klg.

Аккумуляторъ. Онъ имѣется для того, чтобы нагнет. насосы могли работать непрерывно. Укрѣпленный къ поршню котелъ слѣдуетъ накружить такъ, чтобы проявлялось давленіе 31 klg. на кв. сент. При діаметрѣ поршня D въ 35 сент. съ добавленіемъ 1,5% на треніе въ сальникѣ необходимый вѣсъ $=$

$$G = (\pi D^2 : 4) 31 \cdot 1,015 = 30273 \text{ klg.}$$

Примемъ вѣсъ поршня и котла въ 7000 klg; тогда $30273 - 7000 = 23273$ klg. будетъ добавляемый въ котелъ грузъ.

Для рабочаго цилиндра при наибольшемъ подъемѣ поршня необходимо количество воды

$$\frac{\pi d_1^2}{4} \cdot H = \frac{3,14 \cdot 33,27^2}{4} - 1600 = 174083 \text{ куб. сент.}$$

Такъ какъ чрезъ каждыя 5 минутъ должно происходить одно поднижаніе и изъ того 1 минута на подъемъ и 4 минуты на спускъ и нарузку, то теоретически аккумуляторъ долженъ быть взятъ только въ $\frac{1}{5}$ объема рабочаго цилиндра. Но для надежности пусть его объемъ $= 1,5$ объемамъ рабочаго цилиндра; слѣдов.

$$S = 1,5 \cdot 174083 = 261000 \text{ куб. сент.}$$

Это количество воды при діаметрѣ въ 35 ст. требуетъ подъемъ поршня

$$H_1 = \frac{261000}{\pi \cdot 35^2} = 271,2 \text{ ст.}$$

При аккумуляторѣ находится арматура: Запорный клапанъ въ выходной трубѣ, кранъ для спуска воды, если цилиндръ д. б. опорожненъ, предохранительный клапанъ, манометръ и наконецъ самодействующее приспособленіе, останавливающее насосы, если поршень достигъ наивысшаго положенія, и снова приводящее ихъ въ дѣйствіе, если поршень опускается.

Наметательные насосы. Для наполненія рабочаго цилиндра чрезъ каждые 5 минутъ необходимо 184083 куб. сент. воды слѣд. въ минуту нужно накачивать 34817 куб. сент. Если примемъ полезное дѣйствіе насосовъ въ 75%, то избуравленія $2.0.85.0,5. \pi d_2^2 \cdot v. 60 : 4 = 34817$ получастая діаметры поршня $d_2 = 5,38$ сент. Ходъ поршня

пусть $h=30$ сент. соотвѣтственно длины кривошина 15 сент. Поэтому число оборотов $n=30$ в : $h=30$.

Мы имѣемъ два насоса простаго дѣйствія діаметромъ $d_2=5,38$ сент. конхъ скорость поршня дана чрезъ $v=0,30$ сент. Давленіе въ насосахъ равно давленію въ аккумуляторѣ, плюсъ треніе въ салыни послѣдняго. Всѣ поршня аккумулятора съ котломъ и съ нагрузкой соотвѣтствуетъ давленію 30723 *klg*; при 1,5% на треніе получимъ $30723.1,015=30727$ *klg*. т. е. въ насосахъ господствуетъ давленіе

$$p_1 = 30727 : \frac{\pi D^2}{4} = 30727 : 962,11 = 32,4 \text{ сентм.}$$

Примемъ вредныя сопротивленія въ 15 процентовъ, соотвѣтственно полезному дѣйствію 85%, то необходимая движущая работа.

$$N = \frac{2,0,4.25\pi d_2^2 p_1 v}{75} 1,15 = 3,4 \text{ почти 4 лощ. силы.}$$

Паровая машина. Она высокаго давленія безъ расширенія. Давленіе пара въ котлѣ 3 атм. сверхъ воздушнаго. При скорости поршня 1 м. въ сек. машина будетъ имѣть размѣры: Діаметръ $D=16$, ходъ $s=33,4$ сент. длина кривошина $a=16,7$ сент. число оборотовъ $n=90$. На валу маховика сидитъ шкивъ для ремня діаметромъ 8 сент., отъ него съ отношеніемъ 1:1 передается движеніе къ настѣнному приводу а отъ послѣдняго съ такимъ же отношеніемъ 1:1 (помощію ремней) на промежуточный валь насосовъ. Зубчатые колеса съ отношеніемъ 1:3 передаютъ движеніе коренному валу (съ кривошинами) насосовъ.

ХІІІ. Технологія.

А. Мукомольныя мельницы.

1. Общее.

Вѣсовыя отношенія разныхъ мучныхъ продуктовъ.

Сырцовые продукты.	Вѣсъ куб. м. въ kg.	Количество добываемой муки.		
пшеница . . .	707—809	80 ⁰ / ₀ муки.	18,5 ⁰ / ₀ отрубей.	1,5 ⁰ / ₀ потери.
ржи	685—788	75 ⁰ / ₀ „	23,5 ⁰ / ₀ „	1,5 ⁰ / ₀ „
овса	618—695	83 ⁰ / ₀ „	12 ⁰ / ₀ „	5 ⁰ / ₀ „
ячменя	430—537	99 ⁰ / ₀		1 ⁰ / ₀ „

Т. к. 1 куб. м. = 38,12 четверика, то четверикъ ржи среднего достоинства вѣситъ $700 : 38,12 = 18,36 \text{ kg} = 1 \text{ пуд. } 4,8 \text{ фунта.}$

Второстепенные продукты.	Вѣсъ куб. м. въ kg.	Окончательные продукты.	Вѣсъ 1 куб.м. въ kg.
Отъ пшеницы:	Рыхл. Плотн.	Отъ пшеницы:	Рыхл. Плотн.
пшеничной дробл. . . .	470—550	Крупчатки	410—800
мелкой крупки	350—450	Мелкихъ отрубей . . .	320—600
крупной крупки	550—650	Крупныхъ „	150—400
крупной скорлупы . . .	250—350	Отъ ржи:	
Отъ ржи:		Муки	500—570
мелкой дробл.	560—600	Мелкихъ отрубей . . .	375—440
крупки	500—550	Крупныхъ „	290—350

2. Магазины для зерна.

Бываютъ одноэтажные или т. н. силосовые и многоэтажные. Амры одноэтажные (силосовые) состоятъ изъ одного или нѣсколькихъ ярусовъ другъ надъ другомъ друга находящихся отдѣленій, раздѣленныхъ вертикальными простѣнками, шир. и длин.: отъ 3 до 5 м. и выс.: до 20 м., а также изъ желѣзныхъ цилиндровъ таковыхъ же размѣровъ. Въ первомъ случаѣ закромы (силосы) окружаются наружными стѣнками и закрываются крышею такъ, что получается еще этажъ подъ крышею и чердакъ для снарядовъ, перемѣщающихъ зерно.

Всѣ промежуточные стѣнки должны быть хорошо скрѣплены какъ между собою, такъ и съ окружными стѣнками, и должно быть устройство основано на крѣпкомъ фундаментѣ. Подъ каждымъ рядомъ закромовъ находится винтъ, отъ котораго они отдѣлены задвижками. При отмыканіи задвижекъ все зерно входитъ въ винтъ, который поднимаетъ его къ элеватору; послѣдній передвигаетъ его или въ одинъ изъ закромовъ или прямо для передѣла въ мельницу.

Этажные амбары простыя зданія въ нѣсколько (4 до 6) этажнаго
высотой въ 3 м. Зерно поднимается элеваторомъ на чердакъ и тамъ
сыпается тамъ равномерно посредствомъ винтовыхъ раздѣлителей.
Отсюда оно падаетъ въ видѣ дождя, чрезъ отверстія въ полу-диаметр
50 мм. въ разстояніи 1 до 1,5 м. другъ отъ друга, которыя зашито
раются задвижками, въ ближней подъ чердакомъ этажъ, причѣмъ
него дѣйствуетъ тяга воздуха. Это повторяется до нижняго этажа

откуда сборочные винты, находящіеся въ подвалѣ, приносятъ
къ элеватору, который или вторично его подымаетъ на чердакъ
ведетъ для переработки. Разсыпка въ этажахъ толщиной до 2 м.

Вентиляція чистымъ сухимъ воздухомъ посредствомъ соотвѣ
ствующихъ отверстій, легче всего ставнями, которые можно запереть
при сырой погодѣ, есть главное условіе. Такъ какъ вентиляція
легче устроить въ этажныхъ, чѣмъ въ силовыхъ амбарахъ, то
заслуживаютъ полного предпочтенія предъ послѣдними.

3. Очищеніе зерна.

а) *Ситовыя приспособленія* сортируютъ крупныя и мелкія неч
стоты, а также зерна между собою по величинѣ ихъ (по объему).

Для обтяжки ситъ употребляются:

- 1) для очистки отъ пыли, проволочная ткань № 14 до 16.
- 2) для отдѣленія зеренъ отъ крупныхъ нечистотъ № 4 до 6.
- 3) " " мелкихъ и крупныхъ зеренъ № 10 до 12.

Плоскимъ сотрясающимся ситамъ даютъ наклонъ $\frac{1}{16}$ до $\frac{1}{12}$ длин
и 200 до 250 двойныхъ ходовъ въ минуту. По Вибе для просѣва
въ часъ 100 *kg* зерна требуется около 0,4 кв. м. грубаго или око
0,5 кв. м. мелкаго сита (чрезъ которое должно проходить мелк
сѣмя) при 100 двойныхъ ходахъ въ минуту и нахожденіи зерна
ситъ 24 секунды. Расходъ силы около $\frac{1}{16}$ *l PS*, гдѣ *l* обозн
чаетъ длину сита въ м.

Цилиндрическія сита обыкновенно 6 гранныя, діаметромъ въ
до 1 м. и длин.: 2 до 3 м. Окружная скорость около 1,2 м., такъ
что онѣ дѣлаютъ отъ 25 до 36 оборотовъ въ минуту. Вращающіеся
барабаны, обтянутые на передней половинѣ проволочною тканью
№ 14 (пропускающей только пыль) на второй № 6, требуютъ
просѣва 100 *kg*. зерна въ часъ 0,125 до 0,14 кв. м. поверхности
сита. Расходъ силы для барабанныхъ ситъ: для мелкаго сита = $\frac{Q}{2570}$

PS, для грубаго около половины, если *Q* обозначаетъ количест
просѣва въ 1 часъ въ *kg*., *l* длину барабана и $\frac{1}{n}$ наклонъ барабана

в) *Вьялка, Аспираторъ* или Тагаге отдѣляетъ нечистоты отъ
зерна по удѣльному вѣсу. Зерно подвергается, падая внизъ шир
кимъ, возможно тонкимъ слоемъ, одинъ или нѣсколько разъ дѣйстви
всасывающей, перпендикулярно перекрещивающей, струи воздух
струя послѣ дѣйствія, прежде чѣмъ достигнетъ до эксгаустора, пр
ходитъ чрезъ широкое закрытое пространство, въ которомъ от
гаются нечистоты, вытянутыя вмѣстѣ съ нею.

Эксгаусторъ имѣетъ лопатки діам.: 0,6 до 0,7 м., шир.: 250
300 мм., при 400—500 оборотовъ въ минуту и вдуваетъ въ камеру

для пыли. Всаиваемая струя воздуха уравнивается задвижками или лапанами. Производительность въ 1 часъ асираторовъ съ одиночнымъ дѣйствіемъ на ширину слоя зерна въ 1 м., 800 *kg.*, при 3-номъ дѣйствіи 1,200 *kg.* Расходъ силы около $\frac{1}{4}$ лш. Часто снабжаютъ асираторъ однимъ грубымъ и однимъ мелкимъ сотрясающимъ ситомъ, чрезъ которые зерно проходитъ предварительно.

с) *Триеръ*—или машина для выборки сѣмянъ сорныхъ травъ удаляетъ шарообразныя сѣмена, которыя, будучи одинаковой величины съ зерномъ, не удаляются ситами. Зерно падаетъ въ цилиндръ изъ листового цинка діам.: 0,315 до 0,6 м., длин. 1,2 до 2,4 м. (вращающійся вокругъ неподвижной оси) въ которомъ находятся плотно одна возлѣ другой ямочки діам. 4 мм., глуб. 3 мм. Въ этихъ ямочкахъ укладываются зерна или вгоняются въ нихъ посредствомъ придѣланныхъ кожаныхъ полосокъ. Хорошія (не раздробленныя) хлѣбныя зерна выступаютъ изъ этихъ ямочекъ и при поворачиваніи цилиндра скорѣе выпадаютъ чѣмъ круглыя маленькія зерна, какъ напр. сѣмена вики, полевого горошка, куколь и проч., которыя вполне помѣщаются въ нихъ. Сѣмена сорныхъ травъ падаютъ потомъ въ корытце, укрѣпленное къ неподвижной оси и выводятся изъ него помощью винта. Чтобы зерно двигалось къ выходу, цилиндръ имѣетъ наклонъ въ 10° . Окружная скорость цилиндра около 0,3 м. На очистку въ часъ 100 *kg.* зерна требуется поверхность цилиндра въ 0,4 до 0,5 кв. м. при расходѣ силы въ $\frac{1}{30}$ до $\frac{1}{40}$ лш. с. и $\frac{1}{20}$ лш. с. для преодоленія тренія въ машинѣ. Самые употреб. размѣры Триерныхъ цилиндровъ: діам. 420 мм., длина 1740 мм.; такой цилиндръ перерабатываетъ въ часъ 500 *kg.* Если производство больше, то ставятъ нѣсколько цилиндровъ рядомъ. Цилиндры снабжаются часто лѣстничными или ступенчатými ситами на $\frac{1}{3}$ длины, вентиляціею и однимъ плоскимъ сотряс. ситомъ для крупныхъ нечистотъ.

д) *Обивной или мушльный поставъ*. Для этого употребляются обыкновенныя мельничныя поставы, только жернова ставятся далеко другъ отъ друга, чтобы онѣ срывали только шелуху (оболочки), часть зародыша и опушенную часть зерна; для этой цѣли жернова должны быть песчаниковые съ острой, рвущей поверхностью; они имѣютъ діам.: 0,8 до 1,4 м. и скорость на окружности въ 10 до 13 м. въ секунду. Иногда даютъ жерновамъ коническую форму, а именно, верхнему камню форму полного усѣченного конуса а нижнему соотвѣтствующую углубленную форму, такъ что зерна, проходя сперва по горизонтальной площади, должны потомъ подниматься вслѣдствіе центробѣжной силы по поверхности конуса, что увеличиваетъ время нахожденія ихъ между жерновами и такимъ образомъ можетъ работать какъ верхній, такъ и нижній камень. Далѣе можно заставить работать наружную поверхность и тогда окружаютъ жерновъ теркообразною стѣнкою, на разстояніи 20 до 25 мм.; для лущенія въ 1 часъ 100 *kg.* зерна требуется поверхность терки въ 0,125—0,15 кв. м.

Бѣгунъ всегда соединяется съ веретеномъ помощью неподвижной *параллели*. Для лущенія употребляются иногда вертикальныя поставы. Обыкновенный лущильный поставъ при жерновахъ діам. въ

1 м. и 200 оборот. въ мин. очищаетъ въ часъ 1000 до 1250 *kg* зерна.

Послѣ обивнаго постава зерно пропускается черезъ вращающійся барабанъ, обтянутый проволоочною тканью № 14 до 16, посредствомъ котораго удаляются пыль и содранныя оболочки; часто достигается это и эксгаустеромъ, соединеннымъ съ лущильнымъ поставомъ, тогда оболочки отсасываются уже во время этой обработки.

е) *Очищительныя машины или чистилки.* Принципъ основывается на сильномъ треніи зеренъ между собою и объ гладкія или острѣ шероховатыя поверхности, причемъ стираются приставшая грязь а также отпавшія частички скорлупы и достигается глаженіе скорлупы.

Зерно бросается посредствомъ планокъ, кулаковъ, крыльевъ и т. д. укрѣпленныхъ къ вращающейся оси, на окружающую его рубашку изъ листовой стали, снабженную прорѣзами и дырами, или изъ минеральныхъ составныхъ частей, которая въ свою очередь снабжается наружною рубашкою для задержанія пыли. Промежутокъ между 2 рубашками сообщается съ сильно дѣйствующимъ эксгаустеромъ (соединеннымъ съ машиною) который присасываетъ нечистоты, стертые и протиснутыя черезъ разрѣзы. Очищенные зерна, оставая машину, вторично выставляются дѣйствию эксгаустера и очищаются отъ находящихся между ними ростковъ. Также удобно отсасывать зерна до входа въ очистительную машину. Отсосанныя грязныя частицы проходятъ, недоходя эксгаустера, широкое пространство, такъ называемый отдѣляющій приборъ, въ которомъ осаживаются тяжелыя примѣси и выходятъ черезъ самодѣйствующіе клапаны, между тѣмъ какъ легкія частички выгоняются въ камеру для пыли.

Машины эти строятся большею частью вертикально, рѣдко горизонтально. Во избѣжаніе слишкомъ скорого выпаденія зеренъ въ вертикаль. машинахъ, придѣланы внутри листового цилиндра кольца полукруглаго попер. сѣченія діам. въ 13 мм. на разстояніи 60 до 150 мм. другъ отъ друга; кромѣ того ударныя планки ставятся съ уклономъ къ падающимъ зернамъ. Въ гориз. маш. ударныя планки должны имѣть уклонъ въ 10 до 15° къ оси отъ входа къ выходу, дабы они гнали зерно къ выходу. Длина ударнаго барабана при мал. машинахъ почти равна діаметру, при больш. до 1,5 діаметра. Скорость его окружн. 17,5 до 22,5 м. въ сек. и промежутокъ между ударн. палками и рубашкою 15 до 20 мм. Для очистки въ часъ 100 *kg*. зерна требуется поверхность цилиндра въ 0,1 кв. м. при расходѣ силы въ 0,25 лш.

г. *Щеточныя машины* очищаютъ зерно отъ пыли даже въ бороздкахъ. Они устроены также какъ и чистилки, вмѣсто ударнаго барабана устроенъ въ машинѣ щеточный цилиндръ изъ щетины или изъ тростника. Вслѣдствіе стиранія щеткою окружающій цилиндръ долженъ быть стягиваемый, дабы можно было уменьшать промежутокъ между нимъ и щеточнымъ цилиндромъ.

г. *Магнитныя очистительныя аппараты* освобождаютъ зерно отъ желѣзныхъ частицъ; система подковообразныхъ магнитовъ укрѣпляется въ наклоненной подъ 40° плоскости; зерно скатывается, а частицы желѣза задерживаются магнитами и время отъ времени очищаются руками.

h. *Камнеторные машины* основаны или на принципѣ, что при тряскѣ на наклонной плоскости, тяжелыя части идутъ къ нижнему и легкія къ верхнему концу, чѣмъ и достигается отдѣленіе зернъ; или на принципѣ отдѣленія зернъ по удѣльному вѣсу посредствомъ сильной струи воздуха, которая сдуваетъ зерна и пропускаетъ камни.

i. *Вообще существуетъ правило*, что отдѣленіе нечистотъ по величинѣ и по удѣльному вѣсу, предшествуетъ лущенію зеренъ и чтобы непосредственно послѣ этого во время переработки, отдѣляющей пыль и высквкы, эти послѣдніе удалялись посредствомъ аспираторовъ или ситъ.

Необходимую камеру для пыли надо такъ устроить, чтобы надъ нею не находилось какое либо другое помѣщеніе, слѣдовательно удобнѣе всего для этого чердакъ надъ очистительною. Она должна быть какъ можно обширнѣе и объемъ ея не ме-

25 куб. м. на каждый вдувающий въ нее эксхаусторъ. Въ приводныхъ трубахъ избѣгать суженія и крутя колѣна. Вытяжные трубы какъ можно выше крышъ попер. сѣченіе ихъ по кр. мѣрѣ вдвое болѣе суммы сѣченій приводныхъ трубъ.

Порядокъ операций при рациональной очисткѣ слѣдующая:

Отдѣленіе нечистотъ по величинѣ посредствомъ мелкихъ и крупныхъ ситъ.

По удѣльному вѣсу посредствомъ аспираторовъ и камнеотборныхъ машинъ.

По виду посредствомъ тріеровъ.

Лущеніе зеренъ посредствомъ обивныхъ поставовъ съ обивными цилиндрами (пшеницы не необходимы).

Стираніе и сглаженіе зеренъ посредствомъ очистительныхъ или щеточныхъ машинъ. Для отдѣленія ростковъ, еще не отдѣленныхъ эксхаусторомъ, удобно достигнута это посредствомъ тонкаго сита (№ 16 и 17). Послѣ этого зерно должно пройти магнетическій очистительный аппаратъ, особенно при вальцовыхъ мельницахъ.

Омѣшченія для всѣхъ этихъ машинъ, должны быть, если для нихъ не существуетъ отдѣльный корпусъ, отдѣлены отъ самой мельницы плотными деревянными досками, дабы пыль не проходила.

4. Размалываніе зерна.

а) Мельничный поставъ размалываетъ зерно посредствомъ жернова. Песчаниковые жернова употребляются рѣдко, но почти всегда французскіе, составленные изъ нѣсколькихъ обтесанныхъ кусковъ камня кварцевой породы. Обыкновенные размѣры: діам. 1,1 до 1,5 м., бѣ толщиною 350 до 400 мм. съ ячеею діам. 300 до 350 мм., нижнякъ толщ.: 250 до 300 мм. съ ячеею, діам. которой 250 до 300 мм. Горизонтальное положеніе мелющей площади обыкновенное, но употребляются вертикальные поставы. При горизонт. устройствѣ верхній жерновъ вертится, а нижній не двигается; наоборотъ двигается рѣдко, хотя выгоднѣе относительно качества муки.

Нижнякъ обнимается *хомутомъ или рамою*, которая дѣлается изъ дерева и тѣми прикрѣплена къ полу; она немного ниже нижняка и состоитъ изъ 4 до 5 продольныхъ между собою досокъ. Промежутокъ въ 10 до 20 мм. между хомутомъ и нижнякомъ, необходимый для центрированія, плотно закрывается деревяннымъ дощомъ толщ. 25 мм., которое вмѣстѣ съ хомутомъ образуетъ пазъ для обичайки. Деревянные хомуты или поддоны для жернововъ прикрѣпляются къ полу или соединяются чугунными подмостками. Ихъ внутренній діаметръ на 150 мм. болѣе жернова и пазъ для закрыванія вставляется деревянное кольцо, примыкающее къ нижняку, сдѣланное изъ 3 до 4 слоевъ досокъ съ пазомъ для обичайки. Нижнякъ долженъ быть на 40 мм. выше уплотительнаго кольца; горизонтальная его постановка достигается посредствомъ 3 болтовъ, пропущенныхъ сквозъ дно хомута или при дѣланіи хомутахъ сквозъ балки или особо для этого вставленные подкладки; центръ этихъ вертикальныхъ болтовъ 25 до 30 мм. съ двойными гайками. Для центрированія нижняка находятся пропущенные сквозъ вертик. стѣнки хомута 4 болта діамомъ 25 мм.; при деревян. хомутахъ центрируютъ посредствомъ клинчьевъ. *Обичайка или кожухъ* деревянный изъ досокъ толщиною 25 мм. связанныхъ железными обручами, или же изъ листового желѣза толщиною въ 2 мм. съ деревян. крышей. Промежутокъ между обичайкой и бѣгуномъ въ 70 а 0,0 мм.

Всасывающая труба идетъ сквозъ хомутъ съ уклономъ не болѣе 60 т. вверху шир. 60 до 80 мм. длиною около 200 мм. и расширяется ниже хомута. Какъ возможно отъ пола должно быть пробное отверстіе, запирающееся посредствомъ шиба. Для облегченія выхода муки, прикрѣпляется винтами къ нижнесму кольцу на передвѣжное крыло.

Постановка бѣгуна должна быть такая, чтобы мельнику легко было поднять и опустить его. Это дѣлается помощью особаго механизма, который дѣйствуетъ подънятникомъ веретена либо посредствомъ одноплечаго рычага въ соединеніи винтомъ и маховичкомъ или посредствомъ винта съ червячнымъ колесомъ (съ гайкой), и съ червякомъ и допускаемъ вертикальную перестановку бѣгуна по крайней мѣрѣ на 80 мм., смотря по стиранию жернова; механизмъ не долженъ допускать самопроизвольное ослабленіе частей своихъ вслѣдствіе сотряса-

Веретено толщиной 70 до 100 мм. Для укрѣпленія шипа канон на нижнемъ концѣ веретена высверлина коническая дыра 80 мм. диаметра, соответствующая верхней части шипа. *Шипъ* пяти дѣлъ изъ закаленной литой стали и имѣть діаметръ 40—50 мм. Цилиндрическая часть шипа внѣ вала длиною около 80 мм. Нижняя шаровая поверхность или плоская, или немного выпуклая. Втулка подшипника растачивается соответственно пяткѣ и состоитъ изъ краѣвой мѣди съ вставленнымъ въ нее стальнымъ кружкомъ, изъ фосфористой бронзы или же изъ колокольной мѣди. Она вставляется въ чугунную цилиндрическую стойку, которая на 20 мм. выше втулки пятки съ чашечкой для помѣщенія смазочнаго матеріала и кверху расширяется. Стойка передвигается вверхъ и внизъ въ чугунной направляющей втулкѣ посредствомъ приспособленія для установки жернова; направляющая втулку можно передвигать посредствомъ 4 винтовъ для центровки жернова горизонтально.

Соединеніе бѣгуна съ веретеномъ производится помощью *параплиты*, для надѣванія которой веретено сверху на длинѣ около 100 мм. заточено на конусъ. Подвижныя или висячія параплиты, которыя всегда допускаютъ горизонтальное положеніе бѣгуна, слѣдуетъ считать неподвижнымъ и особенно хороши по простотѣ своей (шайки) образныя параплиты, (Вибе). Насаженная на конусъ веретена средняя параплита лучше всего дѣлается желѣзная. Придѣланные къ ней, одно за другимъ, противъ другаго лежащіе шипы, для принятія полого полушарія передвигаются по конусу веретена. Шипы имѣютъ діаметръ 40 мм. Полушаріе имѣетъ (соответственно этимъ діаметрамъ шиповъ) 2 выемки и перпендикулярно къ ихъ оси, на одной горизонт. плоскости, два наружные заплечика съ выступами, имѣющими діаметръ 40 мм. діаметромъ, которые входятъ въ гнѣзда баббейнаго муфта задѣланныхъ наглухо въ ячею бѣгуна. Верхній шейный подшипникъ бѣгуна образуется *кружловиною*, въ которой находятся 3, клиновидныя передвигаемые, вкладыши изъ бакаута или мѣди, а между ними прорезаны канавки для смазочнаго матеріала. Вслѣдствіе сильнаго изнашенія подшипниковъ надѣваютъ (въ хорошихъ конструкціяхъ) на веретено прокладку кружловины чугунную втулку, толщина стѣнокъ которой 10 мм. и на этомъ веретено обтачивается въ этомъ мѣстѣ на 5 мм. тоньше, чѣмъ бѣгунъ.

При движеніи *зубчатыми колесами* употребляются колеса съ деревянными зубцами, шагъ коихъ 40—55 мм. и для коническихъ колесъ рекомендуются зубцы, вычерченные по развертывающей. Слѣпленіе и шлифовка производится чрезъ поднятіе шестерни посредствомъ чашки; съ этою цѣлю на веретено накладываютъ чугунный конусъ, шипа стѣнокъ котораго 40 до 50 мм., съ внутренней пружиной, которая шестерня снимается легко. Рѣже употребляются фрикціонныя муфты. При передачѣ движенія ремнями шкивы должны быть возможно больше: 1,2 до 1,5 м. діаметромъ; смотря по производству шкива ширина ремня 160 до 250 мм. Пусканіе въ ходъ и остановка происходитъ здѣсь посредствомъ натяжнаго блока и можетъ быть сдѣлано на полномъ ходѣ.

Самое удобное и цѣлесообразное *расположеніе постановки* для большихъ мельницъ установка рядами и тогда лучше всего передаточное движеніе отъ одного горизонт. вала посредствомъ коническихъ колесъ или полускрещенныхъ ремней съ направляющими шкивами.

шпингалетки группами употребляется вертикальный валъ съ 80 шестыми цилиндрическими колесами или съ барабаномъ для ремней.

Подведение зерна дѣлается лучше всего съ помощью *центробѣжнаго* шибора, состоящаго изъ распределительной чашечки, укрепленной на параллельныхъ или къ продолженію веретена; къ чашечкѣ подходит вертикальной передвижной трубы (въ 120 мм. діам.), называемой чашечкой въ подвижномъ или гибкомъ соединеніи съ насыпной воронкой. Лучше всего поставить распределительную тарелку въ уровнѣ чашечки, чтобы можно слѣдить за присыпкою. Въ отверстіе обичайки вставляется тогда воронка для проведенія зерна внизъ къ ячѣѣ.

Вентиляція поставовъ лучше всего посредствомъ аспираторовъ въ центробѣжнаго давленія. Эксхаусторъ всасываетъ струю воздуха сквозь ячею шибора въ пространство между мелющими поверхностями, а для задержанія частичекъ муки, вышедшихъ вмѣстѣ съ воздухомъ, онъ пропускаетъ черезъ фланель (2,5 до 3 кв. м.), протянутую зигзагообразно до 100 обичайкъ надъ бѣгуномъ. Чтобы вытягиваемый воздухъ направлялся черезъ ячею бѣгуна въ пространство между мелющими поверхностями, необходимо, чтобы промежутокъ между крышей кожуха (обшивкой шибора) и бѣгуномъ былъ непроницаемъ для воздуха; этого достигаютъ посредствомъ 2 прилегающихъ другъ къ другу колецъ, изъ которыхъ одно залито въ бѣгунъ, а другое прикрѣплено къ крышкѣ обичайки парящимъ посредствомъ кожаного воротника; въ спускной для муки трубѣ находится самодействующій запорный клапанъ. Чтобы избѣжать образования клейстера кожухъ (или обичайка) снабжается изолирующимъ слоемъ, а именно они обшиваются войлокомъ: желѣзные — толщиною 10 мм. и деревянные — толщиною 15 мм. на который нашивается одностороннее желѣзо, толщиною 0,5 мм., также обшиваются части трубъ, входящія выше поставовъ. Фланель должна быть разрезана каждые 10 до 15 мин. очищаться посредствомъ встряхиванія отъ пыли, запирающей скважины при непрерывномъ дѣйствіи эксхаустора, съ какою цѣлью къ обручу для натяжки фланели прибиваются штифты, проходящіе черезъ стѣнку обичайки и во всасывающей трубѣ вставленъ вращающійся клапанъ. Выбиваніе пыли дѣлается отъ обичайки или посредствомъ особенно для этого устроенныхъ самодействующихъ аппаратовъ.

Поперечное сѣченіе воздухопроводныхъ трубъ изъ листового цинка 12 до 14 отъ поставовъ къ эксхаустору для одного постава 150 кв. ст. и для каждого слѣдующаго еще 100 кв. ст. Самое лучшее раздѣленіе воздуха въ обичайкѣ смотря по производительности постава 40 до 100 мм. столба воды.

Расходъ силы хорош. эксхаусторовъ на каждый поставъ около 1 л. с.; зато экономія силы вслѣдствіе аспираціи при одинаковой производительности поставовъ около 20%. Вентиляція допускаетъ еще увеличеніе производительности постава при сравнительно уменьшеніи увеличенія движущей силы, которая при жерновахъ діам.: 1,4 м. можетъ быть увеличена до 25 лощ. силъ.

Скорость на окружности бѣгуна = $8,5$ до $9,5$ м. въ сек. и слѣдуетъ брать для крупы и простаго помола (Flachmüllerei) первую, для кончат. выдѣлки муки и для повторительнаго или крупчатнаго помола (Hochmüllerei) вторую.

Расходъ силы для мельничныхъ поставовъ по Вибе.

Для перемалыванія 100 <i>kg</i> въ часъ.	Въ лош. силахъ. безъ съ вентиляціею.	
П ш е н и ц а :		
При простомъ помолѣ (т. е. въ одинъ приѣмъ) .	3,77	2,8
Со смалываніемъ первой крупки (въ 2 приѣма).	4,44	3,33
” ” первой и второй ” (” 3 ”).	5,00	3,77
Р о ж ь :		
При простомъ помолѣ (въ 1 приѣмъ)	3,85	2,85
” двухъ перемолахъ (” 2 ”)	6,48	4,76
” трехъ ” (” 3 ”)	8,00	6,00
” четырехъ ” (” 4 ”)	8,7	6,66

На 1 поставъ прибавляется еще по $\frac{1}{3}$ до $\frac{1}{4}$ лош. силы на треніе

б. Вальцовыя мельницы.

Гладкіе валы съ одинаковой окружной скоростью употребляютъ главнымъ образомъ для предварительнаго расплющиванія зерна, такъ какъ они раскрываютъ зерна, чѣмъ уменьшается работа поставъ и уменьшается растираніе наружной оболочки.

При этомъ отдѣляются крупя ростковъ и грязная мука, которые удаляются ситами № 25 и 18, дабы они не проникли въ хорошей муке. Одинъ валъ въ не подвижныхъ подшипникахъ приводится въ движеніе а другой въ подвижныхъ подшипникахъ двигается треніемъ объ первый. Необходимое для этого нажатіе или гибкое и производится тогда винтами, или оно гибкое и производится тогда пружинами или противовѣсами, такъ что валъ возвращается въ первоначальное свое положеніе, если онъ отдалился отъ другаго, вслѣдствіе проходившихъ вмѣстѣ съ зерномъ твердыхъ тѣлъ (самодѣйствующее нажатіе). Въ послѣднемъ случаѣ надо сдѣлать нажатіе измѣняемымъ посредствомъ натяженія пружинъ или передвиженія груза на рычагѣ. Далѣе разстояніе между валами должно быть вездѣ одинаковое и измѣняемое, для чего подшипники подвижнаго вала дѣлаются параллельно передвижнымъ или вращающимся во кругъ неподвижной оси; перестановка должна быть произведена легко и точно, помощью простаго механизма безъ самопроизвольнаго ослабленія вслѣдствіе сотрасеній. Впускъ зерна долженъ точно регулироваться задвижками и долженъ происходить какъ можно равномернѣе по всей длинѣ валовъ, что достигается легче всего посредствомъ желобчатыхъ питающихъ валиковъ. Подъ валами устроены скребки, прижимаемые противовѣсами и очищающіе валы отъ прилипшей муки.

Вальцы изготовляются изъ твердаго чугуна; діаметръ двигающаго вала 220 до 450 mm. при длинѣ въ 300—600 mm. Діаметръ двигаемаго вала $\frac{2}{3}$ діаметра перваго. Оба вальца устроиваются также въ видѣ шкивовъ діаметромъ 800 mm. шир. 130 mm. съ крѣпкимъ ободомъ; это имѣетъ то преимущество, что зерно раздѣляется равнѣе по всей ширинѣ вальца и втягивается легче.

Для раздавливанія 100 kg. зерна требуется вальцовая поверхность въ 300 до 400 кв. м.; число оборотовъ допускается до 300 въ мин. при хорошо устроенныхъ подшипникахъ. Расходъ силы на 100 kg. расплющенного зерна въ часъ 0,25 до 0,3 л. с.

Гладкіе валы съ дифференціальною скоростью употребляются для раздробленія и размалыванія пшеничной крупки на мелкую крупку.

Для этой цѣли рекомендуется матеріалъ нѣсколько пористый и на ровнѣ съ неподвиженнымъ зеркальнымъ чугуномъ употребляется съ выгодною фарфоръ. Фарфоровый цилиндръ (толщина стѣнокъ около 50 *mm.*) заливъ сѣрою между двумя ружками, наклоненными на одной оси и зажимающими цилиндръ посредствомъ двухъ сквозныхъ винтовъ параллельныхъ оси. Одинъ изъ валовъ съ неподвижными подшипниками приводится въ движеніе, второй одинаковыхъ размѣровъ двигается посредствомъ зубчатыхъ колесъ съ передачею 19 къ 21. Нажатіе вальцевъ самодействующее, какъ у прежде описанныхъ, и должно быть легко уничтожаемое посредствомъ какого либо простаго механизма, за то разстояніе между обѣими валами не должно быть измѣняемое, ибо валы скользятъ другъ надъ другомъ. Такъ какъ при этихъ вальцахъ нажиманіе должно быть очень сильное, то подшипники, собы они не горѣли, снабжаются хорошими приспособленіями для смазки и подшипники прижатого вала должны быть подвижны во всѣ стороны дабы избѣгать атаваніе втулокъ вслѣдствіе односторонняго нажатія вала. Подведеніе зерна и скребъ какъ упржеи конструкии.

Вальцамъ изъ зеркальнаго чугуна дается діам.: 220 до 250 *mm.* при длинѣ въ 300 съ 500 *mm.* и становятся обыкновенно 2 пары валовъ въ одномъ поставѣ, изъ нихъ оба внутренніе вала съ неподвижными подшипниками; одинъ изъ нихъ приводится въ движеніе и вигааетъ остальные посредствомъ зубчатыхъ колесъ. Фарфоровымъ аламъ даютъ діам.: 350 *mm.* длин: 400 *mm.* и ставятъ только 1 ару въ 1 поставѣ.

Скорость быстроходныхъ, ведущихъ валовъ 200 оборотовъ въ мин. производство въ часъ 150 до 300 *kg* при расходѣ силы въ 2 до 10 лш. сил.

Вамъ съ рифелями употребляются для перемола зерна на крупу для измельченія крупы (особенно ржаной крупы).

Рифеля имѣютъ попер. сѣченіе, похожее на зубцы пилы; для болѣе ровнаго хода для того, чтобъ рифели двухъ вальцевъ дѣйствовали на подобіе ножницъ, они имѣютъ незначительное спиральное искривленіе подъ угломъ въ 10 до 20° къ оси именно у обохъ валовъ по одному и тому же направленію. Ширина рифелей для разныхъ помоловъ на крупу 3 до 1 *mm.* и для измельченія крупъ 1 до 0,4 *mm.* Глубина ихъ равна половинѣ ширины. Или оба вала двигаются отъ привода одновременно при передачѣ ремнями, или приводится въ движеніе только одинъ быстроходный, тогда какъ другой двигается отъ него посредствомъ зубчат. колесъ. Быстроходный валъ всегда съ неподвижными подшипниками, между тѣмъ какъ другой съ подвижными подшипниками прижимается посредствомъ пружинъ или провировсовъ съ большими рычагами. Прижиманіе должно быть самодействующее и измѣняемое и разстояніе между обѣими вальцами на всѣхъ мѣстахъ совершенно одинаковое и легко измѣняемое.

Впускъ зерна и скребки какъ у первой конструкии.

Вальцы приготавливаются изъ зеркальнаго чугуна равномерной плотности; діаметръ ихъ, если одна пара въ ставкѣ 400—450 *mm.*, длина 600—700 *mm.*; при 2 парныхъ станкахъ діаметръ 220—250 *mm.* при длинѣ 300—500 *mm.*; обыкновенно парно работающіе валы имѣютъ одинаковые размѣры.

Скорость на окружности должна быть $\leq$ скорости подведенія зерна и даютъ быстроходному валу 240 до 250 оборотовъ въ мин. Дифференціальная скорость для пшеничныхъ зеренъ 1:3, для ржаныхъ до 1:5; а при размалываніи скорлупъ значительно болѣе. Часовая производительность одного постава смотря по его величинѣ для помола на крупу 750 до 1500 *kg.*, для размолла крупы 250 до 400 *kg.*; расходъ силы 4 до 10 лш. силъ, соотвѣтственно 2 до 3 лш. с.

При помолѣ зерна на крупу, цѣлесообразно подвергать его по выходѣ съ вальцоваго постава, аспираціи въ томъ же родѣ какъ у простыхъ мельничныхъ поставовъ.

с. *Дезинтеграторы или метательные мельницы* производят дробление зерна посредством метанія и могут быть употреблены для размолу всякаго рода зеренъ, особенно выгодны для снятія шелухи. Выгодно передъ этимъ расплющить зерна на гладкихъ валахъ съ одинаковою скоростью.

Въ дезинтеграторахъ двигаются въ противоположныя стороны 2 круга или диски съ ударными штифтами около общей геометрической оси; въ такъ называемыхъ дизембраторахъ одинъ кругъ стоитъ неподвижно, другой движется. Зерно падаетъ между дисковъ по срединѣ, разбивается штифтами и выходитъ у окружныхъ круговъ.

Ударные штифты дѣлаются изъ литой стали, 8 до 10 mm. діам. и вклепаны въ 3 до 4 концентрическихъ рядахъ въ чугунные круги, наружная длина ихъ 30 до 40 mm. Чтобы между штифтами обоихъ кружковъ не образовался вредный промежутокъ, то концы ихъ ходятъ въ углубленіяхъ, (глуб: 4 до 5 mm. и шир. 12 до 15 mm.) проточенныхъ въ кругахъ. Ряды штифтиковъ одного диска стоятъ на 40—60 mm. такое же разстояніе штифтиковъ въ ряду другъ отъ друга. Ряды штифтиковъ попеременно принадлежатъ тому то другому диску и разстояніе 2 рядовъ, работающихъ вмѣстѣ 15 до 20 mm.

Диски бывають на вѣсу, если движутся оба; если же движется только одинъ, то имѣють подшипники по обѣимъ сторонамъ, они должны быть хорошо укреплены на осяхъ изъ литой стали, и вѣрно сбалансированы (т. е. центрированы). На хорошіе подшипники слѣдуетъ обратить особое вниманіе, и позаботиться о правильномъ подведеніи смазки. Длину подшипниковъ нужно дѣлать въ 6 до 8 разъ болѣе діаметра вала. Все слѣдуетъ монтировать на чугунной фундаментной плитѣ, а диски закрывать кожухомъ, который по срединѣ имѣетъ отверстіе для впуска воздуха и внизу для выхода.

Дезинтеграторы строятся діаметромъ дисковъ въ 0,6 до 1 m. производительности въ часъ 700 до 2000 kg. Скорость на окружности дисковъ, если они движутся оба, около 50 м, если движется только одинъ, около 100 м. въ сек. Расходъ силы на 100 kg. въ часъ около 1 лш. силы.

Здѣсь также можно рекомендовать провѣиваніе помола, по выходу его изъ машины.

5. Простѣиваніе помола.

(Сортированіе или пеклеваніе).

а. *Простѣивальный барабанъ* (мучной цилиндръ) обыкновенно 6—8-граннаго попер. сѣченія діам: 860 до 1000 mm., длин: 2,2 до 7,3 m. Наклонъ цилиндра къ выходу $\frac{1}{2}$ до $\frac{1}{16}$ длины, и полезно сдѣлать его переменнымъ. Цилиндръ состоитъ изъ деревяннаго остова, оббитаго шелковою тканью, и окружается ящикомъ къ которому въ концахъ придѣланы подшипники для оси цилиндра, на продольныхъ сторонахъ его имѣются дверцы; подъ нимъ воронки для мѣшковъ или корыто съ винтовымъ транспортеромъ, который передвигаетъ простѣиванный продуктъ къ трубамъ для впуска въ мѣшки или лари.

При простомъ помолѣ употребляется только 1 длинный цилиндръ, въ которомъ вблизи входа простѣиваются самыя мелкіе, а потомъ рядъ все болѣе и болѣе крупныхъ продуктовъ; при повторительномъ помолѣ напротивъ употребляются, для сѣвренія тонкой шелковой ткани, нѣсколько коротенькихъ цилиндровъ и отдѣляются сперва на такъ называем. крупчатомъ цилиндрѣ дробь или скорлупки; проходившіе же сѣвровъ сѣважинки отдѣляются потомъ на мучномъ цилиндрѣ.

По Вибе на 100 *klg.* размалываемаго въ часть зерна требуется:

1) При простомъ помолѣ пшеницы максимумъ: 22 кв. м. поверхности ситъ; изъ нихъ считаютъ 50% для отдѣленія муки отъ дробы, обтянутыхъ шелковою тканью № 11.

25% для отдѣленія крупокъ и мелкихъ отрубей отъ дробы, изъ него 20% шелковой ткани № 5 и 5% съ № 00.

14% для отдѣленія муки отъ крупки № 1 обтянутыхъ шелковою тканью № 11 и № 9.

11% для отдѣленія муки отъ крупки № 2 обтянутыхъ шелков. тканью № 11 и № 9.

При непрерывномъ помолѣ для обоихъ послѣднихъ сортовъ слѣдуетъ устроить отдѣльный маленькій цилиндръ для просѣянія муки, образовавшейся при помолѣ на крупку.

2) При повторительномъ помолѣ пшеницы около 15 кв. м. поверхности ситъ.

3) При помолѣ ржи около 8 кв. м. поверхности ситъ; здѣсь можно брать ткань немного тоньше.

Число оборотовъ цилиндра при діаметрѣ 860 mm. около 30 и при діам: 1000 mm. около 25 въ мин. Расходъ силы по Вибе $\frac{1}{16}$ до $\frac{1}{32}$

къ l длина цилиндра въ м.

б. *Центробѣжные* мучные цилиндры. Въ кругломъ цилиндрѣ, обтянутого тканью и при діаметрѣ: 500 до 1000 mm. длин: 1,25 до 3 m. вращающагося съ окружн. скоростью въ 0,8 до 1 m. въ сек. вращается барабанъ съ крыльями по тому же направлению со скоростью 5 до 8 m. Крылья, стоящія нѣсколько наклонно къ радіусу и имѣющія незначительный спиральный изгибъ, не только съ силою бросаютъ мучной продуктъ въ ткань сита, но въ то же время поднимаютъ его впередъ къ другому концу сита, такъ что просѣиваніе происходитъ сильно и по всей поверхности цилиндра; разстояніе крыльевъ въ газу должно быть переменчивое, и смотря по производительности машины 10 до 20 mm.

Цилиндръ составляется обыкновенно изъ 4 вставныхъ деревянныхъ амокъ, обтянутыхъ тканью, которые вставляются въ желѣзный остовъ цилиндра и при порчѣ ткани легко могутъ быть замѣняемы резервными рамками. Мучной ящикъ какъ въ призматическихъ мучныхъ цилиндрахъ.

Для сбереженія шелковой ткани сперва отдѣляется дробь или скорлупки на предварительной сѣялкѣ, устроенной какъ центробѣжный цилиндръ изъ продавленной жестяныярами въ $\frac{5}{8}$ до 2 m., или какъ обыкновенный мучной цилиндръ, обтянутый шелковою тканью № 000 до № 1, такъ что на центробѣжной мукосѣяльной машинѣ только отдѣляется мука, какъ главный, и крупа, какъ переходный продуктъ. Обѣихъ послѣднихъ для пшеничной муки № 12 до 15, для ржаной № 13 до 16, и менно номера по грубѣ ближе къ входу и дальше по тоньше; для пшени № 7 до 9.

На 100 *kg.* просѣиваемаго въ часть мучнаго продукта требуется:
 для предварител. центроб. цилиндра 0,6 до 0,8 *qm* просѣял. поверхн
 „ обыкновенн. предвар. „ 1 „ 1,2 *qm* „ „
 „ центробѣжн. мучнаго „ 1 „ 1,25 *qm* „ „

При повторительномъ помолѣ $\frac{2}{3}$ этого.

Расходъ силы при производительности 100 *kg.* въ часъ для каждого центробѣжнаго цилиндра около $\frac{1}{3}$ лош. с.

6. *Сортирование и очищение крупы.* Легкие частички отрубей, находясь в крупе, так и те зернышки крупки которые вследствие приставшей к ним оболочки (скорлупы) по легче, отделяются от настоящей крупки посредством всасывающей струи воздуха на крупотвейках. Для мелких крупок и мелкозерной, у которых это отделение сделать труднее, прибавляют к тому же и центробежной силы. Главное условие то, чтобы разделяемые этим путем имели одинаковую величину, для чего крупа перед очищением сортируется по объему на цилиндристы, обтянутою шелков. тканью № 00 до № 9, обыкновенно разн. величин, кроме того устраиваются обыкновенно надъ очистительной машиной 1 до 2 плоских (согласующихся) ситъ, которые сортируют крупу въ 2 величины, и въ послѣдн. случаѣ при 4 сортахъ сортировочн. для крупки цѣли не необходимъ. Обыкновенно эксхаусторъ устроенъ непосредственно при шпинѣ, только при установкѣ нѣсколькихъ очистительныхъ машинъ (крупотвей) употребляется часто одинъ общій для нѣсколькихъ машинъ эксхаусторъ. Очищающаяся крупа разделяется посредствомъ крупотвей на чистую крупу, промежуточный сортъ и летучія отруби, которая посредствомъ эксхаустора выдувается въ камеру для пыли. Промежуточный сортъ обыкновенно еще разъ очищается. Сила сжатия воздуха должна быть точно регулируема задвижками или клапанами; кроме этого слѣдуетъ избѣгать внезапные переходы или суженія, чтобы не образовалось помехъ въ струѣ воздуха.

а) *Машины для очищенія крупки единственно дѣйствіемъ струи воздуха.* Особенно удобны для очистки крупной крупки. Каждый сортъ падаетъ изъ плоскаго сита на систему (чаще всего 4) ступенчатообразно расположенныхъ одна надъ другою косыхъ досокъ и проходитъ каждый разъ, падая съ одной ступени на другую, пересекающую ее струю воздуха. Эти машины часто такъ устроены что съ помощью нѣсколькихъ системъ досокъ, очищаютъ и постепенно образуютъ промежуточные сорта.

Такимъ образомъ образуются при одномъ проходѣ черезъ машину нѣсколькихъ (до 5) сортовъ очищенной крупки различныхъ качествъ, что особенно выгодно при повторительномъ помоле. Ширина машины 600 до 800 мм. и слѣдуетъ заботиться чтобы сѣи крупки падали внизъ какъ можно равномерно.

Плоское сито дѣлаетъ 200—300 оборотовъ, эксхаусторъ 400—600 оборотовъ въ мин. Расходъ силы $\frac{1}{8}$ до $\frac{1}{4}$ лощ.

б) *Центробежн. очистительныя машины для крупки годныя для очистки мелкихъ крупокъ.* Очищаемая крупа падаетъ послѣдовательно на 3 до 4, на вертикальной оси вращающейся тарелки, которая откидываетъ къ краю тяжелыя частички сильнѣе чѣмъ легкія, между тѣмъ какъ идущая къ центру струя воздуха переставляетъ разсыпанный слой легко отклоняетъ отъ направленія болѣе легкія частички во внутрь, гдѣ они падаютъ какъ промежуточный сортъ или всасываются какъ отруби (краска).

Чистая крупа падаетъ въ воронку, изъ которой она падаетъ на слѣдующую тарелку гдѣ процессъ возобновляется. Образующіеся каждый разъ промежуточные сорта выходятъ одиночно или сразу изъ машины, также и чистая крупа, выходящая съ самой нижней тарелки. Стоячій валъ дѣлаетъ 200 до 300 оборотовъ въ мин. Эксхаусторъ приводится въ движеніе отдѣльно. Расходъ силы около $\frac{1}{4}$ лощ.

7. Вспомогательныя машины.

а) *Мукомольная машина* состоитъ обыкновенно изъ деревяннаго корпуса съ буковыми штифтиками въ 20 мм. діаметр. длиною 200 мм. съ вращающимся разсыпательнымъ кругомъ діаметромъ 1000 до 1200 мм. вращающійся на вертикальной оси. Зерно засасывается непосредственно если можно къ потолку отдѣльной для мѣшанія, шир. и длин: 3 до 4 м., книзу суживается воронкою образно и кончается 2 или 4 трубами для мѣшковъ. На разсыпательномъ кругѣ выходитъ воронка (проходя чрезъ полъ этажа съ окончаніемъ сортированіемъ муки), которая принимаетъ разные сорта муки, которые требуется въ одинъ рыночный сортъ и проводитъ ихъ въ мукомольный кругъ. Кругъ вращается 120 до 150 разъ въ мин. и кидаетъ муку между штифтиками кнаружи, такъ что она падаетъ внизъ въ мукомольный меръ. Для одновременнаго и правильнаго подведенія смѣшиваемыхъ техническихъ сортовъ муки, удобно раздѣлить впускную воронку на

средствомъ 1 или 2 стѣнокъ на нѣсколько отдѣленій, которыя принимаютъ отдѣльные сорта и одновременно подводятъ ихъ на кругъ.

б) Средства для передвиженія.

1. Средства для горизонтальнаго перемѣщенія.

а. *Транспортирующие или мучные винты* изготовляются обыкновенно только изъ желѣза. На желѣзную трубу съ наружн. діаметромъ въ 50 до 80 мм. насаживаютъ непрерывную винтообразную нарезку изъ листового желѣза толщ. въ 2 до 3 м. и прикрѣпляютъ ее угольниками на разстояніяхъ около 1 м.

Спираль состоитъ изъ приклепанныхъ другъ другу ходовъ, образованныхъ каждый изъ круга съ концентрическою круглою дырою натянутого въ раскаленномъ видѣ на соответствующую чугунную форму. На концахъ вклепаны въ трубу желѣзные шипы толщиною 45 до 65 мм., длиною около 200 мм. Одиночные длины, между подшипниками, въ 2,5 до 3,5 м. соединяются между собою посредствомъ свертныхъ муфтъ, находящихся рядомъ съ подшипниками. Винты изготовляются въ размѣрахъ: діам: резьбы 150 до 420 мм., подъемъ резьбы $\frac{4}{3}$ до 1 діаметра. Корыта для винтовъ деревянные или изъ желѣзныхъ листовъ толщиною 2 мм. промежутокъ между спиралью и корытомъ по бокамъ 10 внизу 15 мм. Вкладыши подшипниковъ большей частью изъ бакаута и поддерживаются чугунными поперечинами, положеннымъ поперекъ на корыто.

Винты для зерна могутъ дѣлать до 100, для мучныхъ продуктовъ до 60 оборотовъ въ мин. Для вычисленія производительности принимается $\frac{1}{3}$ наполненія.

Расходъ силы, если Q въ kg количество перемѣщаемого въ часъ продукта и l длина винта въ м: $\frac{Ql}{200,000}$ до $\frac{Ql}{150,000}$ лош. силъ.

б. *Транспортировочное полотно или тренеръ* особенно пригоденъ для передвиженія зерна на большія разстоянія и въ большихъ количествахъ. Пенъковое безконечное полотно шир. 200 до 1000 мм. движется по направляющимъ каткамъ со скоростью 1,2 до 2,5 м. въ сек. Катки діаметромъ 100 до 200 мм. и обтачиваются по срединѣ тоньше, дабы полотно имѣло въ разрезѣ вогнутую форму. Шипы катковъ толщ. 12 до 20 мм., длин. около 50 мм., разстояніе катковъ другъ отъ друга 2 до 2,5 м. Рабочій и послѣдній катки обточенны безъ выемки и діам. ихъ 400 до 1000 мм. Полотно должно натягиваться самодѣйствующимися приспособленіями съ грузами. Зерно подводится въ средней трети ширины полотна и по возможности по направленію его движенія. Чтобы сбрасывать зерно въ любокъ мѣстѣ направляютъ полотно черезъ 2, на передвижной телѣжкѣ наклонно поставленные катка, діам. которыхъ 400 до 600 мм., а именно сперва черезъ верхній, чрезъ что полотно сбрасывается въ любокъ съ боковымъ выходомъ, а потомъ черезъ нижній немного отставшей катокъ, низшая точка котораго находится немного выше поддерживающаго катка. Телѣжка движется по рельсамъ и устроена въ такъ, чтобъ ее можно было закрѣпить въ данномъ положеніи; кромѣ того должно быть по возможности устранено натяженіе полотна во время передвиженія телѣжки.

Расходъ силы около $\frac{Ql}{50,000}$ л. с. если Q въ kg . обозначаетъ при изводительность въ часъ и l длина трэнера въ м.

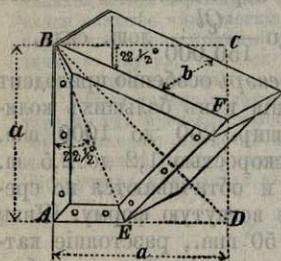
II. Для вертикальнаго перемѣщенія.

а. Отводныя или направляющія трубы употребляются для передвиженія сверху внизъ и по косому направленію. Самый меньшій уклонъ ихъ зависитъ отъ рода проходящихъ мучныхъ продуктовъ и для ревянныхъ трубъ съ постоян. попер. сѣч. слѣдующее:

для зерна	25 до 30°	для крупной крупки.	45 до 50°
„ грубой дробн.	40 „ 50°	„ мелкой „	50 „ 60°
„ мелкой „	50 „ 60°	„ пыл.	55 „ 60°
„ мелкаго помола отъ		„ отрубей	60 „ 70°
поставъ внизъ.	60 „ 65°	„ муки.	70 „ 80°

При непосредственной выкидѣ элеватора наклонъ менѣе на до 20°.

б. Элеваторы служатъ для передвиженія снизу вверхъ. Пенковъ сверху безконечное полотно, снабженное черпаками или ковшами, двигается по 2 каткамъ, помѣщеннымъ другъ надъ другомъ, діам. которыхъ отъ 500 до 600 мм. и изъ которыхъ верхній приводится въ движеніе поставъ. Все помѣщается въ деревянномъ кожухѣ, который для полотна состоитъ изъ 2 трубъ, соединяющихся сверху въ головку съ отводной трубой и съ снимаемымъ колпакомъ, внизу въ основаніи со впускной трубой и боковыми дверками для выниманія катковъ. Элеваторъ чаще всего ставятся вертикально, рѣдко немного косо.



Фигура 1.

Подходящая форма для черпаковъ которые накладываются хорошо не препятствуютъ выкидѣ размо и легко изготовляемы, получается, если, какъ ф показывается, раздѣлить уголъ квадрата $ABCD$, встроенаго на глубинѣ, а черпака на 4 равн. час и соединять точки пересѣченія E и F первой и третей раздѣляющихъ линій съ противоположными сторонами квадрата, въ $AEFB$. Объемъ такого черпака $0,6ab$, но при вычисленіяхъ принимается только $0,4a^2b$, гдѣ $b \geq a$ ширина черпака и $a=100$ до 130 мм.

Черпаки прикрѣпляются на полотнѣ въ разстояніяхъ $0,4$ до $0,5$ м. посредствомъ 2 и болѣе винтовъ. Ширина полотна $b+2$ мм, катковъ $b+30$ до 40 мм., внутр. ш.

рина кожуха $b+50$ до 60 мм. За поясомъ промежутковъ въ 15 до 20 мм. и передъ черпаками въ 35 до 40 мм. Скорость полотна для помола 1 до $1,2$ м. и для зерна до 2 м. въ секунду.

Расходъ силы $\frac{Q(l+1)}{250,000}$ лощ. с., гдѣ Q производительность въ kg въ часъ и l высота элеватора въ м.

г. Стуловые подъемы (Fahrstühle) служатъ для вертикальнаго передвиженія въ оба направленія.

Воротъ долженъ приводиться въ движеніе, также и остановка его посредствомъ тормазовъ д. б. надежна и во всякое время возможна. Для движенія употребляются или холостые ремни, которые натягиваютъ помощью натяжныхъ блоковъ или удобнѣе трущіеся колеса, которыя нажимаются посредствомъ рычаговъ. На врем

остановки движущее колесо втискивается собственною тяжестью въ тормазъ. Если, при снятіи колеса съ тормазы, оно не приводится въ дѣйствіе, то стулъ опускается внизъ собственною тяжестью. Для подъема платформы прикрѣпляется къ ней канатъ или пеньковая лента шир. 200 до 2500 *mm* Цѣлеобразно, снабдить стулъ предохранительными остановочными приборами, съ пружинами, во время работы прижатіи канатомъ, при разрывѣ же послѣдняго сейчасъ начинающими дѣйствовать. Скорость употребляемыхъ въ мельницахъ стуловыхъ подъемовъ 0,5 до 0,6 *m* въ сек.

8. Поставы для выдѣлки крупъ.

Жерновъ (изъ плотнаго и мелкаго песчаника) діам.: 1,1 до 1,75 *m* и выш.: 0,3 до 0,4 *m*. вращается около вертикальной или горизонтальной оси, и работаетъ цилиндр. боковою поверхностію. Въ первомъ случаѣ устройство сходно съ обыкновеннымъ мельничнымъ поставомъ, веретено толщ. 70 до 80 *mm*. посредствомъ неподвижной парашлицы соединено съ жерновомъ на-глухо; оно чрезъ него проходитъ насквозь верхнимъ концомъ установлено въ подшипникъ, скрѣпленномъ къ балкѣ надъ поставомъ. Кожухъ, окружающій бѣгунъ, на неподвижный и дѣлается изъ песчаника, или изъ дерева обитого перкою изъ жести и стянутого обручами. Разстояніе отъ бѣгуна къверху 25 и внизу 15 *mm*. Кожухъ около на 50 *mm*. выше жернова; все покрыто крышкою, на которой приделанъ выпускъ и вытяг-горючая труба для отвода мучной пыли въ камеру для пыли. Въ дѣлѣ жернова или въ кожухѣ наход. отверстіе съ задвижкой для отвода на сотовыхъ крупъ. Полъ подъ бѣгуномъ общимъ листов. желѣзомъ; водобѣгунъ дѣлаетъ 200 до 250 оборотовъ въ мин.

При вертик. устройствѣ бѣгуна который тогда дѣлаетъ 240 до 60 оборотовъ въ мин., желѣзный кожухъ двигается въ противоположную сторону съ 4 до 5 оборотами въ мин.

Дѣйствіе въ обоихъ случаяхъ періодическое, съ промежутками времени отъ 15 до 20 мин., выпускъ и выпускъ производится отдѣльн. либернымъ механизмомъ. Количество перерабатываемаго за одинъ часъ матеріала бываетъ 15 до 20 *kg*. и д. б. регулируемо.

Поставы для крупы употребляются еще для снятія шелухи съ гороха, который сперва намачивается и поджаривается. Расходъ силы 1 поставъ 4 до 6 лощ.

9. Зданіе и расположеніе. Зданіе шириною 10 до 12 *m*. имѣетъ для маленькихъ мельницъ и гдѣ иначе нельзя 4, для среднихъ 5, и для большихъ 6 до 7 этажей въ 3 до 3,5 *m*. выш. Въ первомъ или подвальномъ этажѣ помѣщаются основныя для мельничныхъ поставовъ и тяжелые приводы. Во 2-мъ этажѣ устанавливаются поставы и всякія измельчающія машины. Въ 3-мъ принадлежащія къ нимъ резервуары. На чердакѣ и при большихъ заводахъ и въ предъидущемъ этажѣ помѣщаются просѣвальные машины. Въ этажѣ подъ ними находятся мувопроводы, мучн. винты и средства для передвиженія для мучн. продуктовъ требующихъ дальнѣйшей переработки. На большихъ заводахъ находится еще этажъ между 2-мъ и 3-мъ и употребляется для резервуаровъ или ларей, которые составляютъ продолженіе таковыхъ же въ 3-мъ. Всѣ эти машины и лари устанавливаются только надъ одной долею стѣны строенія, длина котораго зависитъ отъ числа и величины сихъ предметовъ; они располагаются такъ, что неготовые продукты, приходящіе отъ просѣвальныхъ машинъ могутъ непосредственно падать внизъ въ лари или вемники раздробляющихъ машинъ что очень облегчаетъ непрерывный ходъ помла. Очищеніе крупокъ производится цѣлеобразно въ верхнихъ этажахъ по другой стѣновой сторонѣ зданія.

В. Маслобойни.

1. Общее. Масла бываютъ высыхающія и не высыхающія. Къ первымъ принадлежатъ льняное, коноплянное, подсолнечное, орѣховое и квовое, къ послѣднимъ рапсовое и сурѣнное.

Свѣжее маслянное сѣмя насыпается слоемъ не толще 80 м. если оно совершенно сухое, то можетъ лежать лѣтомъ слоемъ толщ. 0,3 м; зимою 0,6 м. Согревшееся сѣмя липкое и даетъ меньше масла.

1 гектолитръ (3,81 четверика).	Вѣсить kg.	Даетъ масла въ % литр.	1 гектолитръ (3,81 четверика).	Вѣсить kg.	Даетъ ма въ % лит
Льняное сѣмя . .	77—82	22 15—17	Сурѣпица озимая.	68	30 25—
Озимый рапсъ . .	68—74,5	25 29—31	" аровая	—	23 19—
Яровой " . .	—	19 21—23	Конопля	51—56	8 2

Очистительный цилиндръ. Попер. сѣч. 6 или 8 гранное, діам. 650 до 800 мм. длина 1,9 м. и уклонъ 60 до 80 мм. на пог. обтянуть (въ поднятой части) на длинѣ 1,1 м. тонкою желѣзною проволочною тканью (1 проволока на мм. или 26 пр. на дюймъ) 0,8 м. рѣдкою тканью (1 пров. на 3,7 мм. или 7 пров. на дюймъ); дѣлаетъ 40 оборотовъ въ мин. расходуетъ $\frac{1}{4}$ лш. с. ститъ въ часъ 8 до 10 гектолитровъ (30 до 38 четверик.) рапса. Если сѣмя очень нечистое, то даютъ цилиндру уклонъ въ 40 мм. пл. м. и двойную скорость.

3. **Дробильные валы**, діам. которыхъ обыкновенно 315 мм. и для 315 до 785 мм. Одна изъ валцевъ ходитъ въ неподвиж. подшипникахъ и приводится въ движеніе съ 60 оборот. въ мин. вторая прижимается къ нему и двигается отъ него посредствомъ зубчатыхъ колесъ съ 40 оборот. въ мин. На 100 *kg.* (2,41 фун.) рапса въ часъ длина валцевъ дѣлается 200 до 300 мм. при расходѣ силы 0,6 до 0,7 л. с. Нажатіе на 100 мм. длин. вальца 200 до 250 *kg.* Длина льняного сѣмени нажимъ должно увеличить еще на половину и уменьшить на половину. Въ послѣднее время даютъ дробильнымъ валамъ разные діаметры; а именно около 1,25 м. и 0,3 м. при длинѣ въ 370 до 420 мм. Большой валъ дѣлаетъ 56 оборот. въ мин. двигаетъ меньшій посредствомъ тренія. Подведеніе сѣмянъ дѣлается чрезъ воронку посредствомъ питательнаго вала, который получаетъ движеніе отъ большаго вала. Особая задвижка уравниваетъ притокъ сѣмени. Скребки постоянно очищаютъ валы. Производительность 5 гектолитр. или 22 четверика сѣмянъ въ 11 час. что достаточно на 2 закладки въ гидравлическіе прессы.

4. **Бѣгуны** (Oelgänge). Своды погребовъ, на которыхъ находятся бѣгуны должны быть крестовые своды не тоньше 520 мм. (2 кирпича въ ключъ). Бѣгуны, какъ и исподникъ, должны состоять изъ твердаго, мелкозернистаго матеріала, изъ песчаника только при полномъ отсутствіи другаго матеріала. Діам. исподника на 80 мм. больше самаго большаго бѣгуномъ описываемаго круга; толщ. даже для самыхъ маленькихъ не менѣе 315 мм. Жернова діам. 1,7 до 1,9 м. ($2\frac{1}{4}$ до $2\frac{1}{2}$ арш.) и толщ. 420 мм. (почти 10 верш.) самые употребительные. Верхняя площадка исподника по крайней мѣрѣ на 47 мм. выше пола. Дерев. обдѣлка около исподника или лежащая имѣетъ по крайней мѣрѣ шир. 210 мм. толщ. 45 мм. съ дерев. или жестиною закраиною. Задвижка для выпуска шир. 420 до 470 мм. Закраина не менѣе какъ въ $2\frac{1}{2}$ раза выше слоя сѣмени. Стоячій валъ бѣгуновъ либо дубовый, длин. до 2,5 м. и 370 до 420 мм. въ квадратъ, если шпиндель бѣгуновъ проходитъ сквозь него; въ противномъ случаѣ 314 до 340 мм. въ квадратъ; или же онъ чугунный при 2,

длина 157 mm. въ квадр., если онъ тамъ, гдѣ проходитъ шпиндель бѣгуновъ, соответственно утолщенъ. Шпиндель бѣгуновъ при сѣ бѣгуна въ 1500 2500 3500 *kg*. имѣетъ діамет. 60 80 100 mm.

Производительность бѣгуновъ въ 12 рабочихъ часовъ для льняныхъ сѣмянъ при одиночномъ прессованіи видна изъ слѣдующей таблички. При толщинѣ 470 mm. и

диаметръ 1,6 m. при 8 до 10 оборот. въ мин.	264 <i>kg</i> .	
" 1,7 " " 8 " 10 " " " "	320 "	
" 1,9 " " 7 " 8 " " " "	376 "	
" 2 " " 7 " 8 " " " "	440 "	
" 2,2 " " 6 " 7 " " " "	512 до 528 <i>kg</i> .	
" 2,4 " " 6 " 7 " " " "	592 " 616 "	
" 2,5 " " 5 " 6 " " " "	704 " 800 "	

1 метр. = 3,28 фута.
1 *kg*. = 2,44 фунта.

Для рапса можно считать въ 1½ раза болѣе; бѣгуны съ діам. чернов. въ 1,7 до 1,9 m. требуютъ около 3 л. с. или для размалыванія въ 1 часть:

100 <i>kg</i> . рапса	2,75 лощ. с.
100 " льняного сѣмени. .	4,125 " "

5. *Жаровни для сѣмянъ.* Жаровни паровыя питаются или свѣжимъ паромъ или отработаннымъ (мятымъ) паромъ изъ паров. машины выкакого давленія. Средняя температура всей сѣменной массы не должна существенно превышать 75° Ц. Для нагрѣванія 1 *kg*. размолотого сѣна для 1-го прессованія требуется 0,13 *kg*. пару въ 110° C, для 2-го прессованія 0,9 *kg*. Подогрѣваніе для перваго прессованія продолжается въ 1,5 дальше, чѣмъ для втораго. На каждый *kg*. размолотого сѣмени, который слѣдуетъ нагрѣвать 2 раза въ часъ, считать 82 кв. сантим. нагрѣвательной поверхности. Дѣлаютъ жаровни какъ для предварительнаго, такъ и для окончательнаго нагрѣванія сѣна величины, чтобы онѣ могли нагрѣвать все количество, необходимое для одного прессы. Жаровня изготовляется или изъ чугуна, или изъ листов. желѣза, толщ. 2 mm. и имѣетъ при объемѣ въ 0,27 децилитра діам. 1,1 m. и выс. 160 mm. Сѣмя лежитъ въ ней слоемъ около 50 mm. Дно и паровой резервуаръ соединены вертикал. болтами. Мѣшалка состоитъ изъ косо поставленныхъ желѣзн. или мѣдныхъ реекъ и двѣ мѣшалки жаровни требуютъ при 30 оборот. въ мин. 1/16 лощ. с. Валъ и мѣшалка должны быть приподнимаемы для очищенія жаровни для перваго прессованія. При нагрѣваніи на сковородкахъ кладутъ на сковороду количество сѣмени необходимое для 1 мѣшалки или одного колоба въ 4 до 5 *kg*.

6. *Прессы.* Колобы перваго или предварит. прессованія обыкновенно круглые (толщ. 40 до 50 mm.); форма колобовъ втораго прессованія есть трапеція длиною 290 до 370 mm. шириною 145 mm. въ верхушкѣ, 160 mm. въ широкомъ концѣ и толщ. 13 до 20 mm. Наполнительные мѣшки кладутъ отдѣльно между прессовальными (волосяными) стенками, или между желѣзн. листы толщ. 2 до 3 mm. соединенными кожанымъ шарниромъ; между 2 такихъ набивокъ кладется желѣзная плита толщ. 16 до 20 mm. или мѣшки кладутся между деревянными волнообразными внутри и покрытыми жестью досками, соединенными шарниромъ.

а) *Прессы клиновые.* Полезн. работа = 0,75 абсолютн. работы. Прстой клиновой прессъ съ пестами длин. 5 м. и 210 въ квадр. подтема не болѣе 575 мм. и 15 ударовъ въ мин. вколачиваетъ клинъ въ колобахъ по 4,5 *kg.* въ теченіи 6 мин. и даетъ ежедневно около 60 *kg.* колобовъ.

б) *Гидравлическіе прессы.* Давленіе въ нихъ при діам. поршня въ 260 мм. до 160000 *kg.* если прессъ чугунный, 400000 *kg.* если прессъ изъ пушечнаго металла (по г. Шмидту); подъемъ около 31 мм. Поршень обыкновенно полый и имѣетъ толщ. стѣнокъ 65 мм., цилиндра прессы 130 до 160 мм. Въ такомъ прессѣ прессуется въ каждомъ подъемѣ 0,27 *kl* = 1 четверикъ сѣмянъ. Насосъ дѣлаетъ 2 до 40 ходовъ въ мин. и требуетъ при діам. 20 мм. около 3 лощ. (Время одного прессованія около 10 мин., изъ которыхъ 5½ до мин. на подъемъ поршня, 2 мин. на опусканіе его и 2 мин. для на полненія и опорожниванія, такъ что однимъ прессомъ въ часъ можно прессовать 1,65 гектолитровъ сѣмянъ, причемъ одинъ и тотъ же прессъ служить какъ для перваго, такъ и для втораго прессованія).

Въ послѣднее время употребляется почти исключительно двойной прессъ Банделя. Онъ состоитъ изъ двухъ отдѣльныхъ прессовъ, которые работаютъ посредствомъ двухъ отдѣльныхъ насосовъ, изъ которыхъ одинъ имѣетъ діам. 65 мм. и давленіе 54 *kg.* на кв. сант. другой діам. 26 мм. и давленіе 405 *kg.* на кв. сант. Оба насосы дѣлаютъ 36 ходовъ по 130 мм. въ мин. и соединяются съ каждымъ изъ прессовъ посредствомъ трубъ. Въ каждомъ прессѣ между 4 прессов. камерами устроено столько же чашекъ для принятія наполненныхъ прессовальныхъ мѣшковъ; каждое прессованіе въ 10 мин. даетъ составляетъ около 30 *kg.* колобовъ, что при 11-ти часовой работѣ соответствуетъ 1750 *kg.* колобовъ и 700 *kg.* масла. Насосы и прессы иногда работаютъ невысыхающимъ масломъ.

С. Мельницы для размолу дубья.

Машина для рѣзки дубовой коры состоитъ изъ барабана діам. около 370 мм. съ 4 спиральными ножами; дѣлаетъ 120 до 125 оборот. въ мин. Кора подводится къ барабану по желобу ширин. 260 мм. Слоемъ въ 50 мм.

Поставъ для размолу дубья, бѣгутъ котораго діам. 1,13 м., толщ. 365 мм., имѣетъ круглую ячею, діаметръ которой вверху долженъ быть 420 мм., на глубинѣ 325 мм. 315 мм. и внизу 390 мм. Такой поставъ даетъ въ часъ на 1 лощ. с. около 62,5 *kg.* мелкаго дубья, и если кора была предварительно измельчена въ куски длин. 50 до 80 мм. Потребность сила около 4 лощ. Между коухомъ и жерновомъ нужно оставлять промежутокъ въ 150 мм. Жернова діам. въ 1,4 м. имѣютъ 64 дорожки глубин. 33 мм. около ячеи, а окружности глубин. только 7 мм. Для равномернаго раздѣленія коры хорошо употреблять 2 рифленые подводящіе валика, діам. которыхъ 215 мм., длина 420 мм.

Машины съ колоколообразнымъ чугуннымъ бѣгуномъ нижн. діам. котораго 750 мм. высота 350 мм. даютъ при 28 до 30 оборот. въ мин. и расходъ силы въ 3 до 4 лощ. с. 321 *kg.* дубильной дробинъ въ часъ.

Д. Трассовыя и гипсовыя мельницы.

Поставъ съ двумя вертикальными жерновами, діам. 1,44 м. толщ. 290 мм. и при 13 оборот. въ мин., даетъ въ часъ 3,3 до 4,4 *hl.* въ 91 *kg.* трасса въ видѣ мелкихъ зеренъ; расходъ рабоч. силы 5 до 6 л. с. Тотъ же поставъ даетъ въ часъ 200 до 250 *kg.* мелкаго алебастра который для окончательнаго болѣе тонкаго размельченія должно пропустить еще разъ подъ отдѣльнымъ горизонтальнымъ бѣгуномъ.

Е. Костяныя мельницы.

Для раздробленія свѣжихъ костей употребляются 2 зубчатые вала, въ которыхъ на ось толщ. 100 мм. насажены по очередно зубчатые круги діам. 300 мм. и толщ. 22 мм. и гладкіе круги діам. 250 мм. и толщ. 24 мм. Одинъ изъ валовъ имѣетъ большею частью 9, другою 10 зубчатыхъ круговъ. Хорошо поставить подъ ними еще вторую пару валовъ съ 14 и 15 зубчатыми кругами для дальнѣйшаго размельченія костей.

Для болѣе легкой переработки костей онѣ распариваются и высушиваются. Распариваніе производится въ вертикальныхъ цилиндрахъ съ двойнымъ дномъ діам. 1 м. длин. 2 м. подъ давленіемъ 2 до 3 атмоф. Паровая труба лежитъ между обѣими днами. Продолжительность распариванія нѣсколько часовъ. Сушка костей производится въ сушильняхъ.

При дальнѣйшемъ размалываніи на горизонт. жерновахъ кости должны быть предварительно раздроблены въ мелкіе куски; это дѣлается посредствомъ валовъ съ глубокими желобами діам. 250 мм., изъ которыхъ одинъ передвижной, или же посредствомъ толчеи. Засыпка при этихъ поставкахъ производится чрезъ воронку. Расходъ силы 8 лощ. с. Можно дѣлать какъ предварительное размельченіе такъ и окончательный размолъ на дезинтеграторахъ, измѣняя число оборотовъ дисковъ съ пальцами.

Г. Пивовареніе.

Матеріалы: ячмень, хмѣль и вода; кромѣ того для нѣкоторыхъ сортовъ пива: пшеница, маисъ, рисъ или картофельная мука.

а. Приготовленіе солода.

Соложеніе имѣетъ цѣлю, посредствомъ процесса прорастанія, получить въ зернѣ діастазъ, который превращаетъ крахмалъ въ сахаръ и клей.

1. Замачиваніе.

а) *Мочильный чанъ.* Бываетъ деревянный, каменный, изъ листового желѣза (толщина стѣнокъ 5 мм., дна 75 мм.) или чугунный (цилиндрическій съ коническимъ дномъ) 1 гектолитръ (3,81 четверика) ячменя требуетъ 0,13 куб.м., (4,6 куб. фут.) 100 *kg.* 0,20 куб.м. (7 куб. фут.) емкости чана; кромѣ того прибавляется еще 16 ст. (6,4 дюйм.) или около $\frac{1}{10}$ высоты до краевъ чана. Фундаментъ долженъ быть очень надежный; чанъ набирается изъ досокъ шириною 160 мм., толщиною 50 мм. Балки подъ дномъ квадратныя въ 105 мм., подкладки толщиною 130 мм. Чанъ стягивается 3 желѣзными обручами

шир. отъ 50 до 65 mm., толщ. отъ 7 до 10 mm. Самая лучшая температура для мочки 10 до 12° Р. Мочка продолжается отъ 1. до 4 сутокъ. Возобновленіе воды производится зимою 1 разъ, лѣтомъ 2 раза въ сутки (24 часа).

β. Мочильня. Со сводомъ помѣщается въ первомъ этажѣ и подмосткахъ, площадь въ 3 до 4 раза болѣе площади чановъ.

2. Прорастаніе зерна.

Солодовенный токъ подъ сводомъ, высот. около 2,5 м., изъ которыхъ 1,5 до 1,9 м. ниже земли. Полъ изъ каменныхъ плитъ, сложенныхъ цемента, кирпича или тесаннаго камня на цементѣ съ подсыпкою песка или кирпичнаго мусора (10 до 13 ст.) или изъ утрамбованной глины (10 до 13 ст.) смотря по мѣстоположенію тока. Для вентиляціи необходимы въ стѣнахъ вытяжные каналы (отверстіемъ отъ 10 до 13 ст.) и окна съ створчатыми рамами и со ставнями съ внутренней стороны для устройства свѣта (шир. около 1,2 м., выс. 0,6 м.). При 8 мѣсячномъ срокѣ для приготовления солода, можно въ 1 мѣсяцъ солодить 3 до 4 разъ. Въ Австріи продолжается процессъ прорастанія отъ 10 до 14 дней. 1 гектолитръ (3,81 четверика) ячменя требуетъ 2,3 кв. м. (81,2 кв. фут.) площади тока, при слоботѣ отъ 10 до 13 ст. (4 до 5 1/4 д.) толщиной.

3. Сушеніе солода.

α) Помѣщеніе для перелопачиванія (Shwelkboden). Помѣщается обыкновенно надъ токомъ и идетъ по всей ширинѣ зданія, высота 2,2 до 2,5 м. и шириной отъ 1 до 2 м.

β. Сушильня. Употребляемые теперь почти вездѣ воздушныя сушильни состоятъ изъ топки, помѣщенія для нагрѣванія воздуха на 1 кв. м. собственно изъ сушильни. Нагрѣвательные каналы изъ листоватоугольных желѣза или чугуныя устраиваются или спирально подымающіеся надъ топкой, входя на разстояніи 60 ст. отъ нихъ и 2. 3 выходя на разстояніи 10 до 15 ст., или же составляютъ систему изъ вертикальных трубъ вышиною около 5 м. съ площадью основанія не больше 2,5 кв. м. Обѣ системы могутъ быть устроены и вмѣстѣ.

Сушильня, если она со сводомъ, высотой въ 2,5 м.; при балочномъ же потолкѣ, высот. 3,1 м. Большею частью двѣ, рѣдко три сушильные рѣшетки другъ надъ другомъ въ разстояніи 1,7 до 2,2 м. Рѣшетка изъ продавленнаго листового желѣза (2 до 3 отверстій на 1 кв. м. шириною въ 2 mm. на 2 кв. ст.) или изъ плетеной желѣзн. проволоки толщиной отъ 3 до 4 mm. и 20 до 25% проходной площади или же изъ вальцованной проволочной ткани (до 40% прохода для воздуха).

Сушильные рѣшетки лежатъ на желѣзн. прутьяхъ, которые черезъ каждые 1,4 до 1,7 м. поддерживаются рельсами. Дымовая труба изъ топки, выводится для увеличиванія тяги въ вытяжную трубу, которая находится выше верхней рѣшетки.

1 кв. м. сушильной рѣшетки въ простой сушильнѣ даетъ ежедневно 20 kg солода при сушкѣ одинъ разъ.

30 kg " " " два раза.

1 кв. м. сушильни съ двойною рѣшеткою даетъ отъ 40 до 50 kg солода. 100 kg. ячменя даютъ 148 kg. сыраго зеленого солода.

100 *kg.* ячменя даютъ 92 *kg.* высушен. на воздухѣ солода.
 100 " " " 80 " свѣжаго засушеннаго въ суш. солода.
 100 " " " 87 " лежалаго солода.
 1 гектолитръ ячменя даетъ 9,8 гектолитра засушен. въ суш. солода.
 1 " сушеннаго въ суш. солода вѣситъ 55,5 *kg.*
 1 " ячменя вѣситъ 62,5 до 65 *kg.*

γ. *Солодовый амбаръ* для храненія солода. На 1 гектолитръ
 требуется отъ 0,24 до 0,27 кв. м. или на 100 *kg* 4,9 кв. м. (на
 четверикъ 0,7 кв. фута).

δ. *Сортировочный барабанъ* для отдѣленія отъ солода ростковъ;
 ин. отъ 2,5 до 3 м. диаметр. отъ 0,6 до 0,9 м., съ уклономъ
 въ 5 до 7°.

Перемѣненіе сыраго солода изъ солодовни въ помещеніе для пере-
 мачиванія и въ сушильню производится помощію ступовыхъ подъе-
 совъ въ 2 колесныхъ опрокидывающихся вагонахъ, объемъ коихъ
 5 до 3 гектолитра (9,5 до 11 четверика).

б. Приготовленіе сусла,

е. экстракта изъ солода, содержащаго возможно болѣе сахара
 клея.

1. *Раздробленіе солода* производится лучше всего въ особо
 строенныхъ солодомольныхъ мельницахъ, состоящихъ главнымъ обра-
 зомъ изъ двухъ гладкихъ или нарѣзныхъ цилиндровъ, часто еще
 съ обыкновенныхъ мельницахъ которыя требуютъ площадь въ 20 кв. м.
 5 мтр. употребленія послѣдняго необходимо сперва вспыскивать,
 сушить солодъ. Для вспыскиванія имѣется полъ, въ 3,2 кв. м.
 на 1 гектолитръ ежедневнаго расхода солода, который вымощенъ
 ваговъ углубленіемъ въ срединѣ. Воды нужно 5 до 100%. 50 *kg.* солода
 дають 54 *kg.* дробн. Увеличеніе объема при дробленіи отъ $\frac{1}{4}$ до $\frac{1}{3}$.

2. *Затираніе. α. Затормный чанъ* изъ дерева или листоваго желѣза
 долженъ помѣстить 1,7 разъ содержаніе одного броженія (*Gebräues*)
 необходимое для этого количество солода какъ, а также имѣть
 бесто для частей мѣшалаго механизма. Высота не болѣе 1,6 м.,
 включая бортъ въ 0,16 м. Чаны, сдѣланные изъ листоваго желѣза,
 обиты деревомъ или окружены совѣмъ или частью желѣзною рубаш-
 кою, дабы впускомъ пара поддерживать необходимую, для образова-
 нія сахара, температуру.

Наружная обложка дѣлается кругомъ всего чана или только въ
 некоторыхъ мѣстахъ. По Баварскому способу густаго затиранія при
 переработкѣ 1250 до 1800 *kg.* дробн на каждые 50 *kg.* считаютъ
 46 куб. м. емкости затормнаго чана, при переработкѣ же отъ 200
 до 250 *kg.* напротивъ 0,62 куб. м.

β. *Чанъ для сливанія (Läuterbottich), лейтерботишъ.* Цѣдильное
 устройство устраивается теперь чаще всего въ отдѣльномъ цѣдильномъ
 чанѣ, главнымъ образомъ вслѣдствіи устройства мѣшалаго меха-
 низма въ затормномъ чанѣ. Объемъ его 0,75 объема затормнаго чана;
 разстояніе цѣдильнаго дна отъ коренного 26 mm. Дробины промы-
 ваются лучше всего съ помощію вертящагося креста. Сусло спу-
 скается въ пивоваренный котель посредствомъ мѣдныхъ трубъ съ
 ранами, число трубъ не менѣе 4.

γ. *Резервуаръ для теплой воды.* Изъ дуба или листового железа располагается по близости и надъ заторнымъ чаномъ, нагреваемымъ свѣжимъ или мытымъ паромъ и долженъ помѣстить по крайней мере все количество доливаемой воды. Кромѣ того необходимъ еще одинъ резервуаръ для холодной воды.

δ. *Резервуаръ для воды,* величиною по кр. мѣрѣ равный заторному чану, для питанія мочильнаго и заторнаго чановъ, а также для варочнаго котла и для мытья посуды и кильшифа.

ε. *Грандь.* Изъ камня, дерева, мѣди, желѣза; по кр. мѣрѣ съ той же величью, какъ варочный котель. Полезно устраивать его такъ, чтобы онъ могъ быть раздѣляемъ вертикальною подвижною сѣткою на двѣ неравныя части, изъ которыхъ къ меньшей примыкаетъ дымовая труба варочнаго котла, а къ большой труба сусловаго насоса. Черезъ это онъ м. б. употребляемъ также, какъ резервуаръ для хмѣля. При употребленіи вращательныхъ насосовъ грандь не нуженъ; равно не нуженъ онъ и тогда, когда заторный чанъ погружается выше варочнаго котла (тогда дно чана на 30 до 35 см. выше уровня въ котлѣ).

ζ. *Варка и прибавленіе хмѣля.* Эта операція производится въ варочномъ или пивоваренномъ котлѣ (Braupfanne, Kessel). Объемъ 1,7 разъ болѣе объема варимыхъ бочекъ пива, или 0,03 куб. м. на каждый гектолитръ (3,81 четверика) необходимъ солода, ибо въ каждомъ гектолитрѣ солода остается 0,03 куб. м. сусла (сусла). Высота около 1,25 до 1,5 м.; дно обыкновенно прямоугольное. Варочный котель дѣлается изъ мѣди и желѣза, дно мѣди, остальное изъ желѣза. Вполнѣ желѣзные котлы склепываются изъ котельнаго желѣза.

Листы на дно котла вѣсятъ не менѣе 25 *kg.* на квадрат. метръ.
 " " " " при 4,4 кв. м. поверхн. вѣсятъ до 50 *kg.* кв.
 " " " " " 5,4 " " " " " 60 " "

На большихъ пивоваренныхъ заводахъ имѣется особенный кубъ варки густой браги; онъ долженъ помѣстить не менѣе 0,5 всей бражки; большею частію круглый, изъ мѣди или котельнаго желѣза, сѣткою дномъ и цѣпною мѣшалкою.

Сусло для зимняго пива варится отъ 1 до 1½ часовъ, для лѣтняго отъ 2 до 3. Количество хмѣля на каждые 50 *kg.* дробленнаго солода для зимняго пива 0,38 до 0,5 *kg.*, для лѣтняго 0,75 до 1,00 *kg.*

3. *Пивоварня (Sudhaus).* Располагается по возможности на свѣтлыхъ вышинъ. 6 до 8 м. и со сводомъ. Площадь пола въ 12 разъ, и заторный чанъ вмѣстѣ съ тѣмъ служить чаномъ для сливанія (терботихъ), то въ 9 разъ болѣе площади дна наибольшаго чана.

с. Броженіе.

Имѣеть цѣлью разложить сахаръ на алкоголь и углекислоту. Сперва надо охлаждать сусло.

1. *Холодильникъ (Kühlschiff).* Плоскій прямоугольный сосудъ высотой отъ 0,15 до 0,2 м. въ которомъ сусло стоитъ не выше 0,05 до 0,1 м.; 0,1 куб. м. сусла требуетъ при высотѣ 50 мм. 2 кв. м.; при 80 мм. 1,25 кв. м. и при 100 мм. 1 кв. м. Холодильники (кильшифы) дѣлаются теперь обыкновенно изъ листового желѣза. Листы длиной 1,88 м. шир. 1,25 м. вѣсятъ отъ 15 до 16,5 *kg.* на кв. м. Для ускоренія броженія сусла въ холодильники добавляют дрожжи.

ения охлажденія употребляются мѣшальные механизмы (если тарелки круглыя), вентиляторы и вѣтряные крылья (последнія чаще всего). Итомъ охлаждають кромѣ того льдомъ или холодною водою, посредствомъ трубчатыхъ холодильниковъ, при чемъ сусло протекаетъ либо внутри трубъ или снаружи оныхъ. Лучше всего двойныя трубы, въ которыхъ вода снаружи и сусло внутри текутъ въ противоположныя стороны. Хорошимъ оказался холодильный аппаратъ, длина котораго 2 м. шир. 12 м. глубина 0,15 до 0,2 м. съ трубами діаметр. въ 5 и 80 мм. Для баварскаго пива низоваго броженія, которое должно быть годно для питья чрезъ 4 недѣли, сусло охлаждается отъ 9 до 10° Р. для баварскаго лѣтнаго (мартовскаго) пива до 6—40° Р. и для пива верховаго броженія до 12—80° Р.

2. *Холодильное помѣщеніе.* Вышиною 2,2 до 2,5 м. требуетъ перугомъ холодильника проходъ шир. 1 м. Помѣщеніе какъ можно болѣе доступно для воздуха.

3. *Бродильный чанъ.* Высота 1,6 м., если за одинъ разъ варится не болѣе 3 до 4 свт. (240 до 320 ведеръ), то достаточно на каждую варку 1 часъ; при чемъ надо имѣть въ виду подъемъ или запасъ для помѣщенія броженія (равнаго 0,25 всего объема). Число чановъ зависитъ отъ времени нужнаго для броженія, которое для столоваго пива продолжается 36 часовъ, для простаго темнаго пива 3 дня, для баварскаго пива 10 до 12 сутокъ; кромѣ того необходимы нѣсколько запасныхъ чановъ. Температура 5 до 100° Р. уравнивается помощью поплавковъ со льдомъ (жестянные или мѣдные).

4. *Бродильное помѣщеніе.* Со сводомъ, на 1,25 до 2,5 м. ниже поверхности земли, высота 2,5 до 3,1 м.; площадь пола въ 2,5 до 3 разъ болѣе общей площади чановъ.

5. *Кладовая для хмѣля* находится въ верхнихъ этажахъ; на 1 гектолитръ солода требуется 0,125 до 0,22 *hl* хмѣля, (т. е. на 1 четверть солода 1 до 2 четвериковъ хмѣля) и на гектолитръ площадь пола (въ 0,044 кв. м. вмѣстѣ съ проходами).

6. *Помѣщеніе для полосканія.* Находится въ нижнемъ этажѣ наравнѣ съ землею и ни какъ не менѣе пивоварни (Sudhaus).

7. Кромѣ того употребляются: погребъ, ледникъ, сарай для бочекъ, провяной сарай, помѣщеніе для пивоваровъ, квартира главнаго мастера пивовара, и при паровыхъ пивовар. заводахъ помѣщеніе для котла и для машины. Фасады пивоваренныхъ заводовъ, если можно, нужно ставить къ западу и востоку.

Литература:

Lintner, Lehrbuch d. Bierbrauerei.

Heifs,

Habich,

Fasbender, "Anlage" der Bierbrauereien. (Устройство пивов. завод.).

VI изданіе Грисмаейра.

Г. Винокурение.

Общія правила для мочильнаго чана, помѣщеніе для него, для солодового тока, для перелопач. солода, сушильня, помѣщеніе для нея, кладовая для солодильныхъ мельницъ смотри пивовареніе.

а. Приготовление бражки (Maische).

1. Отношение къ не соложенному зерну по опытамъ $\frac{1}{5}$ до $\frac{1}{6}$.

Обыкновенно употребляютъ зеленый сухой солодь.

Вѣсъ разныхъ сортовъ зерна смотри стр. 1.

1 *hl* маиса вѣситъ около 75 *kg*.

На 1 ч. зерна берутся 4 до 5 ч. воды.

2. Въ Германіи отношеніе картофеля къ зерну по опытамъ 20: а въ Россіи какъ 1 или 2 къ 1. 1 *hl* картофеля вѣситъ среднимъ числомъ 85 *kg*. содержащихъ 30 до 25% сухой массы. По Русскому питейному уставу, въ отношеніи выхода спирта, 3 пуда 15 ф. картофеля=1 пуду муки или зерна.

3. Аппараты.

а. *Мойка для картофеля*, помѣщается выше или ниже парника, занимаетъ мѣсто длин. 2,35 м. шир. 1,1 м. Промывной барабанъ коническій, длин. 1,9 до 2,2 м. діам. 0,6 до 0,78 м. и 0,8 до 0,95 м. Обыкновенно онъ дѣлается изъ деревянныхъ досокъ, иногда изъ полосаго желѣза. Ось барабана горизонтальная. Ящикъ снизу изъ досокъ толщ. 65 до 80 мм. почти на 0,3 м. шире барабана и наполняется водою, на сколько можно. Барабанъ дѣлаетъ около 20 оборотовъ въ мин. и поставленъ не на серединѣ ящика. За одинъ разъ промывается 15 до 30 *hl*. (7 четвертей до 14).

б. *Парникъ* (Dampfpass), верт. бочка изъ толст. досокъ, емкости не болѣе 4 куб. м. 1 *hl* картофеля занимаетъ 0,1 до 0,15 куб. м. куба попер. сѣченіе круглое, или если имѣются 2 парника (что всегда слѣдуетъ присовѣтовать) овальное; высота около $\frac{2}{3}$ средняго діаметра; продолженіе варки отъ 1 до 2 часовъ. Паровая труба діаметромъ 26 до 33 мм. Генце дѣлаетъ парники изъ котельнаго желѣза съ давленіемъ пара въ 2,5 атмосф. Для варки при высокой температурѣ и давленіи устроены аппараты Голлефрейнда и Бома, которые и тоже время употребляютъ для затиранія.—Въ Россіи почти исключительно парники Генце.

в. *Помѣщеніе парника*. Онъ располагается рядомъ съ заторнымъ отдѣленіемъ длин. и шир. отъ 1,5 до 2 разъ діаметра куба; при кубахъ длина равна 3 ному. діам. шир. 1,5 до 2 м. діам.).

г. *Картофельный прессъ* помѣщается подъ кубомъ, длин. около 1 м. шир. 0,8 м. высота 1 м. Цилиндры гладкіе чугунные, діам. 0,5 м. длин. 0,5 до 0,6 м. и двигаются въ разстояніи около 5 мм. другъ отъ друга. Число оборотовъ 20 въ мин. Для лучшаго раздавливанія примѣнилъ Эллиенбергъ (заводъ Venulleth & Ellenberger) въ Дармштадтѣ принципъ голландера (при пригот. бумаги).

д. *Заторный чанъ* помѣщается подъ прессомъ, наполняется только на $\frac{2}{3}$ вышины. Сухая масса занимаетъ въ заторѣ только $\frac{2}{3}$ объема которое дополняется равнымъ вѣсомъ воды. При обложеніи акцизомъ считается $\frac{1}{10}$ до $\frac{1}{15}$ ч. чана на подъемъ массы при броженіи. Въ затѣрѣ 1 *hl* картофеля съ прибавкою солода и воды занимаютъ 0,15 куб. м. чана, или 100 *kg*. крупно молотата зерна съ водою 0,5 куб. м. Высота чана 1 м., самое большое 1,25 до 1,5 м. Самый большой объемъ чана=4 до 4,6 куб. м.=26,5 гектолитровъ картофеля. Въ одномъ чанѣ нельзя затирать болѣе 3 разъ въ день; затираніе про-

- дается около 4 час. Чанъ дѣлается изъ досокъ, шир. 160 мм. толщ. 50 мм.; брусья подъ дномъ толщ. 105 мм.; 3 желѣзн. обруча шир. 10 мм. толщ. 7 до 10 мм. стягиваютъ его.
- г. *Сосудъ для горячей воды:* считаютъ для затирания 1 *hl* картофеля 17 до 20 *l* (на 1 четверть около 3,0 ведръ) воды и необходимъ для помѣщенія объема сосуда въ 1,5 разъ болѣе.
- д. *Заторное отдѣленіе* помѣщается всегда въ подвалѣ; длина по ширину равна двойному діам. заторнаго чана; выш. 3,5 м., шир. по ширине всего зданія.
- е. *Холодильникъ* деревянный или желѣзный, ставится всего лучше надъ бродильнымъ отдѣленіемъ; выс. 260 до 400 мм. и требуетъ на 1 *hl* картофеля, включая солодъ, при высотѣ наполненія въ 80 мм. 1,5 кв. м.; при высотѣ наполненія въ 130 мм. 1,076 кв. м., или на 1 *kg*. крупно молотаго зерна 5,9 до 3,55 кв. м. (смотри пивовареніе) площади дна.
- ж. *Бродильный чанъ* болѣею частію овальный, выс. 1,0 до 1,25 м. при объемѣ въ 1150 *l* (92 ведра); 1,25 до 1,4 м. при объемѣ въ 2300 до 3500 *l*. (184 до 280 ведеръ). На 1 *hl*. картофеля (на $\frac{1}{2}$ четверти) требуется 130 *l*. (10,5 ведра), на 100 *kg*. дроби 412 *l*. (30,5 ведр.) мѣста въ чанѣ; по закону (германскому) чанъ не долженъ вмѣщать менѣе 343,5 *l*. обыкновенно 2300 до 3500 *l*. рѣдко 4500 *l*.
- з. *Время броженія* 2, 3, по закону не болѣе 4 сутокъ, въ Бельгій только 24 часа. Температура при 3-хъ дневномъ броженіи 20 до 25° Ц.; 18 до 23° Ц. при 4-хъ дневномъ броженіи.
- и. *Бродильное отдѣленіе.* Бродильня со сводомъ и хоть частію изъ земли; толщина стѣнъ не менѣе 2 кирпичей. Размѣръ помѣщенія маленькихъ винокурныхъ 2,5 до 3 разъ, на большихъ 1,5 до 2 разъ болѣе площади дна всѣхъ чановъ; высота 2,8 до 3 м.; вытяжные трубы въ потолокъ имѣютъ 210 до 235 или въ квадратѣ; труба для вытягиванія углекислоты шириною 0,47 м. и расположена выше чана на 0,31 м. Температура 12 до 17° Ц.
- л. *Резервуаръ для затора* (бражки) лучше всего располагать надъ перегоннымъ отдѣленіемъ (Brennküche) и дѣлать въ 1,5 разъ болѣе объема чана для броженія.
- м. *Сосудъ для дрожжей* (Hefengefässe). Величина его равна $\frac{1}{18}$ объема затора, число ихъ равно числу заторовъ, приготовляемыхъ въ время одного броженія + одинъ сосудъ для маточныхъ дрожжей (Mutterhefe). При употребленіи искусственныхъ дрожжей требуется 3 раза болѣе дрожжевыхъ сосудовъ, чѣмъ число чановъ, занятыхъ броженіемъ + одинъ сосудъ для маточныхъ дрожжей на каждый чанъ. При акцизѣ допускается объемъ посуды только $\frac{1}{12}$ до $\frac{1}{10}$ часть объема чана.
- н. *Помѣщеніе для дрожжей* равно 2-ой или тройной площади всѣхъ сосудовъ для дрожжей.
- о. *Дистилляція или перегонка бражки.*
- При 6-процентной бражкѣ надо перегнать около $\frac{1}{3}$, чтобы удалить весь алкоголь, причемъ вмѣстѣ съ 1 *kg*. алкоголя перегоняются 5 *kg*. воды.

По Галлю (Gall) 0,1 кв. м. нагреваемой огнемъ поверхности требуется пропускать въ 1 часъ около 2640 тепловыхъ единицъ.

Удельная теплота или теплоемкость алкоголя $\approx 0,62$; спирта теплота образующагося при 63° В. алькогольного пара = 167 единицъ теплоты, а для водяного пара = 537 единицъ теплоты.

При употребленіи перегонныхъ кубовъ съ прямыми паровыми нагреваніемъ, объемъ увеличивается вследствие сгущенія пара, что надо обратить вниманіе при вычисленіи. Перегонные кубы не наполнять бражкой болѣе $\frac{2}{3}$ и они должны быть высотой болѣе ихъ ширины.

а. Винокуренный аппаратъ. Писторіуса.

Самый большой размѣръ подогревателя 1830 л; величина его виситъ отъ того, сколько разъ въ день производится выкурка (обыкновенно 3 раза); бражный и перегонный кубъ 1,5 разъ болѣе тильника; водяные баки имѣютъ тотъ же діаметръ, какъ и кипятникъ и высоту отъ 1 до 2 м. На одномъ аппаратѣ можно ежедневно перекуривать 6900—9200 л браги въ спиртъ около 80% Траппа. Съ Плуэнтскимъ дѣфлегматоромъ можно въ 160 минутъ переработать 68 л въ спиртъ 85% Т.

б. Аппараты съ колоннами. Конструкція ихъ такъ разнообразна, что здѣсь сошлемся на спеціальныя сочиненія.

г. Холодильникъ. Высотой отъ 2,2 до 2,8 м., ширина въверху 1,6 до 2 м., внизу 1,4 до 1,7 м.; спиральная труба имѣетъ 7 поворотовъ, вверху шириной 65 до 80 мм., внизу 40 до 52 мм. Для охлажденія 10 кг. пара въ 1 часъ требуется 0,2 кв. м. охлаждающей поверхности. Бочечные дощечки шириною 157 мм., шириною 40 мм.; достигаются 3-мя желѣзными обручами въ 4,78 кг. на 1 погонный метръ.

д. Винокурня. Высота по кр. м. 3,4 м.; помѣщается въ всего рядомъ съ бродильнею; площадь при двухъ аппаратахъ 1,52 разъ при 1 аппаратѣ по кр. м. 2,5 разъ площадь аппарата. Большой аппаратъ, помѣщающій 1720 л. браги имѣетъ дно длин. 4,4 м. и шириною 2,2 м.

е. Очистка отъ сивухи производится въ фильтрахъ, наполненныхъ древеснымъ углемъ, имѣющихъ высоту въ 4,7 до 6,3 м. и діаметръ въ 0,63 до 0,94 м. Расходъ угля въ кг. на 1 литръ спирта въ 80 Т. виденъ изъ слѣдующей таблицы:

Родъ угля.	Картофел. Хлѣбный спиртъ.		Родъ угля.	Картофел. Хлѣбный спиртъ.	
Сосновый уголь.	36	44	Ясневый уголь.	66	60
Березовый уголь.	28	60	Дубовый уголь.	76	128
Липовый уголь.	20	36	Вѣтловый уголь.	52	80

з. Яма для барды. 1 hl. картофеля съ прибавкой солода даетъ 176 л. и 100 кг крупно-молотаго зерна 556,5 л. барды, изъ чего вычисляются размѣры ямы.

н. Паровой котель. При ежедневной варкѣ въ 4580 до 5150 требуется для движенія всѣхъ приспособленій машина въ 6 силъ на каждые 1720 л. прибавляется еще 1 сила. Для каменнаго угля требуется нагревательная поверхность въ 1,5 до 1,8 кв. м. на 1 до

кроме того для варки на тектолитре картофеля нагревают поверхность 0,75 кв. м. для каждого часа работы. Кроме того требуется на курение в 1 час 50 *kg* крупно-молотого зерна или 1 л. браги нагревать площадь в 2 кв. м. **Резервуары для холодной воды.** При ежедневном курении 2 или 3 раза требуется на *h. l.* картофеля 0,23 свт. воды; на *kg.* картофеля, включая очистку посуды и половъ, требуется 5 до 0,80 свт. воды.

Р. Эйзенманъ (въ Берлинѣ) придумалъ новый способъ очистки картофеля съ помощью озонированнаго воздуха, который, какъ говорятъ, производитъ вполне нейтральный спиртъ.

Н. Производство сахара.

Магизинъ для свекловицы. Для сохраненія нужнаго на почтѣ качества свекловицы. Если сохранять свекловицу болѣе сутокъ, нельзя ее насыпать слоемъ выше 1 м.; 50 *kg.* свекловицы требуютъ помѣщеніе около 0.1 куб. м.; при переработкѣ въ сутки отъ 50 *t.* свекловицы считаютъ площадь вѣ 80 кв. м. безъ проходовъ, на проходы и мѣста для очистки 20 до 25 кв. м.

2. Мойка. При ежедневной разработкѣ вѣ 50 тоннъ требуется рабанъ длиною 2,5 м. діаметромъ отъ 0.78 до 0.94 м. на 100 *t.* длиною 3.16 м. и діаметромъ вѣ 0.95 м. Позади барабана помѣщается сборникъ камня. Если грунтъ глинистый, то требуются два барабана одинъ за другимъ.

3. Горизонтальный транспортеръ: для передвиженія свекловицы въ магазинъ къ мойкѣ при подъемѣ до 300 употребляется гладкій ремень; если круче, то съ перекладинами.

4. (Элеваторъ) поднимаетъ свекловицу къ теркамъ или къ рубкамъ требуетъ площадь вѣ 1.2 кв. м.

5. Терка. При переработкѣ 50 тоннъ вѣ сутки достаточна поверхность барабана вѣ 1370 до 1713 кв. м. при 650 оборотахъ вѣ мин., при 900 оборотахъ можно переработать до 75 тоннъ вѣ сутки. Для переработки вѣ одинъ день одного *kg.* свекловицы требуется поверхность барабана вѣ 34 кв. м. при 650 до 900 оборотахъ вѣ мин. Терка для этого длиною 0.36 до 0.42, діаметромъ 0.63 м. Принимаютъ 10 до 12 зубовъ на 26 мм. длины пилы. Потокъ воды при двойномъ прессованіи 10 до 15%, при простомъ до 50%.

На каждые 10 до 12,5 тоннъ ежедневной переработки 2 лош. силъ.

6. Добываніе сока производится посредствомъ прессовъ, вымочки и цитценбаха и диффузии. (Добываніе центробѣжными машинами) болѣе не устраивается).

а. Гидравлическій прессъ. Насосъ лучше всего устраивается съ двумя скалками съ сомодействующимъ остановомъ при давленіи 180 до 200 атмосферъ. Выходъ сока при простомъ прессованіи 75 до 80%, при двойномъ прессованіи и смачиваніи уже прежде прессованныхъ мешекъ 82 до 87%; остатки 18 до 22% съ 22 до 28% сухого вещества. Одинъ прессъ можетъ переработать вѣ сутки 15 до 20 тоннъ свекловицы. Поверхность мышковъ 0.45 до 0.78 кв. м. высота накладки 1 до 1,3 м. Кладутъ 60—80 тонкихъ или 30—40

толстых слоевъ. Срокъ одной прессовки 9 до 10 мин., при диаметромъ 0,30 до 0. 40 м. На одну лепешку беретъ 2 до мезги. При маленькихъ прессахъ считаютъ одинъ прессовый шокъ на 1250 до 1500 *kg.* при большихъ прессахъ одно полотно на 5000 *kg.* перерабатываемой ежедневно свекловицы. Столъ формировки шириною 0.78 до 1 м. на каждый прессъ для около 0.63 м.

Въ прессовомъ отдѣленіи помѣщается подъемная машина (элеваторъ) 2 ящика для свеклы или карусель, десятичные вѣсы, термометры, ящики для мезги, столы для набивки и прессы. При постановкѣ прессы въ два ряда требуется ширина не менѣе 12 до 12,5 м. и одинъ разъ достаточно ширина въ 7,8 м. Высота зала 3,77 м: такъ высота пресса съ основаніемъ около 2 м., высота проводникова 1,25 м. шкивовъ съ принадлежностями 0,24 м. Карусель, термометры прессы обыкновенно въ одномъ и томъ же помѣщеніи. После чистки и передъ растираніемъ свекловицу взвѣшиваютъ.

Комната акцизн. чиновника рядомъ съ прессовымъ заломъ, около 7 кв. м.

Помѣщеніе для отжимокъ. 100 *kg.* свекловицы даютъ около 20 *kg.* отжимокъ. По случаю скорого прокисанія ихъ не долго оставлять въ заводѣ.

Цилиндрическіе прессы до сихъ поръ въ Германіи въ маломъ употребленіи.

β. Вымочка по способу Шютценбаха. Чаны чугунные, или листового желѣза, высотой 0,9 м. верхній діаметръ 1,55 м. нижній 1,5 м. уставлены ступеньками высотой 0,10 до 0,15 м. Требуется 9 до 14 чановъ. На 0,01 до 0,02 м. выше дна установлена сѣтка сверху оставляютъ для подъема 0,2 м. Высота наполненія 0,62 до 0,01=0,63 м. Каждый чанъ ёмкостью 1,2 куб. м. принимаетъ 415 *kg.* мезги. Мѣшальный приборъ дѣлаетъ 20 до 24 оборотовъ въ минуту. Время пребыванія мезги въ сосудѣ 40—45 минутъ. Производительность одного чана въ день 136,5 *t.* добыча сока 86 до 90%, количество воды примѣшанной къ кашкѣ 30 до 40% количества свекловицы.

Вообще при вымочкѣ требуется воды въ 3 до 4 раза болѣе въ свекловицѣ. Для выжимки мезги требуется на каждые 50 *t.* одной большой или два гидравлическіе прессы поменьше.

δ. Диффузія. Рѣзалка. Кругъ съ ножами дѣлаетъ 150 до 170 оборотовъ въ мин. и можетъ ежедневно переработать 100—140 *t.* свекловицы. Требуется для установки около 3 кв. м. и на движеніе и лош. силы; рѣзки (Schnitzel) не толще 1 до 1,5 мм. и не шире 6 до 10 мм.; длина разная, чѣмъ длиннѣе тѣмъ лучше.

Баттарей состоитъ изъ 8 до 14 закрытыхъ сосудовъ (диффузоровъ) изъ котельнаго желѣза. Каждый диффузеръ ёмкостью въ 5,7 куб. м. Въ сосудахъ отношеніе діаметра къ высотѣ 100 : 1 до 100 : 140; можно допускать также 100 : 118.

Въ каждый диффузеръ можно заваливать 900 до 2000 *kg.* рѣзаной свеклы. Каждый куб. м. диффузера можетъ помѣщать 470 до 500 *kg.* рѣзаной свекловицы. Рѣзки составляютъ 90% всего въ

свекловицы съ 4,8 до 5% сухой массы. Добыча сока изъ 100 *kg.* свекловицы 94 *kg.* Сокъ выдѣляется разбавленный въ 130 до 150 разъ на 100 т. е. каждыя 100 частей свекловицы даютъ по вѣсу 130 150 частей сока. Резервуаръ для свѣжей воды стоитъ на 6 до 10 м., котлы для нагреванія сока 1 до 2 м. выше баттарей. Употребляютъ 1 до 2 даже 3 котла для нагреванія, которые могутъ быть крытые или закрытые. Площадь нагрева закрытаго котла 5 до 10 кв. м. Сокъ нагревается въ котлахъ 75 до 90° Ц. Температура воды, употребляемой для вымочки, должна быть 15 до 20°, а сокъ вмѣстѣ съ рѣзанной свеклы не должны превышать 50° Ц. Первоначально сокъ остается 15 до 30 мин. въ свѣжей посудѣ. Въ сутки можно выжать 60 до 100 диффузеровъ.

Расходъ воды въ диффузерахъ слѣдующій: при давленіи помощью насоса 270% вѣса свекловицы; при давленіи помощью воздуха 120%. Вода распределяется такъ, что на 100 частей свекловицы считать 40 частей воды для сока и 80 частей остаются въ отжимкахъ.

7. *Прессы Кюземана* служатъ для прессованія вымоченныхъ рѣзокъ. При 55 оборотахъ въ мин. и расходѣ 1,5 лш. сил. одинъ прессъ ежедневно можетъ прессовать рѣзки отъ 50 до 60 т. свекловицы на 45 до 55% вѣса свеклы (сокъ содержитъ еще 9 до 11% сухой массы).

8. *Котлы для освѣтленія сока.* Открытые сосуды изъ листового железа съ двойнымъ дномъ, помѣщаютъ 1150 до 1400 л. Наполняются только съ 920 до 1150 л. сока. На ежедневную переработку 35 до 40 т. свекловицы требуется 4 до 5 котловъ. Этотъ способъ даетъ малый расходъ извести въ 0,5 до 2,5% вѣса свекловицы отъ 3 до 4% грязи, содержащей 4 до 5% сахара.

9. *Сатураторъ* (Киндлера) діаметромъ 1,4 м. высотой отъ 1 до 1,25 м. На днѣ проведенъ змѣевикъ для углекислоты діаметромъ въ 65 мм. и длиною 2,5 до 3 м. На нижней сторонѣ змѣевикъ снабженъ отверстіями въ 7 мм. на разстояніи 157 мм. другъ отъ друга, на внутренней сторонѣ дыры могутъ быть чаще и крупнѣе. Вдоль стѣнки проведена спираль для пара. Для ежедневной переработки 100 тоннъ свекловицы объемъ 66,5 куб. м. Время сатураціи 10 мин. Для полученія углекислоты устраивается *Киндлерская* или *Лавенгауэ* печь.

10. *Сатурація* (сист. Йелинека). Это открытые сосуды изъ листового железа, съ змѣевиками для углекислоты и пара, послѣдніе какъ въ *Киндлерскомъ* сатураторѣ. Въ нихъ происходитъ освѣтленіе, отдѣленіе и сатурація одновременно. Высотою они 2 м. діаметромъ 1,5 до 1,6 м. Ящики то цилиндрическіе, то прямоугольные. Для ежедневной переработки 100 до 125 тоннъ свекловицы требуется 6 штукъ. Прибавка извести 2,5 до 3% вѣса сока. Сатурація по сист. Йелинека даетъ 8 до 9% грязи, содержащей 3 до 4% сахара. Если желательна двойная сатурація, то употребляются для втораго раза подобныя же сосуды, какъ для перваго раза.

11. *Ретурдо.* Принимаетъ сгущенную воду и состоитъ изъ сосуда высотой 2,5 м. и діаметромъ въ 1 м. Теперь вмѣсто ретурдо употребляютъ съ выгодною *приборы для отведенія конденсационной воды.*

12. *Подготовительный фильтр* употребляется только въ ва-
дахъ, работающих по старому способу отдѣленія и съ Киндлерскою
сатураціею. Мѣдный сосудъ высотой около 0,63 м. и діаметромъ
0,47 м.

13. *Фильтръ прессы*. На каждыя 50 тоннъ ежедневно перераба-
танной свекловицы достаточенъ 1 прессъ. На каждый прессъ
кв. м. площади. 1 килогр. извести даетъ 3,5 килогр. грязи.

14. *Главный фильтр*. Изъ листового желѣза, вышиною 3 до 12
при діаметрѣ 0,5 до 1 м. Отъ 3 до 10 фильтровъ составляютъ ба-
тарейю. Для фильтрованія жидкаго и густаго сока нужно 18 до 25
угля отъ вѣса ежедневно перерабатываемаго количества свекловицы
(на 100 частей свекловицы около 20%, на 100 частей сока око-
ло 22% угля) 1 тонна угля имѣетъ объемъ 1 куб. м. 1 куб. м. ве-
ситъ 800 до 1200 *kg*. На каждыя 5 *t*. свекловицы можно считать
куб. м. фильтра. На 100 частей объема фильтра требуются 60
70 частей объема сока. На 5 *t*. свекловицы считаютъ 0,8 до 1
куб. м. угля.

15. *Выпарной приборъ Роберта или Тишбейна* состоитъ изъ
250 до 260 тянутыхъ луженыхъ латунныхъ или желѣзныхъ трубъ
длиною 0,94 м. діаметромъ 39 до 46 мм.: корпусъ изъ листового
желѣза. Работаютъ всегда такъ, что 2 или 3 корпуса соединены
паръ перваго нагреваетъ второй и т. д. корпусъ; послѣдній кор-
пусъ снабженъ сухимъ или мокрымъ воздушнымъ насосомъ. За каждыя
корпусомъ находится переходная труба. Трубы соединяющія корпусъ
съ переходною трубою должны быть какъ можно шире.

50 *t*. (по 900%) свекловицы даютъ въ сутки около 45 *t*. жидкаго
или 9 *t*. густаго сока (по 500%).

На каждыя ежедневно перерабатываемые 50 *kg*. свекловицы на-
считываютъ 0,1 кв. м. нагреваемой поверхности.

Паръ изъ перваго корпуса приходитъ во второй уже на 15%
лодѣ и т. д. При каждаго ежедневно перерабатываемыхъ 50 *kg*.
свекловицы требуется при сѣжѣ паръ въ первомъ корпусѣ
кв. м. нагреваемой поверхности, во второмъ 43,6 кв. м. и въ третьемъ
65,3 кв. м. На каждыя 50 кв. м. нагреваемой поверхности во вто-
ромъ корпусѣ выпарнаго прибора воздушный насосъ долженъ выка-
чивать 2,3 до 3,2 куб. м. въ минуту.

Водоотводная труба сухаго воздушнаго насоса должна быть
ниже 10 м.

26. *Вакуумъ аппаратъ* изъ мѣди съ латунными приборами
діаметромъ 1,57 до 1,89 м. На 1 кв. м. нагреваемой поверхности
душный насосъ долженъ выкачивать ежеминутно 2,3 до 3,2 свт. Д.
охлажденія паровъ потребны 0,4 до 0,5 куб. м. воды въ мину-
ту. Можно считать, что густой сокъ на $\frac{1}{4}$ состоитъ изъ воды. 3250 *kg*.
густаго сока выпариваются въ $1\frac{1}{4}$ до $1\frac{1}{2}$ часовъ въ 1670 *kg*.
тѣловой массы для разлива. Считаютъ на 100 *kg*. свекловицы 10—15 *kg*.
сахарной массы и 3 до 5 *kg*. меласа.

17. *Формы* изъ листового желѣза, покрыты краскою и лакомъ.
Отверстія въ конецъ закрываются лужеными гвоздями. Различаютъ

1. *Мемисовы формы*, которыя помѣщаютъ 15 *kg.* сахарной массы, назначенныя только для той массы, которая довольно чиста, чтобы часть быть проданною въ голонкахъ.
3. *Бастеровы формы*, которыя помѣщаютъ 60 до 70 *kg.* и служатъ для массы образующей сахаръ—сырецъ, подвергающийся дальнейшему рафинированію.
7. *Шютценбаховскіе ящики* изъ жести 390 до 630 *mm.* въ квадратѣ при вышинѣ въ 136 до 260 *mm.* При ежедневной переработкѣ 100 *kg.* свекловицы требуются 80 ящичковъ по 0,08 куб. м. Для каждаго ящика требуется 0,4 до 0,5 кв. м. помѣщенія и ихъ можно вѣсить по два другъ на друга. Проходы между ящиками шириною крайней мѣрѣ 1 м.
8. *Сосуды для кристаллизаци* 2-го и до самого худшаго сорта и изъ листового желѣза. Считаютъ при ежедневномъ передѣлѣ $\frac{1}{2}$ свекловицы 200 до 250 куб. м. запасной посуды. Самый худшій сортъ можетъ быть помѣщенъ въ каменныхъ ямахъ.
19. *Центрофуги* для отдѣленія сахара отъ патоки дѣлають обыкновенно 900 до 1100 оборотовъ въ мин. 1 приборъ, смотря по качеству сахар. массы, въ $\frac{3}{8}$ до $\frac{3}{4}$ часовъ можетъ переработать 75 (Въ сутки 6500 до 7000 *kg.* первого или 2000 до 2500 *kg.* 2-го продукта). Первый сортъ обыкновенно на центрофути не пускается.
20. *Мылалка* служитъ для размельченія оставшихся второстепенныхъ продуктовъ (передъ пропускомъ въ центрофути).
21. *Подогревательные котлы* суть мѣдные сосуды съ двойнымъ издѣломъ. Должны помѣстить по крайней мѣрѣ одну варку. Для рафинада требуются по крайней мѣрѣ 2 котла, которые лежатъ надъ вакуумъ аппаратомъ.
22. *Наливальное отдѣленіе* (Füllstube). На 1000 головъ считаютъ проходами 100 кв. м. пола.
23. *Сахарное отдѣленіе*. Требуемая при ежедневной варкѣ 100 головъ, включая проходы 100 до 200 кв. м. Въ рафинадномъ отдѣленіи находятся приборы для отсасыванія головъ (Nutsapparate), число въ равно числу ежедневно изготовляемыхъ головъ.
24. *Сушильни* содержатъ полки, вышиною 2 до 3 формъ, онѣ нагреваются паромъ (прямо или мятымъ паромъ). Считаютъ при ежедневномъ производствѣ 100 головъ 50 кв. м. площади. Срокъ сушки до 8 сутокъ.
25. *Известковыя печи*. Шахтные, въ которыхъ обжигаютъ углелюбую известь. Такая печь 5 до 6 м. вышиною съ діаметромъ отъ 5 до 2 м. обыкновенно три тонны. Ежедневно можетъ производить 100 *kg.* извести. На 50 *kg.* жженой извести требуются при обыкновенной непрерывной печи 23 до 25 *kg.* кокса. Для печи съ газовымъ отопленіемъ Сименса столько же каменнаго угля. Для ежедневной обработки 5000 *kg.* свекловицы требуется 150 *kg.* извести и 119 *kg.* окислоты. Значить расходъ около 300 *kg.* углекислой извести.
26. *Костяной уголь*. При хорошемъ обжиганіи получаютъ отъ 58 до 62% угля изъ свѣжихъ костей. Изъ фильтровъ переходить уголь

въ бродильню. Мокрое брожение продолжается отъ 6 до 7 сутокъ, сухое 8 до 12 сутокъ. Содержаніе оживленнаго угля углекислой известью не должно превышать 6 до 8% (не менѣе 5 и не болѣе 13%). 1 *kg.* хлористоводородной кислоты съ удѣльн. вѣс. 1,16 до 1,17 можетъ разлагать 0,44 *kg.* углекислой извести. Слѣдовательно 1 *kg.* углекислой извести требуетъ 2,25 *kg.* хлористоводородной кислоты. Считаютъ на 50 *kg.* угля 17 до 21 литровъ воды и на 1145 литровъ сока проходившаго фильтръ 5 *kg.* хлористоводородной кислоты. После брожения уголь промывается. Производительность Гофманскаго аппарата для промывки 7 до 9 *t.*, Кюземанскаго 15 *t.* въ сутки. Промывная машина требуетъ площадь въ 7 до 9 *qm.* После промывки прокатываютъ уголь въ (такъ наз. калильных печахъ) чугунныхъ трубахъ. Одна труба доставляетъ при возобновленіи угля каждые 20 мин. 360 *kg.* въ сутки.

Для полученія 3—4 куб. м. прокаленного угля въ сутки, требуетъ печь съ 25 трубами. Потеря угля при каждомъ освѣщеніи около 3 до 5%. На 100 *kg.* костянаго угля требуется 15 до 20 *kg.* каменнаго угля.

27. Паровыя машины. Для ежедневной переработки 50 *t.* свежловицы требуется номинальн. лошади. силъ:

а. При прессовомъ способѣ, для промывной машины 2 л. с. для каждой терки 9, элеватора 1, для каждые 4 прессы по 6, всего всего 18 лш. с.

б. При диффузионномъ способѣ, для промывной машины 2 л. с. для элеватора 1, для каждой рѣзки 3, на каждый Кюземанскій прессъ по 2, вмѣстѣ 8 лш. с.

γ. Кромѣ того необходимы для углекислотнаго насоса 5 л. с. воздушн. насоса 6, водянаго насоса 4, нагнетательнаго насоса для котла 1, для центрофуги 6, вмѣстѣ 22 лш. с.

28. Паровой котелъ. Требуются для машинъ при ежедневной переработкѣ 50 *t.*, при прессахъ 40, при диффузій 30 лш. с. Для выпариванія соковъ можно считать еще 82 до 90 лш. с. такъ что при прессахъ необходимы 122 до 130, при диффузій 112 до 120 лш. с.

Слѣдовательно требуется 260 или 240 кв. м. нагрѣваемой поверхности (2 кв. м. на 1 лш. с.).

Для этого нужна поверхность рѣшетки въ 10,4 или 9,6 кв. м. (на 5 кв. м. поверхности нагрѣва 0,2 кв. м. для рѣшетки).

29. Каменный уголь. Для ежедневн. переработки 50 *kg.* свежловицы, чтобы получить изъ нея бѣлый товаръ, требуются 15 до 12 *kg.* кам. угля. Для приготовления сахарнаго сырца 10 до 15 *kg.* достаточны.

30. Вода. Въ заводахъ съ прессами требуются при ежедневной переработкѣ 5000 *kg.* свежловицы 4,5 до 6 куб. м. воды въ секунду при диффузій требуется болѣе смотря по числу и объему диффузеровъ.

Примечаніе. Таблицы къ сахарному и винокуренному производствамъ находятся въ дополненіи къ первой части.

1. Прядильное и ткацкое производство.

1. Бумагопрядильное производство.

А. Необходимое мѣсто и рабочая сила, а также производительность разныхъ машинъ для обработки хлопчатой бумаги.

НАЗВАНІЕ МАШИНЫ.

Ширина и
длина въ п.

Необход.
рабоч. сил.
въ лощ. с.

Ежедневн.
производ-
ство въ кг.

Волчокъ. Цилиндрической барабанъ съ круглыми коническими зубцами. Діам. 1 м. число оборотовъ 300 до 400. Самодѣйствующее развѣдываніе послѣ 30 до 50 оборотовъ.....	1,22×2,00	2	500
Щипальная машина или Оренег (сист. Тайлоръ). Цилиндрической зубчатый барабанъ діам. 1020 мм. шир. 900 мм. Число оборотовъ 500. Непрерывное питаніе и отведеніе. Вентиляторъ 1200 оборотовъ при діаметрѣ крыльевъ отъ 400 до 500 мм.	1,60×3,043	3,4	2000
Трепальная машина (система Crighton) Вертикальн. кнizu сжимающій ударный барабанъ длин. 900 мм. діам. 500 мм. Питательная воронка; отводное полотно въ рамкѣ; вентиляторъ 1400 оборотовъ	1,80×3,50	3	4500
Щипальная машина Крейтона (двойная) съ приборомъ для наматыванія, все остальное какъ выше.	1,828×7,468	3	3000
Трепальная или взрыхлительная машина съ 2 крыльями каждое діам. 400 мм. и 1500 оборот.			1200
Холстовая трепальн. машина для холстовъ шир. 965 мм. съ автоматическимъ остановомъ для ваты одинаковой длинн. 2 вентилятора каждый съ 1200 оборотами.....	1,752×5,67	4	до 1500
Карда-чесальная маш. для холста шир. 965 мм. съ 3 рабочими и 3 съемными валиками; 10 шляпокъ съ самодѣйствующимъ чистительнымъ приборомъ, діам. барабана 1140 мм.; 1 собиратель, 1 драпка, патентов. гребень (дѣлающій около 1100 ударовъ), вытяжной приборъ, вращающійся тазъ. Барабанъ 140 оборотовъ. Употребленіе для простаго чесанія до № 30. Употребленіе для двойного чесанія, какъ предвартельная до № 50.....	1,778×3,048	0,35	30—32 40
Кардо-чесальная маш. безъ рабочихъ и съемн. валиковъ, съ 24 шляпками, все остальное какъ выше, для вторичнаго чесанія.....	1,778×3,048	0,3	40
Машина для натачиванія шляпокъ и валиковъ. Точильный барабанъ діам. 400 мм. длин. 1080 мм.; 200 оборотовъ.....	1,80×1,00	—	—
Соединительная машина Дерби (Derby doubler.) съ подводными цилиндрами, самодѣйствующимъ остановомъ для каждой ленты, ширина холста 482 мм. длинный столъ для 48 тазовъ.	1,60×3,00	0,6	100
Ленточная или вытяжная машина, 3 головки каждая въ 4 пропуска; 4 ряда вытяжн. цилиндровъ, автоматическій механическій или электрическій остановъ для каждой ленты. Передній цилиндръ 280 до 350 оборотовъ. Мѣсто вклочая и для тазовъ.....	1,676×8,20	0,38	300

НАЗВАНІЕ МАШИНЫ.

НАЗВАНІЕ МАШИНЫ.	Ширина и длина въ м.	Необход. работ. сил. въ лощ. с.	Ежедневн. производ- ство въ 12 ч.
Грубый баккаброшъ. 72 веретень, длин. системы 457 мм., подъемъ 255 мм.; діам. намотанной катушки 127 мм.; діам. цилиндровъ 32 мм. и 25 мм.; 500 оборотовъ веретена. Мѣсто включая тазы.....	1,22×9,134	на одно веретен. 0,0105 до 0,016	на одно веретен. 4 до 6
Средній баккаброшъ. 90 веретень; длина системы 558 мм., высота подъема 203 мм., діаметръ шпульки 115 мм., діам. цилиндр. 29 мм. и 25 мм., 750 оборотовъ веретена. Мѣсто включая установочной рамки.....	0,915×9,288	0,014 0,018	3—4
Тонкій баккаброшъ. 128 веретень, длина системы 517 мм. выс. подъема 177 мм. діам. намотанной шпульки 88 мм.; 1000 оборотовъ веретена; діам. цилиндровъ 29 мм. и 25 мм. Мѣсто включая рамки.....	0,950×9,185	0,015 0,018	до 1,2
Самый тонкій баккаброшъ. 148 веретень, длина систем. 440 мм.; выс. подъема 127 мм. діам. намот. шпульки 63 мм.; діам. цилиндр. 29 и 25 мм. 1300 число оборот. веретена. Мѣсто включая рамки.....	1,000×10,80	0,017 0,026	до 6,6
Сельфакторъ. 820 верет.; разстояніе между веретенами 32 мм.; длина свободной части веретена 152 мм., остальное какъ у слѣдующаго. Мѣсто включая рамки.....	3,276×27,483	0,007	—
Сельфакторъ. 744 верет., разстояніе между верет. 35 мм. длина шпулекъ 177 мм.; діам. цилиндр. 22 и 25 мм. длина хода каретки 1,68 м. 7000 число оборот. верет. Мѣсто включая рамки..	—	0,0066	—
Ватеръ-машина. 300 америк. патентов. кольцев. веретень, раздѣлены ровно на обѣ стороны; дѣленіе 76 мм. 5000 число обор. верет.....	3,276×27,482	0,0079	—
Сучильная машина 100 веретень раздѣлены на обѣ стороны дѣленіе 94 мм., 4000 обходовъ..	0,900×12,000	0,009	—
Мотовило на 30 веретень, дѣленіе 110 мм.....	1,30×5,34 0,70×4,08	0,015 —	—

Считаютъ на движеніе прядильни, въ которой прядуть №№ 20 до 60, 100 веретень, при толстыхъ №№ пряжи (№ 1 до 20) 80 веретень на 1 лощ. силу.

Въ ватерныхъ прядильныхъ только 75 до 80 веретень на 1 лощ. силу.

Отношеніе веретень другъ къ другу по К. Несте.

№ пряжи.	Ч И С Л О В Е Р Е Т Е Н Ъ .					Производи- тельность одного сельфакторнаго веретена въ 12 час. въ <i>kg.</i>
	Б а н к а б р о ш и .					
	I.	II.	III.	IV.	Мюль.	
20	1		2,0937	—	28,72	0,144
30	1		2,0937	—	31,217	0,089
40	1	2,451	5,275	—	75,69	0,055
50	1	2,451	5,275	—	82,4856	0,044
60	1	2,896	7,3696	—	78	0,031
80	1	2,897	7,3696	—	95,206	0,028
100	1	2,451	5,275	11,95	221,15	0,017

Среднимъ числомъ можно считать на 1 тонкопрядильное веретено 0,27 квадрат. метровъ пространства и 2,5 кг. приводовъ, включая всѣ приготовительныя машины, мѣста для смѣшиванія и мотальню.

В. Ткацкое производство.

На 150 ткацких станков для шир. ткани около 1 м., с 15 нитками № 24 тка—и основы на $\frac{1}{4}$ □-и франц. дюймъ считаютъ:

М А Ш И Н А.	Количество.	Длина и шир. въ м.	Необходим. рабоч. сила въ лош. сил.
Мотальная машина с 220 веретен. Главный валъ 80 оборот. въ мин.	1	7,085×1,400	0,28 до 0,33
Сновальная машина с рамкою для катушекъ, окружная скорость барабана 55 м.....	3	5,60×2,80	0,1
Плихтов. машина, система Диккинсонъ, с 2 мѣдными послѣдоват. цилиндрами для сушки или Patent-Bullock and и Whithead с 4 сушильн. цилиндрами и 1 вентиляторомъ для доставки горячей струи воздуха.	1	2,00×2,16	1,3
Ткацкихъ станковъ, с 180 ударами въ мин. ...	150	2,00×1,20	0,2

Производительность одного ткацкого станка въ 12 раб. час. при шир. ткани въ 1 м.; 15 нитокъ № 24 утокъ и основа 45 м.; если 18 нитокъ № 36 до № 44 утокъ и основа 38 м.

Считаютъ на 1 лош. силу: при тяжел. матеріяхъ 3 ткацк. станка, при легкихъ матеріяхъ 4 ткацк. станк., включая приготовит. машины и приводы.

Каждый ткацкий станокъ требуетъ включительно подготовки, амбаровъ для праж и ткани 8,5 квадр. метровъ.

Подъ названіемъ „англійскій номеръ“ бумажной пражы понимается количество петинокъ (hanks) идущихъ на 1 англ. фунтъ; подъ „французскимъ номеромъ“ количество километровъ длины пражы (echeveaux) на полъ килограммъ.

Сравненіе французскихъ и англійскихъ номеровъ пражы:

Французск. №	Англійск. №	Французск. №	Англійск. №
1	1,18	28	33,0
2	2,36	30	35,4
3	3,54	32	37,8
4	4,72	34	40,1
5	5,90	36	42,5
6	7,08	38	44,8
7	8,26	40	47,2
8	9,44	42	49,6
9	10,62	44	51,9
10	11,80	46	54,3
12	14,2	48	56,6
14	16,5	50	59,0
16	18,9	52	61,4
18	21,2	54	63,7
20	23,6	56	66,1
22	26,0	58	68,4
24	28,3	60	70,8
26	30,7		

С. Отдѣлка тканей.

Между прочими употребляются:

Палильная печь. Расходуетъ въ 12 час. дня около 20000 м. ткани 6,7 свт. сырого древесн. топлива.

Промывное колесо, діам.: 2 м. 1,5 лош. силъ.

Цилиндрическая промывная машина. Число оборотовъ 25 въ мин. помещеніе

× 2,8 м. Движ. сила $1\frac{1}{4}$ до 2 лош. силъ.

Центробѣжная (Центрофуга) сушильная машина. Съѣзчатый барабанъ, діам. 95 м. 1000—1200 оборотовъ. Движ. сила $1\frac{1}{4}$ лош. силъ.

2. Льняное производство.

Необходимое помещеніе и рабочая сила, а также производительность машин для обработки льна.

НАЗВАНІЕ И ПОДРОБНОЕ ОПИСАНІЕ МАШИНЪ.	Ширина и длина въ м.	Необходим. рабоч. сила лош. силъ.	Производ- ство въ часъ въ кг и въ м.	Средн. движ- сила, прини- мая въ сообра- женіи остановки въ
Цилиндрическая льнотрепальная машина 5 паръ слѣдующихъ одинъ за другимъ чугунныхъ рифленыхъ цилиндровъ, діам. 200 мм., длина 630 мм. 180 оборотовъ главнаго вала.....	1,500×2,75	1,5	80 до 160 кг.	
Льнотрепальная машина Гильда. 2 пары рифленыхъ цилиндр. съ по перемѣнч. кругов. движ. впередъ и назадъ діам. валовъ 100 мм., шир.: 0,68 м., движущ. валъ 120 обор.....	1,27×1,50	0,55	40 кг.	0,33
Льнотрепальная съ 4 станками по 6 тре- пальн. ножей длин.: 0,93 м. 140 обо- рот. слѣдоват. 6×140=840 ударовъ въ мин.....	2,60×2,30	0,41	14 кг.	0,37
На 1 станокъ...	—	0,11	—	0,09
Гребнечесальная машина для льна (гек- лингъ) Комба. Обработка льна между 2 чесальн. поверхностями въ 6 отдѣлен. Движущ. валъ 167 оборот. шир. рабочей части 1,97 м.....	1,66×3,90	0,45 до 0 48	45 кг. трепан. льнянаго волокна.	0,41 до 0,43
Скорость стержня 0,7 м. въ сек...	—	—	—	—
Раскладочная машина. 4 впуска; главн. валъ 150 оборот. шир. рабочей части 0,356 м.....	1,5×4,0	0,84	1380 м = 30 кг.	0,67
1-ая ленточная маш. 3 головки по 4 лен- ты, 2 отводящихъ валика главн. валъ 150 оборот. шир. раб. ч. 0,84 м.....	2,50×3,10	1,15	—	0,92
На 1 отводящ. валъ...	—	—	1000 м =	—
2-ая ленточ. маш. 3 головки по 6 лентъ.	2,50×3,50	1,08 и 0,75	31 кг.	0,86 до
3 отводи. вал.....	—	1000 м =	—	0,58
На 1 отводящ. валъ...	—	20 кг. и 720 м =	—	—
Предварительная прядильн. маш. или бан- каброшъ съ дифференціалн. движе- ніемъ и парой конoidalныхъ бараба- новъ; 6 головокъ по 10 веретенъ, 180— 200 оборот. главн. вала.....	2,00×6,50	2,25 0,037	—	1,8
На 1 веретено...	—	900 м =	20 кг.	—
Предварит. прядильн. маш. или льняной банкаброшъ Комба. Взамѣнъ ремне- выхъ конусовъ: кеглеобразный оставъ. 8 головокъ по 10 веретенъ. Главн. валъ 190 оборот.....	1,65×8,00	2,0 0,025	900 м = 24 кг.	1,88
На 1 веретено...	—	—	—	—
Тонко-прядная машина (для мокраго пря- денія) 128 веретенъ. Дѣленіе 79 мм. Главн. валъ 370 оборот.....	1,84×5,40	2,74 0,022	—	2,33
На 1 веретено (№ 25)...	—	—	360 м = 3 кг.	—
Растрепывающ. машина для льняной пак- ли (оческовъ), діаметръ барабана 1 м.	—	—	—	—

НАЗВАНИЕ И ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ
МАШИНЪ.

Ширина и длина въ м.	Необходим. рабоч. сила лош. силъ.	Производ- ство въ часть въ kg и въ м.	Средн. движ. сила, прини- мая въ сообр. остановки въ лош. силъ.
1,40×3,00	3	100 kg.	2,40
3,10×4,00	2,57	40 kg.	2,1
3,10×3,40	1,92	25 kg.	1,5
1,40×3,40	0,96 (0,62 до 1,48)	30 до 55 kg.	(0,50 до 1,38)
1,40×3,40	0,75 (0,60 до 0,90)	30—50 kg.	(0,48 до 0,74)
1,50×8,70	2,68	—	2,49
—	—	50 kg.	—
1,84×5,40	2,4	—	2,1
—	—	6,5 kg.	—

Для расчета всѣхъ машинъ служатъ слѣдующія данныя. Если обозначимъ:
D діам. передн. валовъ или вытяжныхъ валовъ въ м.; *U* число оборот. въ мин.;
n число лентъ или шнуровъ; *p* сопротивление, отнесенное къ окружности вытяжныхъ
валовъ въ kg; *f* коэффициентъ для нормальныхъ остановокъ машины; *N* движущая
сила машины въ лош. силъ; *L* длина въ м. выпускаемой въ 1 мин. вытяжными
валами лентъ или пряжи, то движущая сила питающихъ вытяжныхъ, грубо и
тонко прядильныхъ машинъ.

$$N = f \cdot p \frac{D \pi \cdot U \cdot n}{60 \times 75} = \frac{D \cdot U \cdot f \cdot p \cdot n}{1432} = \frac{f \cdot p \cdot L \cdot n}{4500} \text{ лош. силъ.}$$

Среднее сопротивление, приведенное къ окружности вытяжныхъ валовъ въ kg.:

Приводн. валь	31,4	Первая ленточ. для очесовъ (пакли) 18,
Первая ленточная для льна.....	15,3	Вторая " " " " " " 12,2
Вторая " " " " " "	9,87	Очесочн. банкаброшъ..... 10,2
Льняной банкаброшъ	7,81	Тонкопрядильная маш. для очесоч- ной пряжи № 14—16..... 11,9
Тонкопрядильная машина для льня- ной пряжи № 25 до 40.....	10,8	

Для производства въ часъ 100 kg. льняной пряжи № 30 изъ чесаннаго льна тре-
буется движущ. сила въ 111 лош. силъ, а для производства въ часъ 100 kg. пряжи
очесочной № 15 изъ расчес. пакли 71 лош. силъ.

Если въ часъ переработать 1000 kg. льна, то требуется движущ. силы	
для подготовит. машинъ	31,3 лош. силъ
" прядения льна.....	89,0 " "
" " пакли	49,7 " "

Всего..... 170,0 лош. силъ.

Подъ номеромъ льняной пряжи понимается число пасмъ по 300 ярдъ, которыя
содержитъ 1 фунтъ англійскій. На помѣщеніе считается вообще: на каждое тонко-
прядильное льняное веретено по 0,5 кв. для установки всѣхъ машинъ и 0,1 кв.
на амбары для льна и пакли.

Среднимъ числомъ можно считать на 1 лош. силу 33 (отъ 26 до 49) тонкопрядильныхъ веретенъ (включая все приготовленіе) для льняной пряжи № 25 до 35
и пряжи очесочной № 15.

Тканье льняной пряжи производится часто еще на ручн. станках. Ручной станок при тканьи льна производить вследствие малой скорости только половину того, что при тканьи хлопчатой бумаги.

3. Шерстяное производство.

Необходимое помещение и рабочая сила, а также производительность машин для обработки шерсти.

НАЗВАНИЕ И ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ МАШИНЪ.	Ширина и длина въ м.	Необходим. рабоч. сила въ лоп. сил.	Производство въ часъ въ кг. или въ м.	Средн. дви- ж. прини- мая во вни- маніе остан. маш.
Машина для полосканія шерсти, 2 поло- скающихъ крыла съ 35 оборот. въ мин. Каждое крыло съ 4 граблями по 4 зубца діам. крыльевъ 920 мм. Шир. 654 мм. Вѣсъ обработыв. шерсти 20 kg.....	1,93×3,8	0,22	60 kg.	0,167
Центробѣжн. насосъ. Крылья 900 оборот. Машина для промыван. шерсти „Лэвиантъ“ 3 послѣдovat. баттарей.	—	1,50	—	1,20
Центробѣжныя сушильныя машины діам. котла 835 мм. 1300 оборот. въ мин. главный валъ 285 оборотовъ.....	1,72×12,5	5,0	250-300 kg	—
Обработывается 4 партіи въ часъ, каждая въ 30 kg шерсти или 1 кусокъ сукна въ 30 до 40 kg. вѣсу въ влажн. состоян. Обезрепейнивающий волчокъ (система Pougey. Teston). Главн. валъ 198 оборо- товъ. Зубчатый барабанъ діам. 476 мм. дѣлаетъ 350 оборотовъ шир. 880 мм. Вентиляторъ	1,0×1,1	1,32	120 kg.	0,87
Промасливающей волчокъ, 350 оборот. ба- рабана, діам. 820 мм. длина 990 мм. ширина 935 мм.....	1,0×2,72	2,20	10 kg.	1,75
Растрепывающая и перетрепывающая че- сальная машина. Барабанъ 110 оборо- товъ, діам. 945 мм. шир. обработки 900 мм.....	1,75×2,1	0,56—0,7	35 kg.	0,45—0,56
Оканчивающая чесал. маш. Барабанъ 100 обор. діам., 960 мм, шир. 950 мм....	$\left. \begin{matrix} 2,1 \times 2,6 \text{ и} \\ 1,66 \times 3,8 \end{matrix} \right\}$	$\left. \begin{matrix} 0,6 \text{ и} \\ 0,45 \end{matrix} \right\}$	6 и 4 kg.	$\left\{ \begin{matrix} 0,56 \text{ и} \\ 0,40 \end{matrix} \right\}$
Тонкопрядильная Мюль машина съ 240 ве- ретенами въ 2500 оборот. въ мин. Раз- стоян. между веретен. 47 мм.	1,66×3,5	0,65	5 kg.	0,59
Одно веретено аппаратной пряжи.....	3×12	0,65	0,5 kg. (5000 м. № 24)	0,57
Сучильная машина въ 120 веретенъ по 1100. Глав. валъ 220 оборот. Разст. верет. 82 мм.	—	0,003	—	0,0024
Одно крутильное веретено.....	0,7×10,75	0,7	14380 м. крутки	0,60
Проклеивающая основу и сновальныя маш. 450 основныхъ нитокъ, скор. нитокъ 130—240 мм. въ сек. Проклеивающей паровой сушильной, сновальный и на- войный аппараты, шир. раб. части 770 мм. (При этомъ шир. сушильнаго аппарата только 1,5 м., сновальн. рамокъ 2,8 м.)	—	0,007	120 м. нит.	0,005
Механическій ткацкій станокъ для сукна шир. 2,25 м. (система Шенгерръ) 40 до 45 пробѣговъ челнока 2 ремиза, 120 оборотовъ движущ. вала, ширина берда 2400 мм.....	2,8×7,85	0,07	0,138 м. въ сек.	0,05
	1,6×3,85	0,12	—	0,08

НАЗВАНІЕ И ПОДРОБНОЕ ОПИСАНІЕ МАШИНЪ.	Ширина и длина въ м.	Необходим. рабоч. сила въ лощ. сил.	Производит. въ часъ въ кг. или въ м.	Средн. движ. сила прини- мая во вни- маніе остан. въ лощ. сил.
Машина для промывки сукна. Промывные валы 40 оборот. ширин: 1030 mm, діам. 530 mm.....	1,6×2,0	0,50	—	0,46
Скорость движенія сукна 1—1,3 м. въ сек. по 2 куса сразу.....	—	—	2×1,11 м.	—
Простая цилиндрическая сукновальная машина съ однимъ каткомъ для матеріи. Барабанъ шир. 110 mm. 100 оборотовъ.	1,24×1,87	2,5	2,27 м.	2,0
Простая сукновальная машина (система Прессприхъ Ваде) 3 пары горизонт. и 3 пары вертик. валовъ попеременно другъ возлѣ друга. Первые гориз. валы 110, движущ. валъ 171 оборот. въ мин. Шир. 230 mm.....	1,45×2,47	2,75	1,11 м.	2,47
Простая сукновальная машина (система Ластойн). Барабанъ 45 оборот. діам. 690 mm. 3 катка, 2 куса сукна другъ возлѣ друга.....	1,27×2,05	1,60	0,54 м.	1,37
Патунная сукновальная съ 2 молотами, 115 ударовъ (система Шпрингель и Шиммель) подъемъ молотовъ 300 mm. 2 куса сукна предварительно и окончательно валются. Ширина матеріи 600 mm.....	1,2×2,2	2,0	—	1,53
Центрофуга для суконъ, барабанъ діам. 700 до 800 mm. обор. 900 въ мин.	—	—	дастъ въ часъ 8 кусков. сухаго сукна въ кажд. 154 кг.	—
Простая ворсовальная машина безъ ширительнаго прибора. Барабанъ длин. 1,92 м., діам. 770 mm. 90 оборот. 18 ворсов. рамокъ, шир. раб. части 1580 mm.....	1×2,6	0,75	0,155 м.	0,67
Двойная ворсовальная машина, 2 барабана діам. 880 mm. длин. 1,9 м. 100 оборот. шир. раб. части 1330 mm. 18 ворсов. рамокъ.....	2,4×2,7	1,38—4,0	0,059 м.	1,27—3,71
Продольная стригальная машина. Движущ. валъ 105 оборот.; вращающійся ножъ діам. 100 mm. съ 650 оборот. въ мин. Шир. раб. части 1570 mm.	2,12×2,38	0,6	0,040 м.	0,515
Поперечная стригальная машина. Движущ. валъ 105 оборот. Цилиндр. ножъ діам. 70 mm. и 1000 оборот. въ мин. ширина рабоч. части 1150 mm. (60 проходовъ въ часъ).....	1,53×3,0	0,25	—	0,125
Ветосовальная машина 2 щеточныхъ вала діаметромъ 350 mm. ширина раб. части 1700 mm. Столъ для пропариванія.....	1,96×2,00	1,03	0,135 м.	0,77

XIV. Отопленіе и вентиляція строеній.

1. Отопленіе.

а. Отопленіе печами.

Дымовыя трубы, устраиваются 0,45×0,45 м.

Русскія дымовыя трубы по кр. м. 16×16 ст. въ квадратъ, на каждую печь считается площадь въ 80 кв. сант. Для дымовыхъ трубъ

слѣдуетъ предподнимать круглое поперечное сѣченіе, вслѣдствіе лучшей тяги чѣмъ въ квадратныхъ. Въ одну русскую трубу, попер. сѣченіе коей 21 ст. въ квадратъ, нельзя свести болѣе 4 печей.

Трубы, стоящія отдѣльно высотой болѣе $4\frac{1}{2}$ м., должны быть съ 2 стороны толщиной 1 кирпичъ, въ остальные стороны въ $\frac{1}{2}$ кирпича. Всѣ деревянныя части должны быть не ближе 10 ст. отъ ружной стороны трубы.

Дымовыя трубы для заводовъ смотри паровые котлы.

Печи должны стоять только возлѣ капитальныхъ стѣнъ въ разстояніи 10 ст.

Дерев. стѣны ближе 63 ст. должны быть обложены слоємъ въ 1 кирпича.

Для желѣзныхъ печей считаютъ на 1 кв. м. нагревающей поверхности 150 куб., м. отопливаемаго помѣщенія.

По Триесту должна быть окружн. печи $=\frac{1}{7}$ окружн. мал. комнаты $=\frac{1}{9}$ „ „ бол. „ „

Полезное дѣйствіе печей 70—90%

Каменные Каминь. Ширина 1,25 до 1,5 м. толщина 0,5 до 1,25 м. Полезное дѣйствіе 10 до 12%.

Каменные очагъ. Длина 1 до 2 м. Ширина 1 до 1,5 м.

б. Отопленіе огневыми трубами или каналами (для оранжерей, сушиленъ и т. п.). Каналы кирпичные такой же величины, какъ кирпичъ; чтобъ воздухъ могъ подходить со всѣхъ сторонъ, кладутъ каналы изъ кирпича стоймя (на-попа) и перекрываютъ ихъ плитами съ отверстиями. Трубы изъ глины или желѣза съ діаметромъ не менѣе 21 ст., при попер. сѣченіи 0,07 кв. м.; длина оборотовъ трубъ 31 до 38 м., Подъемъ на погонный метръ по кр. мѣрѣ 2 ст. Высота дымовой трубы около $=\frac{1}{3}$ длины огневыхъ проводовъ. Огневая коробка или тонка длиной 0,8 до 0,9 м. $\times$ 0,5 до 0,6 м. Каналы, гдѣ лежатъ трубы, покрываются либо сводомъ въ $\frac{1}{2}$ кирпича, либо чугунными плитами съ отверстиями.

с. Отопленіе нагрѣтымъ воздухомъ.

При употребленіи калориферовъ съ горизонтальными трубами принимаютъ на 1000 куб. м. отопливаемаго пространства 20 кв. м., при системѣ съ вертикальными трубами 15 кв. м. нагрѣвающей поверхности. Площадь рѣшетки $=\frac{1}{130}$ — $\frac{1}{200}$ нагрѣвающей поверхности.

а. Сѣченіе каналовъ для проведенія нагрѣтаго воздуха въ отопливаемое пространство по кр. м. 0,04 кв. м., не болѣе 0,08 кв. м., для обыкновенныхъ комнатъ считаютъ 0,05, кв. м., для большихъ 0,07 кв. м. поперечнаго сѣченія.

в. Сѣченіе каналовъ, приводящихъ холодный воздухъ $\frac{1}{5}$ до $\frac{1}{4}$ наибольшаго сѣченія каналовъ для нагрѣтаго воздуха, въ случаѣ циркуляціи, т. е. если воздухъ изъ комнатъ возвращается въ топочную камеру; $\frac{3}{4}$ до суммы сѣченія каналовъ для нагрѣтаго воздуха, если топочная камера питается наружнымъ воздухомъ и въ этомъ случаѣ имѣются еще:

с. Каналы для испорченнаго воздуха: которые имѣютъ $\frac{1}{4}$ до $\frac{1}{5}$ попер. сѣченія каналовъ для нагрѣтаго воздуха.

д. Паровое отопленіе.

Считаютъ обыкновенно 1,7 кв. м. нагрѣвающей поверхности на 70 куб. м. комнатнаго пространства, которое слѣдуетъ нагрѣвать до 15° и столько же на каждые 100 куб. м. для помѣщенія не очень отопливаемаго (наприм. мастерскія). Диаметръ трубъ (чугунныя или лучше цинкованныя желѣзные) отъ 10 до 20 ст., длина 2 до 5 м.

По Морэну 20 до 24 кв. м. нагрѣвающей поверхности достаточно для 1000 куб. комнатнаго пространства, чтобы нагрѣвать его въ самые холодные дни на 17°.

е. Отопленіе грѣтою водою.

1. Отопленіе грѣтою водою низкаго давленія. Вода нагрѣвается только до 87° до 94° Цельсія и приходитъ въ водяную печь съ температурою около 80°; печь слѣдуетъ выкрасить масляною краской; Теплопроводность между мѣдью, желѣзомъ и чугуномъ = 1: $\frac{5}{12}$: $\frac{2}{3}$. Считаютъ на 1 кв. м. нагрѣвательной поверхности 25 до 30 куб. м. нагрѣваемого пространства. Резервуаръ для расширенія воды, (на чердакъ) открытый сверху; вслѣдствіе расширенія воды объемъ его долженъ быть 0,045 объема употребленной воды, кромѣ того должны быть допущены только вертикальныя трубы или таковыя съ большимъ уклономъ. Сѣченіе трубъ зависитъ отъ величины нагрѣвающей поверхности одного прохода, минимумъ можно допускать для 10 кв. м. нагрѣвающей поверхности попер. сѣченіе трубъ въ 11 до 7 кв. ст.; смотря потому питаются ли трубою одинъ большой или нѣсколько маленькихъ нагрѣвательныхъ аппаратовъ; обыкновенный внутренній диаметръ 7,5 до 12 ст.

Для водогрѣйнаго котла считается на 1 кв. м. нагрѣвательной поверхности до 35 литровъ объема воды при топкѣ каменнымъ углемъ. Считаютъ на 100 куб. м. отопливаемаго пространства 0,4 до 0,6 кв. м. огневой поверхности и 0,027 до 0,03 кв. м. всей поверхности рѣшетки. Котлы пробуются на давленіе въ 3 атмосферы сверхъ воздушнаго.

2. Водяное отопленіе высокаго давленія (система Перкинса). Теперь нагрѣваютъ воду только до 120° и никакъ не болѣе 175°, что соотвѣтствуетъ давленію 8 атмосферъ. Вся система состоитъ изъ трубъ, наружн. диаметръ коихъ 35 мм. и внутренній 24 мм. изъ которыхъ 6-ая часть, спирально согнутыя, находятся въ прямомъ соприкосновеніи съ огнемъ. На 1000 куб. м. отопливаемаго пространства считаютъ 10 до 17 кв. м. поверхности трубъ. Резервуаръ для расширенія плотно запирается.

Печныя спирали при диаметрѣ 33 мм. и длинѣ 20 до 30 м. имѣютъ огневую поверхность около 2 до 3 кв. м. На 1 м. печной спирали = 1000 кв. сант. огневой поверхности, считаютъ около 28 кв. сант. общей и изъ нихъ 7 кв. сант. свободной поверхности рѣшетки.

2. Вентиляція.

Чистый атмосферическій воздухъ содержитъ 0,0004 до 0,0006 углекислоты, граница допускаемаго содержанія углекислоты 0,002.

По опытамъ Баррала человекъ выдыхаетъ въ часъ 60 граммовъ

водянаго пара и 20 литровъ углекислоты; и 13 gr. достаточны для насыщения 1 куб. м. воздуха.

По опытамъ д-ра de Chaumont 17° Цельс. самая лучшая комнатная температура.

Потребность чистаго воздуха на человѣка въ часъ по Морэну.

Въ госпитал. для незаразительныхъ болѣзней 70 до 100 куб. м.

" " " эпидемическихъ 150 " "

Мѣстахъ для заключенія 50 " "

" Мастерскихъ 60 " "

" (Вредныхъ для здоровья 100 " "

" Казармахъ (ночью) 40 до 50 " "

" Театрахъ и залахъ 40 до 50 " "

" Училищахъ 15 до 30 " "

" Для взрослыхъ (вечеромъ) до 35 " "

" Конюшняхъ (по Дру Мэркеры) 60 до 100 " "

Для обыкновенныхъ комнатъ достаточно для человѣка въ часъ 15 до 20 куб. м. воздуха; при немногихъ огняхъ и хорошей вентиляции можно не считать воздухъ необходимымъ для первыхъ. Потребность воздуха на горѣлку въ часъ:

При газов. освѣщен. (расходъ 0,1 куб. м.). 26 куб. м. воздуха.

" Стеариновыхъ или восков. свѣчахъ. . . 6 " "

" Салын. свѣч. (расх. 0,01 kg. въ час.). . . 1,66 " "

" Ламповомъ освѣщ. съ сильн. пламен. . . 24 " "

Какъ при вентиляции, основанной на разности температуръ и вслѣдствіе этого на разности вѣса, такъ и при высасываніи (аспирации) и нагнетаніи (пульзаціи) воздуха скорость его должна быть не болѣе 1 м. въ сек., иначе чувствуется тяга воздуха.

XV. Желѣзное производство *).

1. Огнеупорные матеріалы.

1. Искусственные камни, приготовляются изъ огнеупорной глины. Чѣмъ болѣе содержаніе SiO_2 , тѣмъ менѣе жирна глина. Глина оставляется послѣ добыванія изъ земли 2—4 года на воздухѣ, слоями не толще 4,5 м. (для гніенія), потомъ промывается, мѣсится и формуются. Примѣсь сѣрнаго колчедана дѣлаетъ глину негодною какъ огнеупорный матеріалъ; также вредна окись желѣза въ большомъ количествѣ.

2. Анализъ нѣкоторыхъ огнеупорныхъ глинъ: а) и б) для доменныхъ и коксовыхъ печей, в) для пудлинговыхъ и сварочныхъ печей:

	Al_2O_3	SiO_2 соединен. химич.	Песокъ.	Fe_2O_3	CaO	K_2O	Потеря при нака- ливаніи.
а)	35,70	38,29	4,40	1,01	слѣды.	1,11	19,49
б)	32,66	36,21	14,20	3,23	0,50	1,56	11,64
в)	17,31	19,99	55,89	0,56	—	0,46	5,70

*) По металлургіи Перси и по календарю Фелинда.

3) Сырой материал для динасовых *) кирпичей состоит изъ:

Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	CaO	K_2O, Na_2O	H_2O
0,72	98,31	0,18	0,22	0,14	0,35
1,39	96,73	0,48	0,19	0,20	0,50

Крупный порошок смешивается съ 1% CaO .

4) Ганистръ а) von Scheffeld б) von Wales.

	Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	CaO	H_2O
а)	4,21	94,40	0,70	незначит.	0,69
б)	4,23	93,50	0,80	0,26	1,00

Для Бессемеровских ретортъ употребляется ганистръ безъ примеси, для огнеупорныхъ кирпичей примѣшиваются 8% огнеупорной глины.

5) Доломитъ изъ Hörde для Бессемеровскихъ ретортъ:

SiO_2	Al_2O_3, Fe_2O_3	$CaCO_3$	$MgCO_3$
2,14	0,62	55,05	42,50

6) Основной материалъ для Thomas-Werke а) изъ Витковица; б) изъ Дуйсбурга (Vugue & Co) в) Магнезия-кирпичъ по Шейблеру д) по Глоссону.

	MgO	CaO	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	P_2O_5
а)	5,19	84,0	4,39	6,03	0,94	0,09
б)	35,12	55,27	5,58	2,84	1,34	0,05
в)	95,99	2,18	1,47			
д)	96,60	1,94	1,05			

7. Огнеупорная масса: 0,3 глиняной муки, 0,6 песку, 0,1 шамоттъ или кварцеваго песку.

8. Набойка: Фрейбергская: 1 объемъ глины + 2 ч. объема коксваго мусор.; Верхняго Гарна: 2 объема глины + 1 объемъ муки изъ глинистаго сланца.

2. Топливо.

1. Абсолютная нагревательная способность топлива есть то число един. тепла, которое отдѣляется при горѣнн единицы вѣса (1 kg).

Удельная нагревательная способность топлива есть то число един. тепла, которое отдѣляется при горѣнн единицы объема (1 литръ). Она равна произведенію изъ абсолютной нагревательной способности на удѣльный вѣсъ топлива.

Пирометрическое дѣйствіе топлива есть температура (въ градусахъ Цельсія) получаемая при горѣнн одного kg . этого топлива.

*) Т. н. динасовые кирпичи дѣлаются изъ песку, собираемаго на скалахъ (Dina-felsen) въ Glamorganshire и состоящаго почти изъ чистаго кремнезема.

и доступъ только нужнаго для горѣнія воздуха) пирометрическое дѣйствіе этого топлива въ градусахъ Цельсія:

$$T = \frac{p \cdot c + p'c^1 + (p''h - 9hl) - w \cdot \lambda}{3,67c \cdot s + 2,33c's_1 + 9hs_3 + ns_2 + ws_3 + As_4}, \text{ гдѣ}$$

$$c + c_1 + h + w + A = 1 \quad \text{и} \quad n = (2,67c + 1,33c' + 8h)3,19$$

Если сгоритъ весь C въ CO_2 , то $c^1 = 0$ и формула будетъ

$$T = \frac{2785 \cdot c + 102000h - 226w}{c + 0,16w + 3,65h + 0,07A} \quad *) \text{ по которой } T \text{ вычислено въ слѣд. таблицѣ.}$$

Родъ топлива.	Средній составъ.				Абсолют. нагр. спос. ед. теп.	Пирометр. град. С.	Необх. прост. теорет. колич. воздуха въ 0° давленіи 760 мм для сгорѣнія 1 kg въ свѣт.	Получаемое при горѣніи 1 kg. колич. газовъ приведенное къ давленію въ 760 мм и 0° С	
	C	H	H ₂ O	Зола				куб. м.	куб. м.
Сухое дерево....	0,396	—	0,594	0,01	2820	1969	3,466	4,201	8,826
Сухой торфъ....	0,420	0,014	0,516	0,05	3550	2146	4,044	4,759	9,998
Волокнистый бурый уголь....	0,444	0,009	0,472	0,075	3600	2191	4,123	4,755	9,990
Землистый бурый уголь.....	0,504	0,018	0,378	0,10	4450	2357	4,884	5,449	11,448
Смолистый бурый уголь.....	0,570	0,028	0,352	0,05	5350	2450	5,724	6,313	13,264
Жирный камен. уголь.....	0,704	0,031	0,225	0,03	6600	2595	6,977	7,435	15,621
Спекающийся кам. уголь.....	0,766	0,041	0,163	0,03	7500	2664	7,782	8,206	17,241
Землистый или тощій кам. уголь.	0,796	0,041	0,133	0,03	7760	2688	8,045	8,431	17,713
Антрацитъ.....	0,877	0,031	0,072	0,02	8110	2734	8,491	8,744	18,371
Коксъ.....	0,920	—	—	0,05	7430	2774	7,441	8,043	16,898
Древ. уголь.....	0,880	0,020	0,080	0,02	7750	2104	8,016	8,429	17,709

1 kg C сгорая въ O въ $CO_2 = 10015^0C$ въ воздухѣ $= 2716^0C$

1 " CO " " O " $CO_2 = 6950^0C$ " " $= 2967^0C$

1 " H " " O " $H_2O = 6744^0C$ " " $= 2694^0C$.

3. Таблица вѣса и полезной нагрѣвательной способности топлива (по Бриксу).

Родъ топлива.	Вѣсъ куб. метра въ klg.	Полезная нагрѣват. способность (при средн. содерж. воды) 1 куб. метръ топлива испаряетъ воды при 0° kg.	Теоретическая парообразовательная способность	
			топлива.	органич. части
Сосновыя дрова..	374—397	1430—1660	5,774	6,873
Ольховыя дрова..	350	1340	5,273	6,678
Березовыя дрова..	416	1560		
Дубовыя дрова...	468	1750		
Красно-буковые дрова.....	465	1690		
Бѣло-буковыя др.	465	1700	5,9	8,13
Торфъ.....	260—380	950—1390		
Бурый уголь.....	610—700	2395—1575		
Сосновый уголь..	194	1360	11,66	12,82
Торфяной уголь..	285	2020	10,14	11,74
Коксъ.....	520—570	3840—4330	10,39	12,11
Каменный уголь.	740—960	4975—6945	10,97	12,54
Нефть.....	900	—	—	17,46

*) Здѣсь принято по Ренью, что 100 вѣс. час. воздуха содержать 23,58 O и 76,42 N и 100 част. объема 21,33 O и 78,67 N.

**) Гарманомъ.

4. Описание разныхъ сортовъ топлива.

а) Дрова. Содержаніе золы 1,2 до 2,30%, среднимъ числомъ 1,50%. Свѣже-срубленное дерево содержитъ 400%, высохшее на воздухѣ (чрезъ 1½ или 2 года послѣ рубки) 200% гигроскопической воды; послѣднее состоитъ изъ 400% С, 400% химическ. и 200% гигроскоп. воды. Удельный вѣсъ вполне сухаго дерева, не содержащ. воздуха 1.48 до 1.33. Кажущійся удѣльный вѣсъ дерева, *) бѣлый букъ 0.77, дуба 0.71, осины 0.67, березы 0.63, вяза 0.57, сосны 0.53, ольхи 0.54, ивы 0.53, пихты 0.48, лиственницы и ели 0.47, липы 0.44, тополя 0.39.

По Пекле при горѣнн дерева передается посредствомъ лучей 0,3 всего произведеннаго количества теплоты.

Вѣсъ куб. сажени еловыхъ и сосновыхъ дровъ свѣжихъ 275 пудовъ, годовалыхъ 225 пуд.; березовыхъ и ольховыхъ свѣжихъ 375 пуд., годовалыхъ 300 пуд.; хвороста 100—125 пуд.

При хорошей кладкѣ считаютъ на пустые промежутки при крупномъ лѣсѣ 1/5, мелкомъ 2/5, сучковатомъ 4/13 всего объема дровъ.

Смотря по твердости, различаютъ дерево „твердое“ (дубъ, букъ, грабъ), „мягкое“ (пихта, липа, ива, осина) и „полумягкое“ (ясень, кленъ, береза, ольха, сосна и т. д.).

При оцѣнкѣ дровъ какъ топлива принимаютъ во вниманіе также длину даваемого имъ пламени при горѣнн; оно самое большее для сосны 100, потомъ идутъ букъ, ясень и грабъ (97), дубъ, лиственница и вязъ (81), береза 76, ель 71, липа 62, осина 57, ольхы 52, ива 45, пиполь 44.

Сплавка уменьшаетъ достоинство дерева, ибо при сплавѣ, вслѣдствіе выщелачиванія, удаляется изъ дерева извѣстное количество органич. горючихъ веществъ и прибавляется много грязи; выщелачиваніе уменьшаетъ кажущійся уд. в. дерева и количество горючаго матеріала въ данномъ объемѣ.

Солома. Содержитъ 3,10—6,15% воды и 93,85—96,9% горючихъ веществъ. Элементарный составъ органич. части соломы и луговаго сѣна:

	г.	н.	о.
Солома	46,8	6,2	47,0
Сѣно.	50,3	6,3	43,4.

Выжиганіе угля. Костеръ или куча 80 до 150, рѣдко 300 куб. м. Выходъ угля по вѣсу 20 до 250%, по объему 50 до 750% (средн. числомъ 55 до 560%). При обугливанн отношеніе крупныхъ, сучковатыхъ и мелкихъ дровъ другъ къ другу лучше всего какъ 6:1:3. Костры изъ мягкаго лѣса и при діаметрѣ въ 7,8 до 9,4 м. послѣвуютъ въ теченіи 2—2½ недѣль, костры діаметромъ 14—16 м. въ теченіи 4—5 недѣль.

Древесный уголь всасываетъ около 5 до 80% гигроскопической воды. Кажущійся удѣльн. вѣсъ древ. угля (т. е. уд. в. угля вмѣстѣ съ газами въ его порахъ) 0,106—0,252; истинный уд. в. 1,4 до 1,5; 1 куб. м. др. угля вѣситъ 112—144 kg.

На Уралѣ уголь мѣрется коробами. Величина короба въ разныхъ заводахъ различная, напр. въ Кувинскомъ и Добрянскомъ 6 куб. арш., въ Очерскомъ 7,3; въ Вилимбаевскомъ и Кыновскомъ 6,45. Вѣсъ короба сосноваго угля (Кыновской мѣры) въ 26432 куб. вер. въ Алапаевскихъ заводахъ 21 пуд., въ Вилимбаевскомъ 23; березоваго угля 26 пуд. въ Алапаевскихъ, 28 въ Вилимбаевскомъ, 21 пуд. въ Кыновскомъ; осиноваго въ Кыновскомъ 18 пуд. и еловаго 17 пуд.

Реторты для обугливанія длиною 2—3 м. шир. 0,8—1,2 м. Въ

*) Т. е. удѣльный вѣсъ плотной массы клѣтокъ съ содержащимися въ нихъ водою и воздухомъ.

Bisca перерабатываютъ въ 1 сутки (24 часа) 7000 *kg.* дровъ при расхѣ 1500 *kg.* каменнаго угля.

Количество лучистой теплоты, отдѣляемой древеснымъ углемъ, равно $\frac{1}{2}$ всего количества развивающейся теплоты.

3. *Торфъ*. Органическая масса, содержитъ около 54% C, 45% химич. H_2O и 1% H; торфъ содержитъ 1 до 30% золы и если онъ просохъ на воздухѣ 25% гигроскоп. воды. Удѣльн. вѣсъ = 0,11 до 0,4. 1 куб. м. торфа, высуш. на воздухѣ, вѣситъ 325 до 410 *kg.*

Количество лучистой теплоты, отдѣляемое торфомъ, равно половинѣ всей развиваемой теплоты.

4. *Бурый уголь*. Органическая масса бураго угля состоитъ изъ около 70% C, 28% химическ. воды и 2% свободного H. Количество золы 5—10%, гигроскоп. воды 20%. Удѣльн. вѣсъ = 0,8 до 1,5. 1 куб. м. (высохш. на воздухѣ и въ кускахъ) вѣситъ около 700 *kg.*

Бурый уголь имѣетъ много подраздѣленій; но обыкновенно различаютъ только *лигнитъ или солокистый бурый уголь* въ видѣ свѣтлобурыхъ кусковъ съ ясно выраженнымъ растительнымъ строеніемъ и *землистый бурый уголь* въ видѣ безструктурной болѣе или менѣе плотной массы съ землистымъ изломомъ, твердый, блестящій и похожій на каменный уголь называется *смолистый бурый уголь*.

5. *Каменный уголь*. Бунге подраздѣляетъ каменные угли по ихъ отношенію къ нагрѣванію и по нѣкоторымъ свойствамъ, на слѣдующія пять группъ:

1) *Антрацитъ*—это каменный уголь самаго древняго образованія; при сухой перегонкѣ даетъ очень мало летучихъ продуктовъ, такъ-какъ органическая его часть состоитъ почти исключительно изъ углерода (сред. числомъ 94%); онъ не спекается во время нагрѣванія. Удѣльный вѣсъ его 1,52.

2) *Тошій антрацитовый уголь* составляетъ переходъ къ слѣдующему виду угля и при нагрѣваніи въ закрытомъ сосудѣ даетъ коксъ неспекающийся.

3) *Жирный каменный уголь* даетъ даже въ порошокъ сплавленный, пузырчатый коксъ; онъ сѣровато-чернаго цвѣта съ неровнымъ изломомъ и жирнымъ блескомъ. Сильная спекаемость этого вида угля дѣлаетъ его не всегда пригоднымъ для очаговъ, такъ-какъ она мѣшаетъ доступу воздуха. Особенно пригоденъ этотъ уголь для кузнечныхъ горновъ и для приготовленія газа.

4) *Полужирный уголь* обладаетъ большимъ блескомъ, чѣмъ предыдущій; при накаливаніи не вздувается и куски кокса не сплавляются одни съ другими, а только спекаются, какъ бы склеиваются. Къ этому сорту можно причислить газовый уголь, который даетъ много газа, но мало спекается; плотное видоизмѣненіе его называется свѣчнымъ углемъ (cannel-coal).

5) *Тошій пламенный уголь* горитъ длиннымъ пламенемъ и даетъ коксъ, который вовсе не спекается; это переходъ къ лигнитамъ.

Гильтъ по количеству кокса и летучихъ веществъ, даваемыхъ углемъ при накаливаніи въ закрытомъ сосудѣ, раздѣляетъ камен. угли на 6 группъ:

	отъ	летучихъ вещ.	95—90% кокса.
1. Антрацитъ	10—100%	95—90%	90—85,5
2. Полужирные (кардифъ)	10—15,5	85,5—80,5	80,5—75,5
3. Жирные, коксовые угли	15,5—33,3	80,5—75,5	75,5—66,5
4. Жирные газовые	33,3—40	75,5—70,5	66,5—60
5. Полужирн. газовые	40—44,4	70,5—65,5	60—56,5
6. Тоще газовые	44,4—48	65,5—60,5	56,5—52,5

Угли группы I пригодны для употребленія въ шахтовых печахъ, для выжиганія кирпича и извести, и въ домашнемъ обиходѣ; требуютъ сильную тягу и горятъ не большимъ пламенемъ почти безъ дыма; угли группы II пригодны для тойже цели, но употребляются преимущественно для топки паровыхъ котловъ. Угли III группы подраздѣляются на а) угли, дающіе отъ 15,5 до 20% летучихъ веществъ, употребляются преимущественно на выдѣлку кокса, и для кузницъ и б) угли, дающіе отъ 20 до 33,3% летучихъ веществъ, пригодны для коксованія, но употребляются въ отражательныхъ печахъ. Уголь группы IV есть лучший газовый уголь, какъ по количеству, такъ и по качеству газа, даваемого имъ при сухой перегонкѣ. Угли V и VI группъ употребляются въ отражательныхъ печахъ; при топкѣ же паровыхъ котловъ даютъ слишкомъ большое количество дыма.

Грунеръ, подраздѣляетъ кам. угли на пять группъ, принимая во вниманіе: 1) элементарный составъ углей и отношеніе между водородомъ и кислородомъ, 2) плотность и степень вязкости угля, 3) свойства и количество кокса, 4) относительное количество смолы, воды и газа, получаемыхъ при перегонкѣ и наконецъ 5) теплопроизводительную и нагревательную способность углей.

1) *Сухіе пламенные угли*. Они не спекаются, вслѣдствіе слишкомъ значительнаго содержанія въ нихъ кислорода. Они имѣютъ рѣдко чисто-черный цвѣтъ; порошкъ ихъ болѣе или менѣе бурый, коксъ получается порошковидный или легко спекающійся. Изломъ ихъ неровный до раковистаго или болѣе или менѣе занозистый. Они вообще тверды и трудно истираются, хотя имѣютъ незначительный удѣльный вѣсъ, а именно 1,25. Одинъ куб. метръ угля въ кускахъ вѣситъ 700 kilogr.

Средній элементарный составъ органической части этихъ углей по Грунеру:

Углерода.....	75—80
Водорода.....	5,5—4,5
Кислор. и азота.....	19,5—15,5.

Отношеніе $\frac{O+N}{H}$ колеблется между 4 и 3.

При сухой перегонкѣ они даютъ:

Кокса.....	50—60
Аммиачной воды.....	12—5
Смолистыхъ веществъ.....	18—15
Газовъ.....	20—30

} 50—40.

Сухіе угли всего болѣе пригодны для отражательныхъ печей. Коксованіе идетъ дурно. Болѣе всего употребляются они для нагреванія паровыхъ котловъ, причемъ даютъ равномерный жаръ; но съ другой стороны сильно дымать. Большую частію они хорошо выдерживаютъ перевозку на далекаго разстоянія не разсыпаясь, что составляетъ большое достоинство угля.

2) *Жирные пламенные угли*. (Газовый уголь). Они, какъ и угли первой группы, даютъ длинное коптящее пламя. При коксованіи куски этихъ углей теряютъ свою форму и сплавляются, а при коксованіи порошка, частіи его соединяются въ одну болѣе или менѣе пористую массу. Угли этой группы вообще тверды и удобны для перевозки хотя не въ такой степени, какъ угли первой группы. Изломъ ихъ скорѣе листоватый, чѣмъ занозистый; цвѣтъ болѣе черный, а блестя болѣе сильный чѣмъ у сухихъ углей. Удѣльный вѣсъ отъ 1,28—1,30. Одинъ куб. метръ угля въ кускахъ вѣситъ отъ 700—750 кило. Элементарный составъ органической части углей слѣдующій:

Углерода.....	80—85
Водорода.....	5,8—5,0
Кислорода и азота.....	14,2—10.

Отношеніе $\frac{O+N}{H}$ отъ 3 до 2.

При сухой перегонкѣ они даютъ:

Кокса.....	60—68
Аммиач. воды.....	5—3
Смоляч. веществъ.....	15—12
Газовъ.....	20—17

} 40—32.

Жирные угли даютъ слѣдовательно менѣе газа чѣмъ сухіе, но газъ, даваемый ими, обладаетъ лучшими качествами. Они главнымъ образомъ употребляются для полученія свѣтлignaго газа и удобны для отражательныхъ печей. Для полученія кокса, для металлургическихъ цѣлей ихъ рѣдко употребляютъ, такъ какъ они даютъ менѣе кокса, чѣмъ слѣд. два класса углей и кромѣ того доставляемый ими коксъ всегда ложекъ, ломокъ и пористъ.

3) *Жирные кузнечные угли.* Угли эти имѣютъ красивый черный цвѣтъ, сильный жирный блескъ, болѣе или менѣе листоватое сложеніе и даютъ порошокъ бурого цвѣта. Они горятъ длиннымъ блестящимъ пламенемъ; въ жару размяччаются и даже свѣтятся и вмѣстѣ съ тѣмъ сильно вспучиваются; частицы ихъ, соединяясь въ одну плотную массу, образуютъ сводъ надъ вещью, накаливаемою въ горну; отсюда и происходитъ предпочтеніе, которое имъ оказываютъ для кузнечнаго дѣла. Ихъ средній удѣльный вѣсъ = 1,30; одинъ куб. метръ угля въ кускахъ вѣситъ 750—800 килограммъ.

Элементарный составъ органической ихъ части слѣдующій:

C	84—89
H	5,5—5
O и N	11—5,5

Отношеніе $\frac{O+N}{H}$ колеблется между 2 и 1

При сухой перегонкѣ они даютъ:

Кокса	68—74
Амміачной воды	3—1
Смоли	13—10
Газовъ	16—15

Этотъ уголь преимущественно пригоденъ для кузнечнаго дѣла и коксованія, но имѣющимъ почти во всѣхъ родахъ промышленности.

4) *Жирные угли съ короткимъ пламенемъ или коксовые угли.* Имѣтъ сложеніе, похожее на сложеніе углей предыдущей группы; но менѣе сильный блескъ, съ плотностью колеблется между 1,30—1,35; одинъ куб. метръ вѣситъ 800 килограммъ. Угли эти почти все домки и легко растираются въ порошокъ. При нагреваніи они выделяютъ мало летучихъ продуктовъ, воспламеняются трудно и горятъ короткимъ, свѣтлымъ пламенемъ, давая мало дыма. При сухой перегонкѣ куски скакются и даже вспучиваются, тѣмъ не менѣе коксъ получается плотный и твердый. Разновидности этой группы, переходящія къ тощему углю, обладаютъ и болѣе слабою спекаемостью. При лежаніи на воздухѣ слабо жирные угли теряютъ также способность спекаться при нагреваніи, поэтому этого рода угли слѣдуетъ коксовать съ жѣлкомъ состояніи такъ, какъ они получаются изъ копи. При этомъ условіи они даютъ прекрасный, плотный и твердый коксъ и притомъ въ большемъ количествѣ.

Элементарный составъ коксового угля слѣдующій:

C	88—91
H	5,5—4,5
O и N	6,5—4,5

Отношеніе $\frac{O+N}{H}$ приближается къ 1.

При сухой перегонкѣ угли этой группы даютъ:

Кокса	74—82
Амміачной воды	1—1
Смоли	10—5
Газовъ	15—12

5) *Тоще или антрацитовые угли.* Они представляютъ переходъ къ антрациту; они черны и обыкновенно испещрены матовыми полосами; связь въ нихъ слабая, но увеличивается тѣмъ болѣе, чѣмъ ближе эти угли приближаются къ твердымъ антрацитамъ. Ихъ уд. вѣсъ лежатъ между 1,35 и 1,40; вѣсъ кубическаго метра угля въ кускахъ доходитъ до 850. Эти угли загораются трудно и горятъ небольшимъ пламенемъ почти безъ дыма; часто они, подобно антрацитамъ, растрескиваются въ огнѣ, что затрудняетъ ихъ употребленіе. При прокалываніи даютъ коксъ или спекающийся или порошокатый.

Составъ органической ихъ части слѣдующій:

Углерода	90—93
Водорода	4,5—4
Кислорода и азота	5,5—3

Отношеніе $\frac{O+N}{H}$ чаще бываетъ менѣе, чѣмъ болѣе 1.

При сухой перегонкѣ получается:

Кокса	82—90
Амміачной воды	1—0
Смоли	5—2
Газовъ	12—18

Этот уголь при горѣніи требуетъ сильной тяги воздуха и въ особеннос-
пригоденъ для шахтовыхъ печей всѣхъ родовъ.

Содержаніе золы въ кам. углѣ среднимъ числомъ 3 до 7%. Соде-
жаніе гигроскопической воды бываетъ 5%. Уд. вѣсъ 1,25 до 1,
1 куб. м. каменного угля вѣситъ отъ 700—940 *kg*. Органическа-
часть каменныхъ углей содержитъ 83,15% *C*; 5,14% *H* и 11,71%
O и *N*.

ε. Коксъ. Выходъ, при землистомъ (Sandkohl) камен. углѣ 55
65% при жирномъ (Sinterkohl) 60—70%, при спекающемся (Backkoh-
60—80. Коксъ принимаетъ около 3—5% гигрокоп. воды. Количества
золы 6—10%. Образующіеся при коксованіи газообразные продукты
перегонки относятся къ сгорающимъ какъ 11 : 20.

1 куб. м. землистого или тощаго кокса вѣситъ 528,8 *kg*. 1 куб.
жирнаго кокса 495 *kg*. 1 куб. м. спекающагося кокса (костров-
378,4 до 421,6 *kg*. 1 куб. м. спекающагося кокса (печнаго) 331
до 378,4 *kg*.

Лучистая теплота кокса нѣсколько болѣе, чѣмъ для древесн. угля.

Нефть. Густая жидкость желтоватаго до бураго, даже черна-
цвѣта. Сырая Бакинская нефть имѣетъ 86,3% *C* + 13,6% *H* + 0,1%
теплотворная способность 11460 калорій; удѣльный вѣсъ 0,884; вѣс-
1 куб. фута 1,53 пуда. Составъ нефтяныхъ остатковъ съ бакинскихъ
керосинныхъ заводовъ 87,1% *C* + 11,7% *H* + 1,20; нагрѣв. сила 10700 ка-
лорій. Удѣльн. вѣсъ = 0,928. Вѣсъ 1 куб. фута = 1,6 пуда. По дан-
нымъ Нобеля на практикѣ 2 пуда нефтяныхъ остатковъ замѣняютъ
3 пуда каменнаго угля.

Сравненія. Черезъ сравненіе нагрѣв. силы горючихъ матеріаловъ
получимъ, принимая нагрѣв. силу хорошаго каменнаго угля за единицу

Каменный уголь 2-го сорта (20% воды)	0,84	Бурый уголь	0,7
Дерево, хорошо высушенное	0,51	Торфяной уголь	0,9
„ высушенное на вольномъ воздухѣ	0,39	Древесный уголь	1,0
Торфъ хорошаго качества (5—15% золы)	0,43	Коксъ	0,9
„ обыкновенный (20%—30% золы)	0,22		

5. Количество воздуха, потребное для горѣнія. При горѣніи
образуются преимущественно углекислота и вода. Въ составѣ *CO*
отношеніе *C* къ *O* = 3 : 8; въ составѣ воды отношеніе *H* къ *O* = 1 : 8
поэтому одна вѣсовая часть углерода при полномъ сгораніи своемъ
въ *CO*₂ требуетъ 8 : 3 = 2,666 вѣсовыхъ частей и 1 ч. водорода
8 : 1 = 8 вѣсовыхъ частей кислорода. Одинъ килограммъ кислорода
занимаетъ при 0° и 760^{mm} давленія пространство 0,6982 куб. метр-
и 1 фунтъ *O* объемъ 10,563 куб. фута. Поэтому
1 *kg* *C* требуетъ: 2,666 × 0,6982 = 1,862 куб. м. | 1 фунтъ *C*: 2,666 × 10,563 = 28,17 к. ф.
1 „ *H* „ 8 × 0,6982 = 5,585 „ | 1 „ *H*: 8 × 10,563 = 84,50 к. ф.

кислорода для сгаранія. Атмосферный воздухъ состоитъ по объем-
изъ 79 частей *N* и изъ 21 части *O*. Слѣдов.

1 <i>kg</i> <i>C</i> требуетъ: 8,686 куб. м. воздуха.	1 фунтъ <i>C</i> требуетъ: 134,1 куб. фута воздуха
1 „ <i>H</i> „ 25,95 „ „ „	1 „ <i>H</i> „ 402,4 „ „ „

Зная составъ топлива, теперь легко вычислить наименьшее, теоре-
тическое безусловно необходимое для горѣнія количество воздуха
но на практикѣ при сжиганіи топлива на рѣшеткѣ подъ паровымъ

отлами должно принимать количество воздуха больше (от 1,66 до 2 раз).

6. *Количество продуктов горения.* При сгорании C в CO_2 не происходит увеличения объема (кроме расширения от теплоты), ибо 1 объем O образует съ 1 объемом C также 1 объем CO_2 . При сгорании H соединяется 1 объем O съ 2 объемами H въ 2 объемами водяного пара; поэтому здесь происходит увеличение объема, который вдвое больше употребленного для горения O . Далее 1 kg H дает 1,19 куб. м. водяного пара, 1 kg воды дает 1,2357 куб. м. водяного пара. По этим данным легко вычислить объем продуктов горения. Горючие материалы состоятъ: 1) из C который не производит увеличения объема; 2) H и O въ пропорции воды, которые дают соответствующее этому количеству пара; 3) избытка H , который при сгорании производит двойной объем, против употребленного кислорода, водяного пара и 4) гидроскопической воды, дающей соответствующее количество водяного пара.

7. *Зависимость температуры въ печи от количества воздуха.* Пусть для сгорания 1 kg горючаго нужно a kg воздуха, то произойдет $1+b$ kg газовъ. При томъ температура въ печи возвышается до t градусовъ. Если удельная теплота продуктов горения средняя $= 0,23$, т. е. 1 kg газовой требует 0,23 калорій теплоты въ возвышенія ихъ температуры на 1 градусъ, $1+b$ kg такихъ газовъ потребуютъ $0,23(1+b)$ калорій при нагреваніи на 1 градусъ. Но эта теплота есть та самая, какую развиваетъ 1 kg горючаго при сгораніи; обозначимъ ее чрезъ H , то

$$H = 0,23(1+b)t$$

Для среднего сорта каменнаго угля $H=7000$ калорій; наименьшая величина $= 10,80$ kg , обыкновенная же $b=21,6$ kg . Слѣдов.

$$\text{Температура для минимума воздуха} = \frac{7000}{0,23 \times 11,80} = 2587^\circ C.$$

$$\text{двойн. колич. возд.} = \frac{7000}{0,23 \times 22,60} = 1346^\circ C.$$

Для высушеннаго на воздухѣ дерева приблизительно $H=2800$ калорій наименьшая величина $b=4,54$ kg и обыкновенная $b=9,30$ kg . Отсюда

$$\text{Температура для минимума воздуха} = \frac{2800}{0,23 \times 5,65} = 2154^\circ C.$$

$$\text{двойн. колич. возд.} = \frac{2800}{0,23 \times 10,30} = 1182^\circ C.$$

Чтобы получить для какой либо цѣли возможно высокую температуру, прежде всего приготавливаютъ изъ горючаго газъ и уже его подводятъ къ мѣсту горения, гдѣ и сгораетъ при доступѣ возможно меньшаго количества воздуха.

8 *Полезное дѣйствіе топки.* Изъ данныхъ выше количествъ теплоты только 90%, а въ б. ч. случаевъ только 60%, производятъ свое дѣйствіе въ топкѣ; т. е. действительно переходятъ въ воду въ котлѣ, если онъ устроенъ хорошо; въ дурно устроенныхъ котлахъ только 40%. Полезное дѣйствіе увеличивается, если пламя и чистая теплота дѣйствуютъ непосредственно на нагреваемую поверхность; вообще большее употребленіе горючаго происходитъ тогда:

а) Если горенье совершенное, т. е. если горючій доставляетъ возможно болѣе количество теплоты; б) если наружный воздухъ подводится въ топку при высокой температурѣ, чрезъ что достигаетъ высокая температура въ топкѣ; в) если горенье происходитъ при минимумѣ воздуха, слѣд. если температура въ топкѣ достигаетъ своего максимума; д) если продукты горения предвыходятъ въ дымовую трубу складываются сколько можно болѣе и уходятъ въ трубу съ возможно низкою температурою; е) если устройство печи допускаетъ возможно меньшее охлажденіе.

При самомъ лучшемъ устройствѣ и стараніи температура въ топкѣ $1200^\circ C$ и газы уходятъ въ трубу при $100^\circ C$; то, не обращая вниманія на потерю теплоты отъ сжиганія:

$$\text{Полезное дѣйствіе топки} = \frac{1200-100}{1200} = 0,91.$$

Слѣд. теряется лишь 9% развивающейся теплоты. Если напротивъ температура въ печи только 800 градусовъ и газы уходятъ въ трубу при 400° , то при такихъ обстоятельствахъ:

$$\text{Полезное дѣйствіе топки} = \frac{400}{800} = 0,50$$

III. Коксованіе.

Цѣль обугливанія ископаемыхъ углей—*коксованія*—таже, какъ и обугливанія дерева или торфа съ тѣмъ различіемъ однако, что при коксованіи имѣютъ въ виду не только возвысить пирометрическіе эффектъ топлива, но и увеличить его чистоту, а именно уменьшить въ немъ количество золы и сѣры. Въ настоящее время главной цѣлю коксованія стало получение возможно плотнаго кокса; вредное влияние сѣры на чугунъ устраняется прибавкою марганцовистыхъ рудъ.

1. *Костры или кучи.* 3—4 м. діаметромъ, высота 2—3 м.
2. *Стойла.* 2—4 м. ширины, 20—50 м. длины, 1—2 м. высоты.
3. *Шаумбургскія печи* въ Обернкирхенѣ (для коксованія мелоча слабо вспучивающихся углей) длиною 18 м., шир.: 2,5 м. высотой 1,5 м. Квадратныя вытяжи, отверстія въ 0,16 м. выше дна печи на 0,3 м. и въ разстояніи 0,8 м. другъ отъ друга. Уголь насыпается слоемъ толщиною въ 0,86 м. Выходъ кокса 116% объема или 70—73% вѣса.

4. *Аппольтскія коксовальныя печи.* Въ каждой печи обыкновенно 18 камеръ, которыя помѣщены въ 2 ряда одна возлѣ другой. Каждая камера помѣщаетъ 1350—1400 *kg.* угля. Время коксованія 1 сутки, выходъ 64—66%. Стоимость печи 30000 герм. марокъ. Каждая камера одной печи, выстроенной въ округѣ Зарбрюкенъ длиною внизу 1,25 м., вверху 1,12 м., ширин. внизу 0,5 м. вверху 0,37 м. Стѣнки толщиною 0,15 м. изъ самаго лучшаго огнеупорнаго кирпича, съ пустотами шириною внизу 0,15 м. вверху 0,29 м., Высота провѣда подъ цѣлымъ рядомъ камеръ 1,9 м.; толщина свода на чугунныхъ балкахъ 0,71 м. высота камеръ 4 м. и высота шейки 0,94 м. такъ что высота печи надъ землею 7,6 м. Отверстія для отвода газовъ изъ печи въ окружающія камеры пространства, длиною 0,145 м., высотой 0,026 м. Общая труба съ попер. сѣченіемъ съ 0,225 кв. м. высотой 4,7 м. Для охлажденія 1 свт. кокса требуется 0,42 свт. воды. Стоимость коксованія 0,45 герм. марокъ на 100 *kg.* кокса.

5. *Печи Коппа.* Камеры имѣютъ длину 9 м., среднюю ширину 0,5 м., суживаются къ сторонѣ машины для разгрузки на пѣсокъ 10 сантим.; на противоположной расширяются на столько же. Стѣнки камеръ толщиною 0,090 м. Поверхность соприкосновенія газовъ съ нагрѣвательной поверхностью очень велика. 2 печи работаютъ вмѣстѣ, т. е. газы первой соединяются съ газами второй подъ дномъ второй, проходятъ подъ нимъ, потомъ подъ дномъ первой и выходятъ въ общій газоотводный каналъ. Чтобы вслѣдствіи сильнаго жара фундаменты не садились, устраивается охлажденіе дна печей. Производительность (для Зарбрюкенскаго угля) около 2000 *kg.* въ 24 часа, выходъ 73% при 24 часовомъ коксованіи.

IV. Выплавка чугуна.

а. Железные руды.

1. Магнитный желѣзнякъ, (Fe_3O_4). Содержаніе желѣза 40—60%. Черта черная.

2. Красный желѣзнякъ, желѣзный блескъ, жилковатый красный желѣз-

железнякъ, гематитъ, красная желѣзная руда; окись желѣза (Fe_2O_3). Содержаніе желѣза 30 до 40%. Черта красная.

3. Бурый желѣзнякъ, бурый жилковатый желѣзнякъ; простая рыхлая красная желѣзная руда, печенковая желѣзная руда, бобовая желѣзная руда, болотная или луговая желѣз. руда, водная окись желѣза ($H_2Fe_4O_3$). Содержаніе желѣза 20—60%. Черта желто-бурая и бурая.

4. Желѣзный шпатъ; углекислая окись желѣза ($FeCO_3$) съ содержаніемъ до 11% марганца. Содержаніе желѣза 30 до 40%.

5. Глинистый желѣзнякъ, сферосидеритъ, углекислая окись желѣза, мергелистая съ глиною, мергелемъ, пескомъ, ферристыми металлами и фосфорнокислыми солями. Содержаніе желѣза 28—35%. Если къ глинистому желѣзняку примѣшанъ каменный уголь, то онъ называется глинистый желѣзнякъ (блекбандъ — Blackband). Содержаніе желѣза 4—30%.

6. Ферристый колчеданъ съ 92 до 94% Fe_2O_3 . Кричные, пудлинговые и сварочные шлаки съ 40 до 75% Fe , часто содержатъ Р (фосфоръ), даютъ бѣлое, хрупкое не хорошее желѣзо. Они употребляются въ шихту, до 50%.

Сопровождающія породы: кварцъ, известь, глина, доломитъ, часто марганцовая руда (и именно бурый желѣзнякъ). Вредныя примѣси: ферристые металлы, тяжелый шпатъ, алебастръ, апатитъ.

Наименьшее содержаніе желѣза въ рудѣ, годной для выплавки чугуна 20%. Руды съ меньшимъ содержаніемъ, если содержатъ въ себѣ подходящія породы, могутъ быть употребляемы какъ пламень (флюсъ).

б. Обжиганіе рудъ.

Каменноугольный желѣзнякъ чаще всего въ открытыхъ кучахъ на открытыхъ вышину 1—3 м., шир. 6 до 11 м.; длиною 40—60 м. 30 куб. м. горятъ 4 недѣли. Потеря вѣса 25—46%. Стоимость обжиганія 8—13 пфенниговъ на 1 куб. м.

Руды въ кускахъ кладутся въ стойла длиною 6—7 м., ширин. 4 м., вышину 2—3,8 м. Отверстія въ стѣнкахъ 0,16 м. въ квадратѣ въ разстояніи 0,60 м. другъ отъ друга. На 1 куб. м. руды требуется для обжиганія 50 *kg.* каменнаго угля.

Шатровая печь. Высота 2—15 м. по больш. части 3—6 м. Ширина около колошника 2—5 м. На 20—30 *kg.* руды 1 *kg.* древес. угля или коксов, мусора. 1 *kg.* мелкаго камен. угля на 5—10 *kg.* руды. Обожженные руды принимаютъ 2—6% влажности изъ воздуха. Газодувные печи Вестмана въ Седерфорсѣ: высотой 6,6 м. діаметромъ 1,8 около колошника, 2,82 м. ниже мѣста подведенія дутья; газовая труба вышину 8,8 м. Давленіе дутья 6,5 до 9 мм. столба воды. Переработка 45 *t.* до 46 *t.* въ сутки. Выгрузка слитка чрезъ каждые 3 часа, при начавшемся размягченіи рудъ чрезъ каждые 1—1/4 часа.

обжигаетъ печь съ	5	выгребн. отверст. въ 24 часа	22,5 до 30 <i>t.</i>
желез.	"	" " 6	" " 27,5 " 36 "
"	"	" " 8	" " 35 " 48 "
"	"	" " 10	" " 45 " 60 "

с. Измельчение руды.

1. *Ручною болдою.* Рабочий разбиваетъ въ 12 час. 2000 д. 2250 *kg.* крѣпкихъ желѣзняковъ, рудъ средней крѣпости 2250—300 *kg.* и мягкихъ рудъ 3750—5000 *kg.*; куски въ величину орѣха.

2. *Посредствомъ вальцовъ.* Диаметромъ вальцовъ 0,47 до 0,71 м. длиною 1 м. Кожухъ изъ закаленнаго чугуна толщиною 40—53 мм. Валь (литая сталь), въ подшипникахъ толщиною 80—104 мм. Скорость на окружности 0,3—0,34 м.

Сопротивленіе раздробленію для шпатоваго желѣзняка 70, магнитнаго желѣзняка и краснаго желѣзняка 200—300 *kg.* на кв. ст.

3. *Посредствомъ дробилки.* Щеки обыкновенно изъ закаленнаго чугуна, зубчатые или съ неровною поверхностью. Дробленіе 1 куб. м. известковаго камня = 1750 *kg.* стоитъ около 0,32 марокъ; сама каменоломная машина 1600—2000 марокъ.

4. *Посредствомъ толчен.* Обыкновенный вѣсъ песта толчен $g = 150$ *kg.* высота подъема $h = 210$ мм.

Производительная работа w . песта, если f обозначаетъ число кв. сант. боя песта

$$w = \frac{gh}{f} = \begin{cases} 0,137 \text{ м. } kg. \text{ на кв. сант. для крѣпкихъ рудъ.} \\ 0,114 \text{ " " " для рудъ средней крѣпости.} \\ 0,092 \text{ " " " для слабыхъ рудъ.} \end{cases}$$

изъ чего можно рассчитать $f = \frac{gh}{w}$. Высота башмака толчен безъ шипа 240 мм., вѣсъ шипа $\frac{1}{5}$ часть всего вѣса. Каждый пестъ поднимается 60 разъ въ мин. Отверстія въ ящикѣ 13 до 20 мм. Разстояніе 2 пестовъ 26 до 39 мм. Число пестовъ въ одномъ толченомъ ящикѣ 3, рѣдко 5. Столбы толчен 160—210 мм. на 310 до 390 мм.; высота 3,8—4,1 м. Кулаки закруглены по развертывающ.

щей. Производство въ секунду $l = \frac{1}{60} gnh$. N , если N число пестовъ и число подъемовъ въ 1 мин. — Полезное дѣйствіе 75%. На лошадиную силу двигателя считается 300—350 *kg.* толченой руды. Скорость движенія 0,392 м. въ секунду. Производство въ 24 часа 0,93 до 1 куб. м. — Преимущество: простота машины, малость остатковъ; неудобства: громадное образованіе пыли.

д. Составленіе шихты (калоши).

Содержаніе желѣза въ шихтѣ для плавки 25 и 45%.

Шлакъ въ коксовыхъ доменныхъ печахъ простой, при употребленіи древеснаго угля двойной силикатъ извести, глинозема и кремневой кислоты (30 : 14 : 56 и 47 : 15 : 38). По Штюлену:

Среднее содержаніе бываетъ:	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ и S.	Ca O; Mn O; Mg O; Fe O; K ₂ O.
При выплавкѣ:		
Обыкновен. мало-углеродистаго чугуна.....	60%	40%
Хорошаго пудлингов. и литейнаго чугуна.....	50%	50%
Зеркальнаго и лучистаго бѣлаго чугуна изъ весь- ма марганцовистыхъ рудъ.....	45%	55%

Примеси или флюсы. 1. Известковый камень, углекислая известь съ 56% извести удѣлн. вѣсъ 2,6—2,7; доломитъ, углекислая известь и магнезия (45,8%) для рудъ глинистыхъ, коихъ удѣлн. вѣсъ 2,8—2,9.

2. Бокситъ (35 до 70% глинозема) для кремневыхъ и известков. рудъ.

3. Глинистый сланецъ или сланцевая глина (10 до 20% глины, 40—70% кремневой кислоты) для известковыхъ рудъ.

4. Шлаки. Кричные и пудлинговые шлаки 8 до 36% кремневой кислоты, 50—60% закиси желѣза.

Отношеніе шлака къ чугуну 0,2 до 2,1 : 1 (крайній предѣлъ 5 : 1). Удѣлн. вѣсъ шлака 2,5—3.

Расходъ топлива. На 100 *kg.* бѣлаго чугуна требуется 60—100 *kg.* дрѣв. угля или 90—150 *kg.* кокса, или 150—230 *kg.* камен. угля или антрацита. На 100 *kg.* сѣраго чугуна, 100—150 дрѣв. угля, 100—200 *kg.* кокса, 150—300 *kg.* кам. угля.

е. Доменная печь.

Въ старыхъ пирамидальныхъ печахъ можно считать вѣсъ доменной печи, включая ея объемъ, на кв. *mt.* и на погонной *mt.* высоты въ 1800—2000 *kg.*, въ старыхъ и новыхъ колоннообразныхъ домен. печахъ въ 1600—1800 *kg.* и въ новѣйшихъ печахъ съ одними только стѣнками шахты въ 1200—1600 *kg.* Нижняя часть фундамента состоитъ обыкновенно изъ бетоннаго слоя толщиною въ 1 м. Вся толщина фундамента въ не хорошемъ грунтѣ при пирамидальныхъ печахъ по кр. мѣрѣ 1,5 м., при колоннообразныхъ 1,5 до 2,5 м. При пирамидальн. печахъ ширина фундамента должна быть на 0,2 до 0,3 м. болѣе ширины самой печи, при колоннообразныхъ печахъ превышать наружную сторону плиты подъ колонны на 1 до 1,5 м. Чугунное кольцо лежитъ на колоннахъ высотой въ 3—4 м., діаметромъ 350—450 мм., толщина стѣнокъ 25 мм.; или же на Н образныхъ стойкахъ. Эти колонны или столбики стоятъ въ башмакахъ, которые 1—1,2 м. въ квадратѣ и толщиною въ 80 мм. Толщина желѣзнаго кожуха, если онъ состоитъ изъ цилиндровъ съ угольниками въ 70×9 мм., равна 6 мм.; при склепкѣ цилиндровъ и колецъ берутъ внизу листов. желѣзо толщиною 10—12, вверху толщиною 8—9 мм.; въ вертикальныхъ швахъ двойной, въ горизонтальныхъ одиночный рядъ заклепокъ. Между обшивкою и шахтою промежутки въ 100—200 мм., который иногда наполняется мусоромъ. Отдѣльно стоящія шахты (система Бютгенбахъ) укрѣплены только горизонтальными кольцами (на шахтѣ 100×20, у заплечиковъ 130×20) съ вертикальными полосами (80×20) въ разстояніи 750 мм. Обшивка колошника высотой 2 м. изъ листов. желѣза въ 5 мм. Кронштейны для колошниковой площадки высотой около 2,2 м. толщиною 5—6 мм. — Доменный горнъ и заплечики охлаждаются: расходъ воды на ящикъ 0,1 куб. м.

Употребляются на шахты камни больш. размеровъ длиною 400—480 мм. и толщиною 120—180 мм; около заплечиковъ длиною 500—700 мм. Шахты, стоящія свободно, имѣютъ стѣны толщиною вверху 600, около распара 750 мм. при толщинѣ камней 150—200 мм. Стѣны горна толщиною 0,9—1 м. при толщинѣ камней 150—180 мм. и внутренней ихъ ширинѣ 300 мм. Въ печахъ выстроенныхъ изъ (мелкихъ камней) кирпича дѣлается горнъ толщиною въ 3¼—4, заплечики въ 2¼—3, шахта въ 2 кирпича при средней ширинѣ кирпича въ 120 мм. Дно или лещады изъ двухъ торцовыхъ слоевъ изъ кирпичей въ видѣ параллелограмма, которые часто высотой—350 мм, длин.—400 и толщ. 150 мм; средніе камни вверху 400, внизу 500 мм, длины.

Подъ (лешадь) толщиной 800—900 мм. на 3—5 м. выше завскаго пола. Фурмы изъ бронзы или мѣди въ чугунныхъ холодильникахъ съ залитыми желѣзными трубками. Расходъ воды на фурму минуту при плавкѣ на дрѣв. углѣ 50—60 литровъ, на коксѣ 100—120; для фурмовыхъ подставокъ кромѣ того еще 100 до 120 лит. Вѣдинтъ даетъ 1,5 куб. м. на фурму въ часъ, Фаландъ 0,09 куб. на фурму въ минуту. Холодильникъ кончается горномъ, а фурма прикиается въ него на 200—400 мм. Число фурмъ въ коксовыхъ печахъ 4—8; при діам. горна въ 1,3 м. берутъ 3 фурмы при діаметрѣ 1,3—2 м. 4 и не болѣе 5 формъ; при діам. въ 2 м. 6 или 7 и не болѣе 9 фурмъ. Размѣры фурмы: напр. при діам. сопла въ 50 мм.: длина 460 мм. большій діаметръ=320 мм., внутри 200 мм.; мал. діаметръ=210 мм. внутри 95 мм.: водопроводный каналъ въ фурмѣ длиною 320 мм. и высотой 27 мм. Длина обточенной насадки фурмы 320, толщины 43 мм. Высота фурмъ надъ лешадью въ коксов. печ. 1 до 1,10 м. въ дрѣвесоугол. печахъ 0,7—0,8 м. — *Фурма для шлака* (Люрманъ) тоже изъ бронзы, мѣди или чугуна съ залитыми холодильными трубками. Расходъ воды въ мин. 0,06 куб. м., длина фурмы 150 мм. больш. діаметръ 190, мал. діаметръ 140, внутр. діам. по срединѣ 25—40, у внутр. конца 35—55, у наружнаго конца 68—85 мм., толщина стѣнокъ 10 мм. и высывается въ печь на 80 мм. Для отвода жидкаго шлака принята фурма съ цилинд. отверстіемъ въ 25 мм. для вязкаго густаго съ коническимъ отверстіемъ съ наименьшимъ проходомъ въ 0,40—0,52 мм. Высота надъ лешадью опредѣляется по объему находящагося въ печи чугуна + 0,25 до 0,33 куб. метр. шлака съ удѣлн. вѣсомъ 2,5. Разность высотъ фурмъ для дутья для шлака должна быть не менѣе 260 мм. Употребленіемъ шлаковъ въ фурмы достигается увеличеніе производства на 10 до 40%, 5—10% экономія угля, и на уходъ за печью требуется $\frac{1}{3}$ менѣе рабочей силы.

Абсолютныя размѣры доменныхъ печей. Высота при дрѣв. углѣ 8 до 10 (въ Россіи 15—16) при коксѣ 18—20 м. Распаръ чаще всего $\frac{1}{3}$ до $\frac{1}{2}$ высоты печи надъ фурмами; діаметры у фурмъ, въ

распарѣ и въ колошникѣ среднимъ числомъ относятся другъ къ другу при дрѣв. углѣ какъ 1 : 3 : 1,5; при коксѣ какъ 1 : 2, 9 : 2. Діаметры въ плоскости фурмъ: при дрѣв. углѣ 1—1,9; при коксѣ 1,2—2,6 обикнов. 1,8 м.; при антрацитѣ 3—3,3 м. Высота горна для дрѣв. угля $\frac{1}{7}$, для кокса $\frac{1}{6}$ до $\frac{1}{7}$ всей высоты домны. Горнъ отъ фурмы внизъ коническій на $\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{12}$ часть діаметра въ плоскости фурмъ. Уголъ заплечиковъ для кокса 70—75°; для трудно-возстановляемыхъ рудъ 68° и для дрѣв. угля 60°. Высота распара надъ лешадью 6—7 м. Діаметръ распара $D=5$ до 5,5 наибольшее 6 м. Самое лучшее отношеніе высоты H всей печи къ D для кокса=4 до 4,25; для дрѣв. угля=4,5 до 5 м. Объемъ доменныхъ печей при коксѣ 180—200 куб. м. при высотѣ печи 20 м.; при дрѣв. углѣ не болѣе 70 куб. м.

Слѣдующая таблица содержитъ примѣры доменныхъ печей (страница 58 и 59).

Доменные печи въ Нассау, какъ № 1 таблицы, проплавляютъ пудлингов. чугунъ мѣстные красные желѣзняки съ 43—51% Fe

бурые съ 33—37% *Fe*, а также 7—9% *Mn* при выходѣ изъ шихты 30—33%. Составъ чугуна:

<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>P</i>	<i>S</i>	<i>Cu</i>
3,43—4,1	0,1—0,56	1,39—2,95	0,35—0,92	0,02—0,075	0
среднее 3,76	0,28	2,11	0,62	0,04	

11 доменныхъ печей, построенныхъ по образцу № 2-й, даютъ литейный чугунъ, при чемъ большая часть его идетъ прямо на отливку продажныхъ издѣлій. Отъ 100 ч. руды при 2% известковаго флюса получается 42—43% чугуна. Угля въ колошу идетъ (буковаго) 9 гектолитровъ = 0,9 куб. м. = 2,78. 0,9 = 2,502 куб. арш. (1 куб. м. = 250 киллогр., 1 куб. арш. = 5,54 пуд., 1 коробъ въ 6,45 куб. аршинъ = 35,73 пуд.), на тонну (1000 киллогр.) чугуна около 4 куб. м.

Доменная печь № 3 есть представитель Штирійскихъ печей, проплавления шпатовые желѣзняки изъ *Erzberge* на древесномъ углѣ безъ прибавки флюса. Обоженная и высушенная при 100° руда содержитъ:

<i>Fe₂O₃</i>	<i>FeO</i>	<i>SiO₂</i>	<i>Al₂O₃</i>	<i>MnO</i>	<i>CuO</i>	<i>CaO</i>	<i>MgO</i>	<i>P₂O₅</i>	<i>SO₃</i>
67,78	2,00	7,05	1,79	3,86	слѣды	7,15	2,90	0,057	0,11

На тонну чугуна (лучистоблаго) идетъ 5,3 куб. м. еловаго угля по 150 киллогр. при колошахъ изъ 1,8 куб. м. угля (5 куб. аршинъ) и 690—730 klg. (около 44 пуд.) руды.

Печь № 4 въ Каринтій, для бессемеровскаго чугуна, проплавляетъ мѣстные бурые желѣзняки съ 50% *Fe*; выходъ изъ обоженныхъ рудъ 53%. На одну тонну чугуна употребляется (включая умусорку) 5,722 куб. метр. древ. угля, изъ коихъ 30% буковаго по 245 киллогр. и 70% еловаго по 165 киллогр., при колошахъ 0,7 кубич. метр. еловаго и 0,3 куб. м. буковаго угля. Рудная колоша 350 к., известняка 25 киллогр.

	<i>Fe</i>	<i>MnO</i>	<i>SiO₂</i>	<i>Al₂O₃</i>	<i>CaO</i>	<i>SO₃</i>	<i>P₂O₅</i>
Blanertz.....	50,40	4,04	1,75	0,65	4,22	1,34	0,21
	56,0	5,7	0,2	0,32	1,5	0,1	—
	49,0	5,34	5,6	4,75	1,4	—	—
	44,83	3,21	14,85	0,47	3,5	—	—
Blanertz Glaskopf..	54,5	4,91	4,6	0,21	0,35	—	—

Печь № 5 (Ниж. Австрія) выплавляетъ сѣрый чугунъ изъ обоженного шпата съ 46—49% при выходѣ 47%, при расходѣ горючаго матеріала 1,42 и при блѣмъ чугуна 1,20. Температура дутья для сѣраго чугуна 450—500°, для блага 300°. Горючий матеріалъ 70% кокса и 30% кам. угля.

№ 6 (Валат) имѣетъ шихту изъ бурыхъ, красныхъ и магнитнаго желѣзняковъ съ содержаніемъ 35—60%. Выходъ изъ рудъ 50, изъ колоши 39%. Колоша въ 3600 киллогр. на 1500 кокса состоитъ изъ 77% руды, 23% известняка и 10% желѣзн. шлаковъ.

Три маленькія доменные древесноугольныя печи на бессемер. чугунъ проплавляютъ эти же самыя руды, имѣютъ 56, и 80 куб. м. емкости и производятъ при температурѣ дутья 350, 180 и 350°С въ 24 часа при 56 колошахъ 11, 11 и 16 тоннъ. Ихъ высота 13,275 м. Ширина горна по лещадѣ 0,948, 0,948 и 1,42; въ плоскости фурмъ 1,0 1,0 и 1,52. Ширина распара 2,85 2,85 и 3,793. Шахта начинается на высотѣ 4,42 на высотѣ 10,747 м. надъ лещадью имѣетъ 2,054 діаметръ. Расходъ древ. угля (буковаго и дубоваго) на 1 тонну чугуна—55 до 56 гектолитровъ по 22 киллогр., слѣдов. 1,21—1,23 киллогр. на 1 киллогр. чугуна. Колоши: 10, 11 и 15 гектолитровъ угля на 490, 470 и 700 киллогр. шихты состоятъ изъ 84% руды, 14% известняка и 2 шлаковъ. Процентъ изъ рудъ 51, изъ шихты 42%.

	Нассау.		Австро-Венгрия.			
	1	2	3	4	5	6
0 270,0—280,0 28,0—29,0 29,0—30,0 30,0—31,0 31,0—32,0 32,0—33,0						
Сортъ чугуна: 2. М.	луч. бѣл.	литейн.	луч. бѣл.	бессем.	луч. бѣл.	бессем.
Высота горна	1,88	1,56	4,00	1,26	2,08	1,70
плечъ	5,02	1,65		3,74	4,90	2,45
распара	1,36	0,32	0	0	0	0
шахты	10,57	5,46 1,52	10,50	8,00	12,07	9,50 2,20
Высота печи	18 83	10,51	14,50	13,00	19,00	20,00
„ фурмъ	1 25	0,468	0,95	0,3	1,65	1,20
„ фурмы для шихта	0,86		0,75	0,43	1,00	0,80
Диаметръ горна	1,88	0,93	1,80	1,50	1,60	1,60
„ распора	5,57	2,82	3,00	3,00	5,20	5,50
„ колошника	4,39	1,690 1,632	1,75	1,21	3,85	4,00
Объемъ печи куб. м.	3,04	—	66	47,16	248,26	276
„ горна	5,22	—	—	2,23	4,08	3,42
„ плечъ	59 18	—	18,47	15,41	48,64	7,39 52,86
шахты	206,85 33 14	—	47,60	29,52	195,54	212,83
„	0,211	—	0,28	0,374	0,212	0,297
Площадь колошника	15,14	—	2,405	1,15	11,64	12,57
распара	24 37	—	7,07	7,07	21,24	23,76
„	0,62	—	0,34	0,163	0,548	0,529
Уголъ плечъ	69,8	60 2	81,5	78,3	69,8	6,48
Число фурмъ	6	2	5	5	6	4
Давленіе дутья въ ст.	23	4,7	4—8	6—7	19	15
Процентъ въ рудахъ	40—60	—	48	53	46—49	50
„ шихтъ	31	42,5	48	49,5	47	39
Горючий матеріалъ	коксъ	древ. уг.	древ. уг.	древ. уг.	кам. уг. и коксъ	коксъ
В. Въсъ горючаго въ колошъ	2050	225	270	189	2480	1500
В:	84	—	—	—	117	63
Колоша: руда + известь	5,2—5,5	0,55	0,69—73	0,375	4,60	3,60
Горючаго на 1 чугуна	1,2—1,3	1,0	0,795	1,02	1,20	1,20
Число колошъ въ сутки	37	28	56	92	22	25—27
Выдѣлка, тоннъ	60	6,5	19,5	17	45	35—40
Нагрѣв. аппараты	гор. тр.	гор. тр.	вис. тр.	вис. тр.	вис. тр.	Уитъ
Число ихъ	2	—	1	1	1	4
Нагрѣвающая поверхн.	381	42	110	140	260	800
Темпер. дутья по С	430	350	250	375	300	600
Нагр. повер. котла	400	—	—	—	—	—

Руды Строгановскихъ (№ 7) заводовъ бурне желѣзняки, руды Тагильскихъ магнитный желѣзнякъ изъ высокой горы. Всѣ уральскіе заводы употребляютъ почти исключительно сосновый и березовый уголь. Тяжелая кладка старыхъ доменныхъ печей теперь оставляется, въ Н. Тагиль домна № 1 и въ Рѣжу горнъ доступный со всѣхъ сторонъ: въ Алапаевскихъ заводахъ вся домна кладется изъ кирпича большихъ размѣровъ, въ Тагильскихъ кирпичи вѣтшаютъ горновыи камень. Компанія продолжается въ Алапаевскихъ

Р о с с і я .						Вестфалия.			
7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Кинь Билимбай Кува	Нижний Тагиль		Верхняя Сада.		Нижняя.				
литейный и	№ 1	№ 2	№ 1	№ 3	гунь.	сир. пуд.	бессем.	луч. бвл.	
2,5(2,1)	1,8	2,5	1,8	1,93	3	1,40	1,885	1,885	
2,3(2,1;175)	0,98	3,21	1,8	1,7	3	5,55	4,22	3,95	
0(1,4 1,12)	2,3	—	0	0	0	5,10	1,045	0	
9,3(7,5 6,8)	9,3	1,07	8,7	7,80	13	5,45	7,03	7,766	
						2,50	2,82	2,72	
14,1213,1,113	14,38	16,41	1,23	11,45	19	20,0	17,0	16,32	
0,57(0,33 0,6)	0,45	—	1,45	0,45	1,45	1,20	1,10	1,10	
—	—	—	—	—	—	0,90	0,10	0,825	
внизу 0,75 }	0,9	0,9	4,00×0,80	3,11×0,75	4,3×0,7	2,40	1,745	1,885	
вверху 1,60 }	1,275	1,25	2,70×120	2,32×0,9	3,25×1,34	6,40	4,90	4,865	
3,4	3,85	4,28	4,00×2,0	2,9×0,5	4,37×2,7	5,00	3,50	3,452	
2,65	2,5	2,32	4,3×2,5	3,57×2,2	4,37×2,7				
74,87	—	—	—	—	185	453,5	108	184	
2,66	—	—	—	—	—	6,33	4,50	5,26	
8,95	—	—	—	—	—	90,21	39,32	37,64	
62,6	—	—	—	—	—	356,96	125,41	141,1	
0,154	—	—	—	—	—	0,213	1,248	0,233	
5,5	—	—	—	—	—	19,64	9,62	9,35	
9,07	—	—	—	—	—	32,17	08,86	18,60	
0,6	—	—	—	—	—	0,61	0,51	0,503	
68	—	—	—	—	—	07,18	69,5	69,33	
3	2	2	62	6	79	4	5	6	
7,5—10	—	6,25	6,25	6,25	неизв.	21,7	06,3	1,63	
—	6,25	—	—	—	—	42,5	48—53	43	
47	61 31	64 34	69,20	69,38.	64,36	32	41—43	32	
др. уг.	бер. и	сосн. уг.	—	—	—	С	С	С	
277	392	392	3,92	392	392	5000	3000	1650	
—	—	—	—	—	—	156	160	89	
0,371 m.	500	550	500	500	532	31,5—15	5,1	4,3	
1,86	1,22	1,19	0,07	1,07	1,15	1,15	1,45	1,20	
60—70	46	36.	53	43	32	22	18	34	
10	15,7	14.	1,87	12,7	2,02	100	35	47	
гор. тр.	холодное дутье.		Холодное дутье.		Унтв.		верт. гр.		
1	Горнъ	Горнъ	Омеченіе			4—5	1	2	
—	круглый	квадрат.	эллиптическое			835	347	363,5	
100	—	—	Система Рашега.			500	425	425	
—	—	—	—			582	215	425	

заводахъ 500 сутокъ (тоже въ Кинь при горнов. камнѣ) въ Тагильскихъ 3 года. Газы изъ доменъ употребляются только для нагрѣв. дутья. За границей б. ч. доменъ въ настоящее время съ закрытой грудью съ постояннымъ отведеніемъ шлаковъ по системѣ Люрмана, слѣдов. безъ порога, передняго горна и темпеля; на Уралѣ на оборотъ, всѣ печи съ открытой грудью Горна изъ камня всегда квадратныя; шахты круглыя. Эллиптическія многофурменныя домны находятся въ Тагильскихъ заводахъ. Дутье на Уралѣ б. ч. холодное, въ Ала-

паевскихъ, Рѣжевскомъ и Строгановскихъ заводахъ нагрѣвается въ сек. 1000° С. Плавка ведется б. ч. на корабъ, т. е. въ колошу заглавуютъ корабъ угля мѣстной мѣры. Плавка ведется б. ч. на сѣрый чугуно-
f. *Сопла.*

Обыкновенно коническія съ угломъ 60°. Диаметръ 25 до 130, чап всего 50 до 80 мм. Число сопелъ 4 до 8. Вычисленіе колич. во духа, выходящаго изъ сопелъ, смотри ниже при воздуходушныхъ маши-

g. Регуляторы.

Обыкновенные сухіе регуляторы съ неизмѣняемымъ объемомъ бывають сферическіе или цилиндрическіе изъ листов. желѣза; рѣже регуляторы съ камен. стѣнками. Должны помѣстить не менѣе 6 кратный объемъ ежесекундно вдуваемаго воздуха. При длинныхъ воздухопроводахъ диаметр. 1,4 до 1,9 м. регуляторъ не нуженъ. Обыкновенно 3—4 домны имѣють одинъ общій регуляторъ. Отношеніе наибольшаго измѣненія давленія воздуха къ средн. высотѣ манометр колеблется отъ 0,04 до 0,06. Диаметръ цилиндр. регулятор. 0,8—2,5 м. Толщина листов. желѣза 5—10 мм.

h. Подъемныя машины къ колошнику.

Подъемная маш. для домен. печи средней высоты (16 м.) требуетъ 2½—3 лощ. силъ. При нѣск. печ. въ одномъ мѣстѣ на каждую по 1,5 лощ. силъ, если матеріалы должны быть подняты до самой вер- хушки печи. При больш. домен. печахъ имѣють до 15 лощ. силъ (напр. заводъ Борзига въ верхней Силезіи). Подъемная тѣлѣжка изъ листов. желѣза вѣситъ около 400 kg.; подъемная корзина около 500 kg. Средняя подъемная скорость 0,53 м. въ секунду. Наклонныя плоскости съ уклономъ въ 25—30° къ горизонту. Время подъема $t = \frac{s}{v}$

на установку и снятіе тѣлѣжки 50 сек.

Подъемникъ съ бочками съ водою. Величина желѣзн. бочекъ: диа- метръ 1,36 м., высота 0,785 м. Полезное дѣйствіе 0,8; поэтому не- обходим. кол. воды—1,25 до 2 разъ вѣса перемѣщаемаго груза.

Водостолбовая подъемная машина. Грузъ $P = F \cdot \gamma \cdot h$, если h высота давящаго водянаго столба, γ плотность воды и F сѣченіе поршня.

Пневматическій подъемникъ. Полезное дѣйствіе $= \frac{p}{p_1} \left(1 + \frac{p_1 - p}{2p} \right)$ если p наружное и p_1 внутреннее давленіе воздуха.

i. Аппараты для нагрѣванія воздуха.

1. Температура вдуваемаго воздуха, смотря по качеству рудъ, бываетъ очень разная; нагрѣвають же обыкновенно при древ. углѣ отъ 200 до 250°, при коксѣ отъ 400 до 800° Ц.

До 450° нагрѣвають изъ экономіи въ металлическихъ, выше этого въ каменныхъ аппаратахъ; считаютъ на каждый куб. м. воздуха и на каждые 1000 при низкихъ температурахъ 1,2 до 1,3 кв. м. на- грѣваемой поверхности воздухонагрѣвателя, при высокихъ темпер. 0,75 кв. м. По Феланду требуютъ трубчатые аппараты при расходѣ въ сутки C тоннъ кокса и темпер. воздуха въ T° Цельсія вну- треннюю нагрѣват. поверхность $S = \frac{C \cdot T}{65}$; Whitvel аппараты $S = \frac{C \cdot T}{50}$.

Скорость воздуха въ нагреваемыхъ и воздухоотводныхъ трубахъ въ сек. 10—11 м. При нагреваніи дутья должно быть увеличено попер. сѣченіе трубъ по формулѣ $1 + 0,00366 t$, если t обозначаетъ увеличеніе температуры воздуха въ $^{\circ}\text{C}$. Трубы всегда чугунныя, толщ. 13—32 мм. Удобно и достойно вниманія употребленіе доменныхъ газовъ для нагреванія дутья.

2. *Аппараты съ горизонтальными трубами.* Въ Вассерадфингенскомъ (Lothringer) аппарате лежатъ повороты въ нагреваемого пространства, эллиптической трубы (шириною внутри 0,15 м., выш. 0,65 м., длиною 2,395 м., толщиной стѣнокъ 25 мм. и вѣсомъ 600 кг.) раздѣлены стѣнками (толщ. 25 мм.). Трубы лежатъ горизонтально въ разстояніи 0,1 м. и вертикально въ разст. 0,2 м. другъ отъ друга; въ концахъ на чугунныхъ подкладкахъ. Повороты имѣютъ овальное внутреннее попер. сѣченіе высотой 0,25 м. и шир. 0,1 м. Аппаратъ изъ 42 трубъ общимъ нагреват. поверхностью въ 127,479 кв. достаточенъ для производства 30—35 т. передѣльного чугуна; на 2 печи требуются 3 аппарата (1 запасной). Аппаратъ стоитъ 12000 франковъ. Температура воздуха около 420°. Замазка для соединенія поворотовъ съ трубами состоитъ изъ 7 част. жел. опилокъ 2 част. жирной огнеупорной глины и уксуса.

3. *Аппараты съ стоящими трубами:* аппараты съ т. н. пистолет. трубами, въ которыхъ воздухъ поднимается и опускается въ одной и той же трубѣ, въ отношеніи прочности удобнѣе аппаратовъ Кальдера съ висчаными трубами. Каждая труба въ серединѣ раздѣляется стѣнкою, въ которой сверху отверстіе для поворота воздуха.

Пистолето-трубчатые аппараты, недавно вновь выстроены въ Кенигсгютте въ 3—Силезіи, имѣютъ 52 воздуш. трубъ по 4,47 м. длинны. Огневая поверхность 139,39 кв. м., объемъ воздуха въ аппаратѣ 14,23 куб. м. включая объемъ воздушнаго ящика, стоящихъ и основной трубъ; объемъ охватываемой огнемъ части 9,83 куб. м.; длина прохода для нагреванія воздуха 21 м.

4. *Аппараты съ висчаными трубами.* Аппаратъ находящійся въ Кенигсгютте состоитъ изъ 36 трубъ длиною по 4 м. Огневая поверхность 186,39 кв. м. объемъ воздуха въ аппаратѣ 8,95 куб. м., объемъ охватываемой огнемъ части 6,195 куб. м.

Длина пути для нагреванія воздуха, а также длина огневой площадки 18 м. Аппаратъ нагреваетъ дутье для печи съ 6 соплами діаметромъ въ 92 мм. до 37,5° Ц. при давленіи 0,25 до 0,8 кг. на кв. ст.; если онъ долженъ работать на 2 печи то получается при давленіи 0,22—0,25 кг. на кв. ст. нагрѣтый воздухъ въ 12,5 т.

5. *Воздухонагревательные регенераторные аппараты:* Удѣльная теплота неупорного кирпича по Шинцу 0,2083 удѣльн. вѣсъ 1,8; удѣльн. теплота воздуха 2669 его удѣльн. вѣсъ 0,001293 теплоемкости одинаковыхъ объемовъ огнеупорнаго кирпича и воздуха относятся слѣдуют. другъ къ другу какъ $0,2083 \times 1,8 : 0,001293 \times 0,2669$ т. е. $= 0,37494 : 0,0003506$.

Среднимъ числомъ теплоемкости на 0,031 куб. м. чугуна 50, огнеупорн. кирпича 19, воздуха 0,019 или 2631 : 1000 : 1. Каменные аппараты слѣдовательно требуютъ большую поверхность (у Каупера—Cowper 18 до 20 кв. м. на 1 куб. м. воздуха въ мин. у Уитвелла—Whitwell 7—8 кв. м.) чѣмъ аппараты съ желѣзн. трубами (1 до 5 кв. м.).

а. Система Каупера: аппаратъ Сименса—Каупера—Кокрена состоитъ изъ жѣзной цистерны, выложенной внутри на толщину 470 мм. кирпичемъ. Огневая труба діаметромъ въ 1,25 м. съ стѣнками толщиной 365 мм. идетъ эксцентрично по наружн. стѣнѣ. Вертикальныя рѣшетки регенератора, сложены изъ кирпича длиною по краямъ въ 46 мм., въ серединѣ сквозное отверстіе каждая сторона того 100 мм. Требуется 3 регенератора, изъ которыхъ одинъ нагреваетъ дутье въ теченіи 1½ час., а два прочіе нагреваются. На каждый куб. футъ воздуха минуту считаютъ 5 квадрат. фут. нагреват. поверхности, при чемъ температура входящихъ газовъ только 66°. Въ дѣло идетъ ¼ ч. теплоты, ибо тоненькія ящики регенератора представляютъ газамъ и воздуху только ⅓ своей поверхности. При цѣнѣ 34 долларовъ за 1000 кирпича, стоимостъ такихъ регенераторовъ 1 долларъ на каждый куб. футъ воздуха, который нужно нагревать въ 1 мин. Доменная печь высотой 76 футовъ, 28 фут. діаметромъ и 20000 куб. фут. объема требуетъ опыта Кокрена на 1 т. желѣза при температурѣ дутья въ 480° 25½ центне-въ кокса, при 599° 22½ центнеръ, при 700° 20½ центнеръ и при 800 20 центнеровъ.

3. Система Уитвелла: въ улучшенномъ аппаратѣ Уитвелла поднимаются газы однимъ большимъ отдѣленіемъ вдоль стѣнки, поворачиваются потомъ внизъ въ

В отделениях, после чего собираются в одной камере, откуда и опять поднимаются по одной и спускаются по нескольким камерам в трубы. При таком упрощении оборотов можно при одной и той-же площади основания увеличивать высоту и нагревательную поверхность аппаратов. Преимущества: больше выгодное употребление домашних газов, больше легкая установка, меньшая потеря давления в (5 мм. ртутн. столба при желѣзн. аппаратах 10—20 мм.). Недобства: болѣе стоимость (аппарат 20000 марокъ). На одну печь требуется не менѣе 4 аппарата: топятся по 4¹/₂ час., одинъ охлаждается въ теченіи 1¹/₂ часовъ. Одинъ аппаратъ имѣетъ нагреват. поверхность въ 900 *qm.* и 350 т. огнеупорнаго кирпича, въ немъ можно нагревать въ минуту 1000 куб. м. воздуха до 550°. Строить такіе аппараты диаметр. 4,6—6,7; высотой 8,7—18,3 м., нагрев. поверхн. 370—1735 *qm.* и расходъ 8000—15100 *kg.* фасон. кирпича I сорта, 3000—11700 *kg.* II сорта, 8500—38600 *kg.* желѣза, 7000—10000 *kg.* чугуна.

По даннымъ Уиллелла требуется на ежедневное производство

450 т.	4 аппарата	диаметр. 6,7 м.	84000 марокъ.
300 т.	3	"	6,7 м. 63000 "
250 т.	3	"	5,48 м. 48000 "
100 до 70 т.	2	"	4,57 м. 20000 "
70 — 30 т.	2	"	4,57 м. 16000 "

 } дровъ, угля

Гдеже соединяетъ систему долевыхъ стѣнокъ системою поперечныхъ стѣнокъ и увеличиваетъ тѣмъ нагревательную поверхность на 50%.

к. Аппараты для вытягиванія газовъ, или газоудовителн.

На Уралѣ употребляется отведение газовъ помощью печурокъ (Вассеральфнскій приборъ).

Упруость газовъ въ колошникѣ—11 до 17 *mm.* столба воды. Въ колошникъ виситъ плотно прилегающій къ краямъ колошника, желѣзный цилиндръ изъ листового желѣза толщиной 6—9 *mm.* длиною 1,6—2,2 м. Расстояніе между нимъ шахтою 210—260 *mm.* Общее сѣченіе всѣхъ газоотводныхъ отверстій по Трурамъ $\frac{1}{4}$ попер. сѣченія колошника и при диаметрѣ колошника 3—4 м. $\frac{1}{7}$ до $\frac{1}{8}$.

Желѣзный газовый каналъ отводитъ газъ въ газопроводъ диаметромъ 470 *mm.*, при болѣебшихъ печахъ диаметромъ 780—840 *mm.*; газопроводъ также желѣзный снабженъ предохранительными клапанами. Скорость газовъ въ отводныхъ трубахъ 6—8 м.

Въ двойной воронкѣ Парри основаніе внутренняго конуса около $\frac{1}{2}$ диаметра колошника и $\frac{1}{2}$ малого отверстія усѣченного конуса; уголъ скользянія 35—37°. Газовытяжная труба Гоффа: средняя труба 0,28, нижняя ея воронка внизу 0,4, высота до 0,25 до 0,27 диаметра колошника, толщина стѣнокъ 12—15 *mm.* Воронки изъ листового желѣза или чугуна, въ первомъ случаѣ снабжены по краю чугуннымъ кольцомъ.

Газовытяжная труба Илзедера: диаметръ центральной газоотводной трубы наimentе $\frac{1}{2}$ диаметра колошника, а если кромѣ того не имѣются отводы по сторонамъ то—0,4. Центральная труба входитъ около на 2 м. въ дом. печь. Толщина желѣзныхъ стѣнокъ ниже колошника 13—15 *mm.* (вверху 13 внизу 15) выше колошника 5 *mm.* При печи №3 въ Илзедергютте цилиндръ для завадки кадошъ имѣетъ вверху диаметръ 3,31 м. внизу 3,77 *qm.* Центральная труба виситъ внизъ отъ колошника на 2,2 м. длиною 2,5, диаметръ вверху 1,75 м. внизу 1,95 м. Коническая труба длиною 1,1 м. соединяетъ трубу въ печи съ наружною трубою диаметромъ которой 880 м. Отводныя трубы по сторонамъ имѣютъ диаметръ въ 450 *mm.* Отводныя трубы къ нагревателямъ дутья имѣютъ диаметръ въ 1,25 м.

Вытяжная труба Затлера: можно употребить при самомъ болѣебшомъ диаметре колошника. При диаметрѣ колошника въ 4,708 м. были желѣзн. цилиндры диаметр. вверху 0,418 внизу 0,497 м. вышиною 1,883 м. толщина стѣнокъ 15—20 *mm.*

Для очистки колошниковыхъ газовъ употребляются лучше всего мокрые очистители: Лотрингскій (S—) аппаратъ, высота 1, — 1,7 диаметръ; 1—1,5 длина 8,10. Въ Лауратгютте спускаются газы внизъ до 0,157 м. выше уровня воды по трубѣ диаметр. 0,942 м., поднимаются потомъ по трубѣ диаметр. въ 3,148 м. окружающій первую и выходятъ потомъ въ сторону. Толщина стѣнокъ 6 *mm.*

1. Воздуходувныя машины.

1. Атмосферный воздухъ содержитъ среднимъ числомъ 0,8% объема водянаго пара и 0,04% углекислоты.

1 объемъ кислорода содержится въ 4,286 объемахъ воздуха

1 въсовая часть " 4,241 въсов. частей.

Содержаніе водянаго пара въ воздухѣ въ январѣ наименьшее, въ мѣсяцѣ наибольшее; 1 куб. м. ($\equiv 1,2932 \text{ kg.}$) воздуха, насыщеннаго водянымъ паромъ, содержитъ при

$-20^{\circ}=1,5$ грамма.	$+0^{\circ}=5,4$ грамма.	$+20^{\circ}=17,1$ грамма.
$-15^{\circ}=2,1$ „	$+5^{\circ}=7,3$ „	$+25^{\circ}=22,5$ „
$-10^{\circ}=2,9$ „	$+10^{\circ}=9,7$ „	$+30^{\circ}=29,4$ „
$-5^{\circ}=4,0$ „	$+15^{\circ}=13,0$ „	

Степень насыщенности въ декабрѣ наибольшая (0,862) въ августѣ наименьшая (0,61). Сухой воздухъ расширяется при нагреваніи на $\Pi.$ на 0,00367 своего объема. 1 куб. м. воздуха при 0° и при давленіи 760 мм. ртутнаго столба вѣситъ 1,2932 kg.

2. *Количество дутья.* Опредѣляется по количеству углерода, стоящаго у фурмъ, которое зависитъ отъ количества выплавляемаго туна и отъ состава шихты.

На 1 kg. древ. угля требуются 9 kg. воздуха при 0,075 атмосфер. давленія (55 м. столба ртути) сверхъ воздушнаго въ трубахъ около пель; на 1 kg. кокса 6 kg. воздуха при давленіи въ 0,25 атмосфер. (84 мм. столба ртути) сверхъ воздушнаго. Это количество воздуха достаточно для сжиганія 60% углерода въ CO и 40% въ CO_2 . Изъ суточной выплавки чугуна (5 до 10 $t.$) и числа сопелъ вычисляется вѣсъ воздуха въ kg. требующагося въ минуту и на сопло отсюда объемъ его M_0 въ куб. м. (при $0^{\circ} \Pi.$ и при 0,76 м. ртутнаго столба).

По Феданду, на основаніи многочисленныхъ опытовъ при непосредственномъ измѣреніи давленія въ горнѣ 1 кило C въ коксовыхъ домнахъ требуетъ 6,33 куб. м. воздуха при 0 и при 0,76 баром. тогда какъ для образованія CO нужно только 7 (или 5,85 кило) и для CO_2 нужно 8,74 куб. м.

3. *Давленіе дутья.* Смотря по толщинѣ матеріала въ коксовыхъ чашахъ имѣется давленіе $h_2=0,06$ до 0,1 м. столба ртути; вслѣдствіе этого въ трубахъ около сопелъ требуется давленіе около 0,25 на кв. см. или $h=0,184$ м. ртутнаго столба.

Въ регуляторѣ же, вслѣдствіе потерь и сопротивленій необходимо, Г. Шмидту, давленіе h_1 , которое вычисляется изъ $h_1=5/4 h+0,02$ м. столба ртути.

4. *Цилиндрическая воздуходувка.* а) Поперечное сѣченіе воздухопровода цилиндровъ двойнаго дѣйствія. Обозначимъ:

О попер. сѣченіе воздуходувки въ квадр. метр.

v —скорость порошника въ м. въ секунду

M_3 количество воздуха, потребное для печи въ минуту и на 1 пло въ куб. м. измѣренное при давленіи и температурѣ въ помещеніи воздуходувки.

з. Число сопелъ.

h_1 Давленіе въ регуляторѣ въ м. м. ртути сверхъ воздушнаго.

б. Высота барометра въ метр. въ помещеніи воздуходувки, то вслѣдствіе потерь въ трубахъ и клапанахъ, а также отъ вредныхъ остраствъ, по Г. Шмидту слѣдуетъ брать:

$$O=1,18 \frac{M_3}{60v} \left(1+0,21 \frac{h_1}{b} \right)$$

с. Въ воздуходувныхъ машинахъ съ золотниками.

$$O=1,25 \frac{M_3}{60v} \left(1+0,21 \frac{h_1}{b} \right)$$

β. *Ходъ поршня* воздуходувокъ, діаметръ которыхъ не мебаром. 1,6 м. $= D$ до 0,75 D ; а при $D < 1,6$ м. берутъ среднее $= D$ до 1,2 будетъ
 γ. *Скор. порш. в.* При ходѣ поршня $= 1$ м. лучше вс. $v = 0,8$ м. въ гдѣ
 " $= 2$ " " " $v = 1,0$ " " брать
 " $= 3$ " " " $v = 1,2$ " " f. и

Въ практикѣ превышаютъ эту скороть на 200% и идутъ до 2 соты и
 и болѣе при хорошей конструкціи.

δ. *Толщина стѣнокъ цилиндра.* При діаметрѣ 0,94 м. $= 20$ прокихт
 при 1,57 до 1,88 м. до 40 мм. Діаметръ поршня на 6 до 9 мм. меріотта
 діаметра воздуходувнаго цилиндра. По Тиме $e = 0,5 + 0,35(p-1)D$ соты

ε. *Наименьшій діаметръ поршневаго стержня:* при діам. порш. въ
 въ 0,31 м. 52 мм., при діам. поршня 0,62 м. 60 мм., при діам. поршня
 поршня въ 0,94 м. 65 мм., при діам. поршня 1,25 м. 72 мм. и т.

По Тиме $d_1 = D : 14$ до $D : 16$ въ вертик. машинахъ.

ζ. *Площадь всасывающихъ клапановъ* $\frac{1}{10}$ до $\frac{1}{9}$ (по Редтенбахеру)
 площади поршня; по ф. Гауеру отношеніе *нагнетательнаго* к

пана къ поршню 1:15 до 1:9 для низкихъ давленій, при больш
 скорости поршня 1:6, между тѣмъ какъ всасывающіе клапаны по
 чаютъ площадь въ 1,5 до 2 разъ болѣе попер. сѣченія нагнетательна
 клапана. Силезскіе воздуходушныя машины имѣютъ среднимъ числомъ
 сѣченіе 1:10,7 для всасывающихъ и 1:15,6 для нагнетат. клапановъ.
 Въ Англіи превышаютъ это отношеніе; напр. Шелтонская маш. имѣетъ
 1:2,7 для всасывающ. и 1:6,1 для нагнетат. клапановъ. При $D = 97$
 $H = 83\frac{1}{4}$ ф. $n = 16$.

Клапаны большею частью шарнирные, рѣже тарелочные и заш
 раются собственной тяжестью, которую частію надо уравновѣс
 противовѣсами или пружинами.

η. *Полезное дѣйствіе* (т. е. отношеніе вдуваемаго объема къ вс
 сываемому) при тщательномъ исполненіи и хорошемъ уходѣ дост
 гаетъ 0,9; среднимъ числомъ однако только 0,7.

Стоячія машины и именно машины съ криворогимъ коромысломъ
 маш. прямого дѣйствія, для доменнаго производства суть самыя удобныя

ι. *Попер. сѣченіе воздухопроводныхъ трубъ.* Попер. сѣчені
 должно быть $\frac{1}{20}$ суммы сѣченія всѣхъ цилиндровъ двойнаго дѣйствія
 Для части воздухопровода между воздухо-нагрѣвательнымъ аппара
 томъ и печью попер. сѣченіе должно быть увеличено въ $(1 + 0,00367 t$
 разъ (t . температура нагрѣтаго дутья въ $^{\circ}C$).

Скорость воздуха $v_1 = 20$ мѣ при короткихъ трубахъ.
 $v_1 = 10$ мѣ при длинныхъ "

5. *Вычисленіе количества дутья.* α) Изъ размѣровъ воздуходува
 и печи нужно вычислить количество дутья и полезную работу во
 воздуходувки. Если обозначимъ:

h_1 давленіе воздуха по манометру (въ м. ртутнаго способа сверхъ
 воздушнаго) при чемъ манометръ стоитъ вертикально къ воздухопроводу

h_2 давленіе въ горнѣ сверхъ воздушнаго тоже въ м. столба ртути
 d діаметръ сопла въ м.

то количество воздуха, доставляемаго на сопло въ куб. метр. въ
 минуту $M = 18740 d^2 \sqrt{h_1 - h_2}$

Количество дутья M_0 , приведенное къ температурѣ $0^{\circ} C$ и 0,76 м.

*) D діаметръ въ фут., p давленіе воздуха въ атмосфер.

баром. высоты ртути и выдуваемое въ минуту чрезъ 1 сопло
будетъ: $M_0 = f \cdot \lambda \cdot M$.
въ гдѣ f и λ поправочные коэффициенты, величину которыхъ нужно
брать въ слѣдующ. таблицахъ.

f имѣетъ цѣлью поправку отъ перемѣнчивости барометрич. вы-
соты b и температуры дутья t_1 около отверстія истечения.

λ имѣетъ цѣлью поправку вслѣдствіе того, что воздухъ при вы-
сокихъ давленіяхъ перемѣняетъ не только упругость (законъ Ма-
риотта) но и температуру (законъ Пуассона); λ зависитъ отъ вы-
соты b барометра, высоты давленія h_1 по манометру и отъ давленія
 h_2 въ доменной печи.

Для малыхъ давленій безъ большой ошибки можно принять $\lambda = 1$.

Таблица величинъ коэффициента f .

$b + h_2$ въ ш. ртути.	Для температуръ $t_1 = 0$ до 220° Ц.							
	00	200	400	700	1000	1400	1800	2200
0,60	0,87	0,84	0,82	0,78	0,75	0,71	0,68	0,65
0,65	0,91	0,88	0,85	0,81	0,78	0,74	0,71	0,68
0,70	0,95	0,91	0,88	0,84	0,81	0,77	0,74	0,70
0,75	0,99	0,95	0,92	0,88	0,84	0,80	0,77	0,73
0,80	1,02	0,98	0,95	0,91	0,87	0,83	0,79	0,76
0,85	1,05	1,01	0,98	0,94	0,90	0,86	0,82	0,78
0,90	1,08	1,04	1,01	0,96	0,92	0,88	0,84	0,80
0,95	1,11	1,07	1,04	0,99	0,95	0,90	0,86	0,83
1,00	1,14	1,10	1,06	1,02	0,97	0,93	0,89	0,85
1,05	1,17	1,13	1,09	1,04	1,00	0,95	0,91	0,87
1,1	1,20	1,15	1,12	1,07	1,02	0,97	0,93	0,89
1,2	1,25	1,20	1,17	1,12	1,07	1,02	0,97	0,93
1,3	1,30	1,25	1,21	1,16	1,11	1,06	1,01	0,97
1,4	1,35	1,30	1,26	1,20	1,15	1,10	1,05	1,00
1,5	1,40	1,35	1,30	1,25	1,19	1,13	1,08	1,04
	Для температуръ $t_1 = 220$ до 550° Ц.							
	2200	2600	3000	3500	4000	4500	5000	5500
0,60	0,65	0,62	0,60	0,58	0,56	0,54	0,52	0,50
0,65	0,68	0,65	0,63	0,60	0,58	0,56	0,54	0,52
0,70	0,70	0,67	0,65	0,62	0,60	0,58	0,56	0,54
0,75	0,73	0,70	0,68	0,65	0,63	0,61	0,58	0,56
0,80	0,76	0,73	0,70	0,67	0,65	0,63	0,60	0,58
0,85	0,78	0,75	0,73	0,70	0,67	0,65	0,62	0,60
0,90	0,80	0,77	0,75	0,72	0,69	0,66	0,64	0,62
0,95	0,83	0,80	0,77	0,74	0,71	0,68	0,66	0,63
1,00	0,85	0,82	0,79	0,76	0,73	0,70	0,68	0,65
1,05	0,87	0,84	0,80	0,77	0,74	0,72	0,69	0,66
1,1	0,89	0,86	0,82	0,79	0,76	0,74	0,71	0,68
1,2	0,93	0,89	0,86	0,83	0,80	0,77	0,74	0,71
1,3	0,97	0,93	0,90	0,86	0,83	0,80	0,77	0,74
1,4	1,00	0,96	0,93	0,89	0,86	0,83	0,80	0,77
1,5	1,04	1,00	0,96	0,92	0,89	0,86	0,83	0,79

Таблица величинъ коэффициента λ .

$b + h_2$ въ м ртутн.	$h_1 - h_2$ въ м. ртутнаго столба.				
	0,1	0,5	1,0	1,5	2
0,6	0,99	0,97	0,95	0,92	0,90
0,8	1,00	0,98	0,96	0,94	0,92
1,0	1,00	0,98	0,97	0,95	0,94
1,3	1,00	0,99	0,98	0,96	0,95
1,6	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96

Количество дутья M_s на 1 сопло въ минуту въ куб. м., приведенное къ температурѣ и давленію въ всасывающемъ пространствѣ, вычисляется изъ

$$M_s = f_1 M;$$

гдѣ факторъ f_1 , который зависитъ отъ высоты барометра b (въ м.) и температуры t_s въ всасывающемъ пространствѣ а также отъ $\frac{3}{b}$ отношенія средней къ дѣйствительной высотѣ барометра, слѣдуетъ брать изъ слѣдующей таблицы.

Таблица величинъ фактора f_1 .

b м. ртутн. ст.	β $\frac{3}{b}$	t_s въ градусахъ Цельсія =									
		— 5	0	+ 5	10	15	20	25	30	35	40
0,809	0,94	0,923	0,940	0,957	0,974	0,992	1,009	1,026	1,043	1,061	1,078
0,792	0,96	0,942	0,960	0,978	0,995	1,013	1,030	1,048	1,065	1,083	1,101
0,776	0,98	0,962	0,980	0,998	1,016	1,034	1,052	1,070	1,088	1,106	1,124
0,760	1,00	0,982	1,000	1,018	1,037	1,055	1,073	1,092	1,110	1,128	1,147
0,745	1,02	1,001	1,020	1,139	1,057	1,078	1,095	1,113	1,132	1,151	1,170
0,731	1,04	1,021	1,040	1,059	1,078	1,097	1,116	1,135	1,154	1,173	1,192
0,717	1,06	1,041	1,060	1,079	1,099	1,118	1,138	1,157	1,176	1,196	1,215
0,704	1,08	1,060	1,080	1,100	1,120	1,139	1,159	1,179	1,199	1,219	1,238
0,691	1,10	1,080	1,100	1,120	1,140	1,161	1,181	1,201	1,221	1,241	1,261
0,679	1,12	1,100	1,120	1,141	1,161	1,182	1,202	1,223	1,243	1,264	1,284
0,667	1,14	1,119	1,140	1,161	1,182	1,203	1,224	1,244	1,265	1,286	1,317
0,655	1,16	1,139	1,160	1,181	1,203	1,224	1,245	1,266	1,287	1,309	1,330
0,644	1,18	1,158	1,180	1,202	1,223	1,245	1,266	1,288	1,310	1,331	1,353
0,633	1,20	1,178	1,200	1,222	1,244	1,266	1,288	1,310	1,332	1,354	1,376

Эффектъ воздухоудвки E въ $mkg.$ въ минуту получается изъ

$$E = 0,227 \psi M_s h_1$$

гдѣ ψ надо брать изъ слѣдующей таблицы

Таблица величинъ фактора ψ .

$\frac{h_1}{b}$	ψ	$\frac{h_1}{b}$	ψ	$\frac{h_1}{b}$	ψ	$\frac{h_1}{b}$	ψ
0,04	0,99	0,3	0,91	0,9	0,79	1,8	0,67
0,06	0,98	0,35	0,90	1,	0,77	2	0,65
0,08	0,98	0,4	0,88	1,1	0,75	2,2	0,63
0,1	0,97	0,5	0,86	1,2	0,74	2,4	0,61
0,15	0,95	0,6	0,84	1,3	0,73	2,6	0,60
0,2	0,94	0,7	0,82	1,4	0,71	2,8	0,58
0,25	0,92	0,8	0,80	1,6	0,69	3	0,57

Примѣръ. Доменная печь, работающая на древесномъ углѣ, имѣетъ три фурмы; діаметръ сопель $d=0,056$ м.; давленіе по манометру $h_1=0,12$ м.; давленіе въ горнѣ $h_2=0,01$ м. Поэтому $M=18740 d^2 \sqrt{h_1-h_2}=18740 \cdot 0,056^2 \sqrt{0,12-0,01}=19,55$ куб. м. при средней температур. 0° и средней высотѣ барометра $0,76$ м. По $h=0,745$ м. и $t=100^\circ C$; по таблицѣ для t при $b+h_2=0,745+0,01=0,755$ и при $t=100^\circ$ находимъ $f=0,84$; по таблицѣ для ρ при $h_1-h_2=0,11$ м. находимъ $1=0,99$. По этому $M_0=f \lambda M=0,84 \cdot 0,99 \cdot 19,55=16,15$ куб. м. въ минуту на 1 сопло.

Количество воздуха при температурѣ и давленіи въ всасывающемъ пространствѣ $Ms=f_1 M$, гдѣ $t_2=15^\circ C$ будетъ $Ms=16,15 \cdot 1,076=17,38$ куб. м.

Движущая работа N въ лошадиныхъ силахъ при высотѣ давленія h въ антиметрахъ водяного столба или при давленіи p въ kg . на кв. см. будетъ

$$N = \frac{1}{\rho} \frac{10000 O p \cdot v}{75} = \frac{1}{\varphi \cdot \rho} \frac{1000 h}{75 \cdot 100} Q = \frac{1}{75} \frac{10000 p}{75} Q$$

гдѣ $Q=\varphi O v$ доставляемый въ секунду объемъ дутья въ куб. метр. φ коэффициентъ объема дутья $=0,60$ до $0,75$ и ρ полезное дѣйствіе воздухоудвки $=0,70$ до $0,75$. Если h выражено въ метрахъ ртутнаго столба, то $N=13595 Qh: \varphi \rho 75$.

Примѣръ. Нужно построить воздухоудвку, которая давала бы 3 куб. метр. дутья въ секунду при $0,76$ м. и вдувала его въ домну при давленіи 15 сантим. ртутнаго столба въ соплахъ.

Мы имѣемъ $O=Q: \varphi v=3: 0,75$. v Примемъ $v=1$ м.; то $O=3: 0,75=4$ кв. м. и $D=2,26$ м. По Г. Шмидту $O=1,18 \frac{3}{1} \left(1 + \frac{0,21}{0,15+0,02} \right) = 1,18,3 \left(1 + \frac{0,21}{0,76} \right) = 3,72$ и $D=2,2$ м.

Если ходъ поршня $C=1,2$ $D=2,712$ метр., то число двойныхъ ходовъ (оборотовъ) $n = \frac{60v}{2C} = \frac{60 \cdot 1}{2 \cdot 2,712} = 11$ въ минуту. Работа

теоретическая, присущая сжатому воздуху, будетъ $T = \frac{13595 Qh}{75 \cdot 0,75} = \frac{18100 Qh}{75} = \frac{18100 \cdot 3 \cdot 0,15}{75} = \frac{8160}{75} = 109$ ш. силъ.

Принимая, что треніе поглощаетъ 30 процентовъ движущей работы, она

$$N = \frac{T}{\rho} = \frac{109}{0,70} = 156 \text{ лш. силъ.}$$

т. е. для движенія воздухоудвки нужна машина въ 156 лш. сил. При высокомъ давленіи дутья вмѣсто h или p нужно брать нѣсколько меньшее среднее давленіе μ h если μp , а именно:

При $h=0,75$ 1,50 2,25 3 3,75 4,15 5,25 6 6,75 метр. водян. столба
 $\mu=0,073$ 0,146 0,219 0,292 0,365 0,439 0,512 0,585 1,658 кило на кв. сант.
 $\mu=0,97$ 0,94 0,91 0,89 0,85 0,81 0,78 0,75 1,72

По Тиме полезная (индикаторная) работа воздуходушныхъ цилиндровъ м. вычислена по формулѣ

$$N = 0,0011 Q (p - p_1) = 0,002 Q h$$

гдѣ Q объемъ воздуха въ куб. футѣхъ, подаваемый машиною въ 1 минутъ приведенный къ атмосферной густотѣ къ обычн. температурѣ, т. е. къ той какую имѣетъ всасываемый въ машину воздухъ; p и p_1 давленія сгущеннаго воздуха и атмосферное, выраженные въ пудахъ на 1 кв. футъ ($P = 16,32, 144 : 40 = 58,75$ пуд.); h густота воздуха въ дюймахъ по ртутному манометру.

Вслѣдствіе сопротивленія клапановъ, тренія въ частяхъ машины и проч., воздуходушныя машины расходуютъ болѣе силы, нежели сколько необходимо собственно для сгущенія и нагнетанія воздуха. Означимъ чрезъ N полезную (индикаторную) работу воздуходушнаго цилиндра; N_i — индикаторную работу пароваго цилиндра; N_t теоретическую работу пара и чрезъ N_u — полезную работу воздуха въ соплахъ

На основаніи опытовъ, отношеніе $\frac{N}{N_i}$, т. е. отношеніе индикаторныхъ работъ воздуходушнаго и пароваго цилиндровъ, для мѣховъ средняго и высокаго давленія, есть *всегда постоянная величина и равна* среднимъ числамъ 0,84.

При проходѣ пара въ паропроводныхъ трубахъ, начиная отъ котловъ и до мѣховъ давленины, при лучшихъ устройствахъ теряется 15 до 20% работы, слѣдовательно чрезъ

$\frac{N_i}{N_t} = 80$ до 85%. Отъ воздуходушнаго цилиндра и до сопелъ, при доменныхъ мѣх. е. при удельныхъ, теряется около 10% въ количествѣ воздуха и столько же въ густотѣ т. е. всего до 20% въ работѣ, слѣдов. $\frac{N_u}{N} = 80\%$. Откуда *полный* коэффициентъ полезнаго дѣйствія выдучныхъ доменныхъ мѣховъ:

$$\frac{N_u}{N_t} = \frac{N_i}{N_t} \cdot \frac{N}{N_i} \cdot \frac{N_u}{N} = 0,80 \cdot 0,84 \cdot 0,85 = 57\%;$$

по Grune'y не болѣе 50%. Коэффициентъ K Тиме называетъ *коэффициентомъ работы*

Для лучшихъ гидравлическихъ мѣховъ: $K = \frac{N_u}{N_t} = 40\%$ до 50%. По Grune'y 30% до 40%.

Въ этомъ случаѣ N_t означаетъ теоретическую работу воды.

Вредныя пространства воздуходушнаго цилиндра не имѣютъ вліянія на коэффициентъ работы, потому что работа расходуемая на сжатіе воздуха во вредномъ пространствѣ, при движеніи поршня въ одну сторону, снова возвращается машинѣ при обратномъ движеніи поршня, вслѣдствіе расширенія воздуха, до момента открытія всасывающихъ клапановъ.

Коэффициентъ объема K' . Коэффициентомъ объема называется отношеніе дѣйствительнаго объема подаваемого машиною воздуха, (приведеннаго къ атмосферному давленію и къ температурѣ наружнаго воздуха), къ объему описываемому воздуходушнымъ поршнемъ. Вредныя пространства воздуходушнаго цилиндра, неимѣющія вліянія на коэффициентъ работы, въ отношеніи K' играютъ весьма значительную роль. Чѣмъ болѣе вредное пространство и густота воздуха, тѣмъ дольше время, при каждомъ ходѣ поршня, всасывающіе клапаны будутъ находиться въ запертомъ состояніи, слѣдов. тѣмъ меньшее количество воздуха будетъ подавать машина даннымъ размѣровъ. Отсюда мы видимъ, что если всегда нужно стараться уменьшать величину вредныхъ пространствъ, то особенно это стараніе должно быть усугублено при мѣхахъ высокаго давленія. Къ счастью, при надлежащемъ расположеніи клапановъ при вертикальныхъ цилиндрахъ, укрѣпленіемъ къ поршню соответствующей формы коробокъ, всегда возможно уменьшить по произволу величину вредныхъ пространствъ, которыя при горизонтальныхъ цилиндрахъ и безъ того имѣютъ наименьшую величину. Несчитая потери въ воздухопроводѣ, при лучшихъ мѣхахъ $K' = 0,85$ до 0,95, принимая же до 10% потерю въ воздухопроводѣ, полная величина коэффициента объема будетъ $K' = 0,85 \cdot 0,90$ до $0,95 \cdot 0,9 = 75\%$ до 85%, среднимъ числомъ. При проектированіи воздуходушныхъ машинъ обыкновенно принимаютъ $K = 75\%$ до 80%.

В. Опредѣлить діаметръ сопла или давленіе по количеству употребляемаго дутья. Прежде всего, при помощи таблицъ для f и λ , опредѣляется M по формулѣ

$$M = \frac{M_0}{f \cdot \lambda}$$

где M_0 количество дутья выдуваемого чрезъ 1 сопло въ мин. въ куб. метр., приведенное къ температурѣ 0° и давлению въ 0,76 м. ртутнаго столба. Изъ M и даннаго диаметра сопла d сопла или изъ даннаго давленія $h_1 - h_2$ получается $h_1 - h_2$ или d по формулѣ:

$$M = 18740 d^2 \sqrt{h_1 - h_2}$$

По *Тиме* по данному количеству воздуха (V куб. ф. доставляемому въ 1 минуту въ печь, по числу сопелъ n , и скорости истечения воздуха V_0 ф., диаметръ „ сопелъ въ дюймахъ) можетъ быть опредѣленъ изъ слѣдующей формулы:

$$Q = 60 \cdot \frac{\pi d_0^2}{4 \cdot 144} V_0 = 0,30 n \cdot d_0^2 \cdot V_0$$

гдѣ Q коэффициентъ расхода для сопелъ = 0,90 до 0,95 *). Число сопелъ при доменныхъ печахъ $n = 3$ до 6 и рѣже до 8. При вагранкахъ $n = 1$ до 3 и болѣе. При осесмеровскихъ ретортахъ $n = 100$ до 200.

Скорость истечения V_0 существенно зависитъ отъ давленія внутри горна печи, всегда большаго, чѣмъ атмосферное давленіе. Означивъ внутреннее манометрическое давленіе въ горну печи чрезъ h_1 , выраженное въ дюймахъ ртутнаго столба, тогда чрезъ h манометрическое давленіе въ трубахъ около сопелъ при дѣйствіи печи, т. е. при *вдвинутыхъ* соплахъ, (высѣо формулы $V_0 = 235 \sqrt{h}$ при $h =$ около 120) будемъ имѣть слѣдующую болѣе точную:

$$V_0 = 235 \sqrt{h - 1}$$

И такъ для опредѣленія размѣровъ сопелъ для вновь устраниваемой машины или для опредѣленія расхода воздуха для *существующей*, при данной густотѣ воздуха n при дѣйствіи печи, необходимо знать внутреннее манометрическое давленіе въ горну печи h_1 .

Опредѣлить h_1 можно двоякимъ образомъ: 1) по *Туннеру*, непосредственнымъ измѣреніемъ помощью манометра, продѣлавъ желѣзную трубку манометра во внутрь печи чрезъ отверстіе фурмы и 2) по *Риттингеру*, слѣдующимъ путемъ. При нормальномъ числѣ оборотовъ машины n въ 1 м., при дѣйствіи печи, т. е. при *вдвинутыхъ* соплахъ, замѣчаютъ манометрическое показаніе у сопелъ h . Затѣмъ выдвинувъ сопла изъ печи и уменьшивъ притокъ пара въ машину, заставляютъ ее вращаться съ тѣмъ-же числомъ оборотовъ n , и наблюдаютъ манометрическое показаніе h' , при *открытыхъ* соплахъ. Очевидно, что въ обоихъ случаяхъ расходъ воздуха доставляемый машиною будетъ одинъ и тотъ-же, слѣдов.

$$70,5 n_0 d_0^2 \sqrt{h - h_1} = 70,5 n_0 d_0^2 \sqrt{h'}$$

т. е. внутреннее (манометрическое) давленіе въ печи равно разности показаній манометра при *вдвинутыхъ* и *выдвинутыхъ* соплахъ. Къ сожалѣнію число опытовъ надъ опредѣленіемъ h_0 весьма ограничено. По опытамъ *Туннера* и *Шмидта* диаметръ надръ 6-ю древесноугольными доменными печами, среднимъ числомъ $h_0 = 1,2$ (7,5 до 10 дюйм.) что при $h = 1,2$ до 2,2, составляетъ $1/8$ и $1/4$ часть h .

При опредѣленіи размѣровъ сопелъ для вновь строящейся печи сначала, предполагая внутреннимъ давленіемъ, по формулѣ ($Q = 0,30 n \cdot d_0^2 \cdot V_0$) опредѣляютъ диаметръ сопелъ, который очевидно будетъ имѣть величину менѣе требуемой, а слѣдов. при данномъ нормальномъ числѣ оборотовъ машины густота воздуха у сопелъ будетъ болѣе требуемой. Затѣмъ, опредѣливъ при дѣйствіи печи внутреннее давленіе, приоткрываютъ уже сопла надлежащихъ размѣровъ.

6 Размѣры существующихъ воздухоудныхъ машинъ для доменныхъ печей.

Въ заводахъ Графа Строганова имѣются воздухоудки совершенно одинаковыя. Каждая машина состоитъ изъ 3 двудувныхъ, стоячихъ угунныхъ цилиндровъ диаметромъ 52 д.; ходъ поршня 56 д. Всѣмъ клапаны 18 д. $\times$ 12,5 д. $\frac{1}{9}$ площади поршня. Воздушный цилиндрической регуляторъ имѣетъ $\alpha = 6$ ф. 3 д.; $l = 21$ ф. Диаметръ воздухопроводной трубы 1 ф. 7 д. Размѣры водянаго колеса $D = 7$

*) По *Вейсбаху* 0,92. Шмидтъ принимаетъ для запаса 0,85, въ виду неизбежнаго втягиванія сопелъ шлакомъ на ходу печи.

арш.; $B=6$ фут. Такая машина достаточна для дѣйствія двухъ доменныхъ печей на сметничномъ углѣ ($\frac{1}{2}$ березы + $\frac{1}{2}$ елки) и даетъ тогда до 12 оборотовъ.

α. Королевскій чугуно-литейный заводъ въ Глейвицѣ. Одна воздуходувная машина въ 86 и другая въ 150 лощ. силъ. Первая существуетъ теперь только какъ запасная и выстроена по системѣ Корнуэльскихъ водоподъемныхъ машинъ. Вторая снабжена маховымъ колесомъ и работаетъ, какъ и первая, съ отсѣчкою и охлажденіемъ при давленіи пара въ 2,046 *kg.* на *qcm.*

Ходъ порошня = 2.826 м., скорость порошня въ минутѣ = 79,07 м. 14 двойныхъ — измѣненій въ минутѣ. Воздушный цилиндръ діаметромъ 2,197 м. Къ коромыслу каждой машины присоединены насосы, кромѣ того въ каждомъ машинномъ зданіи самодѣйствующіе насосы. 150 сильная машина вполне удовлетворяетъ дѣйствіе доменной печи, требуетъ малаго ремонта и имѣетъ ровный ходъ. Объемъ воздушныхъ регуляторовъ 115,256 свт.

Высота: всей печи 12,5 м. фурмъ надъ лещадью 0,47 м. распара надъ лещадью 4,4 м. Діаметръ: колошника 0,94 м. распара 3 м. горна 1,18 м. Фурмъ 8 по 68 мм въ діам. Давленіе 0,22 *kg.* на кв. сант. температура 250°. Высота шлаковой фурмы надъ лещадью 0,732; высота распара 2,353 м. Уголь плечъ 74. Толщина горна 0,941; шахты 0,784 до 0,941. Объемъ 215,74 куб. метр. Въ 1877 г. недѣльная выплавка была 327 т. Расходъ 128 до 136 *kg.* кокса на 100 *kg.* бѣлаго чугуна.

β. Въ Георгъ-Маріенгутте имѣется лежачая воздуходувная машина, выстроенная въ 1870 году; паровой цилиндръ помѣщенъ между воздуходушнымъ цилиндромъ и валомъ махового колеса. Діаметръ воздуходушнаго цилиндра 2825, пароваго цилиндра 1334, маховаго колеса 9500 мм. Вѣсъ маховаго колеса 29900 *kg.* (обода 17500 *kg.*). Поршень пароваго цилиндра въ срединѣ толщиною 250 мм. и какъ набивка два чугуныя кольца толщиною 72 мм. Поршневой стержень изъ Бессемерової стали толщин: 183 мм., стержень воздуходувной машины въ срединѣ пустой изъ чугуна при наружн. діаметрѣ въ 365 мм. и толщинѣ стѣнокъ въ 50 мм. Поршень изъ Γ фасоннаго желѣза съ ребрами, передніе и задніе промежутки котораго плотно закрываются желѣзными крышками толщ. 5 мм. Набивка изъ войлока и кожи. Машина снабжена клапаннмъ распредѣленіемъ; клапаны двухъпорные. Впускные клапаны діаметромъ 270 мм., ходъ 40 мм. выпускные клапаны діаметр. 340 мм. при ходѣ въ 45 мм. Обыкновенно работаютъ давленіемъ пара въ 3,16 до 3,25 *kg.* на кв. сант. при наполненіи $\frac{1}{3}$ или $\frac{3}{8}$ съ 20—22 оборотами и получается дутье давленія 0,32 *kg.* на кв. сант.

γ. Стоячая машина Вульфа на Lackenby Iron Works. Діаметръ паров. цилиндровъ 813 мм., воздуходушныхъ цилиндровъ 2032 мм., ходъ 1371 мм. Давленіе пара въ Говардовскихъ котлахъ $5\frac{3}{4}$ атмосферь. Поверхностный холодильникъ имѣетъ 1080 трубъ съ діаметр.: 19 мм. при поверхности въ 100,33 кв. м. Воздушный и циркуляціонный насосы діаметромъ 406 и 610 мм. съ ходомъ въ 686 мм. Воздушные клапаны кожаные. Всапывающія окна = 79,9 кв. м.; нагнетательныя окна = 55,74 кв. м., зазоръ между поршнемъ и крышкой воздуходушнаго цилиндра 19 мм. давленіе дутья 21—23 ст. ртутн., при 22 оборотахъ этой машины производство двухъ доменныхъ печей еженедѣльно 1810 т.

По Феланду изъ балансирныхъ машинъ употребляются только—Вульфа, съ большими маховиками; прежнимъ большимъ лежащимъ воздуходувкамъ предпочесть въ настоящее время стоячие или горизонтальныя двойныя или тройныя машины съ небольшимъ ходомъ поршня. Машины Compouнд вносятся въ употребленіе.

Воздуходувныя машины Вульфа съ цилиндрами, расположенными одинъ надъ другимъ, построенныя обществомъ John-Cockerill въ Seraing оказались очень хорошими. Употребительнѣйшія изъ нихъ имѣютъ: $D=3,00$; въ паров. цилиндрѣ высокаго давленія $D=0,85$ и низкаго $D=1,20$ при ходѣ 2,44; онѣ дѣлаютъ 12 оборотовъ въ минуту.

Вѣсъ махового колеса $=36000\text{ kg.}$, а вѣсъ машины 124000 kg.

Диаметръ воздушн. колеса 0,76 при ходѣ 1,22. При 4,5 атм. начальнаго давленія и дутья 0,20 по ртутному манометру употребляютъ при давленіи наполненія цилиндра съ высок. давленіемъ въ 0,4 хода.

При размѣщеніи машинъ на разстояніи одна отъ другой $=6,00$, онѣ требуютъ меньшей мѣры слѣдующаго помѣщенія.

Для одной. $6,50 \times 11,50$ Для двухъ. $14, \times 11,50$ Для трехъ. $20 \times 11,50$

При высотѣ стѣнъ $=14,00\text{ m.}$

Переменное наполненіе цилиндра высокаго давленія обыкновенно:

$\frac{0,3}{m_1=6\frac{2}{3}}$ $\frac{0,4}{5}$ $\frac{0,5}{4}$ —соотвѣтствуетъ полному расширенію.

Правила для проектированія маховиковъ при воздуходувныхъ машинахъ по Гиме. Маховикъ есть неопредѣленная принадлежность каждой хорошей воздуховки.

1) Живая сила махового колеса выраженная въ паров. лошади. $\frac{GV^2}{960} = 0,001\text{ GV}^2$ 2V до 3N для ординарныхъ и 1,5N для двойныхъ машинъ.

2) Скорость на средней окружности обода: $V=20$ до 25 фут. Первая цифра относится къ меньшимъ а вторая къ большимъ машинамъ. При двухъ маховыхъ колесахъ; $V=15$ до 20 фут.

3) Средній діаметръ обода махового колеса $D = \frac{60V}{\pi \cdot n}$, кругл. числомъ. $D=20 \frac{V}{n}$

4) По данной скорости V , вѣсъ обода G опредѣлится изъ (1) выраженія.

5) Полный вѣсъ махового колеса $=3\frac{1}{2} G$ т. е. въ 1,5 раза болѣе вѣса обода. При двухъ маховыхъ колесахъ каждый имѣетъ половинный вѣсъ.

6) Поперечныя размѣры обода, т. е. высота его b и ширина a , въ дюймахъ, предѣляются изъ слѣдующей формулы:

$$\frac{ab}{144} \cdot \pi D \cdot 12,5 = 0,27ab, D=G,$$

дѣ 12 $\frac{1}{2}$ пуд. вѣсъ 1 куб. фута чугуна. Отношеніе $\frac{b}{a} = \frac{3}{2}$ до 2.

Диаметръ желѣзнаго стержня воздуховунаго цилиндра по Гиме. Въ верти-

кальныхъ машинахъ $d_1 = \frac{D}{14}$ до $\frac{D}{10}$.

Въ горизонтальныхъ машинахъ стержень всегда пропускается чрезъ обѣ крышныя цилиндра: въ небольшихъ машинахъ стержень дѣлается желѣзныи сплошной или съ внутреннею пустотою при ви́шнемъ діаметрѣ $\frac{1}{40}$ до $\frac{1}{12}$ діам. цилиндра, при большихъ же машинахъ онъ дѣлается въ видѣ чугунной трубы, съ среднимъ

отношеніемъ внутренняго и ви́шняго діаметровъ: $\frac{d_2}{d_1} = 0,6$.

При $D=8\text{ ф.}$, $H=6\text{ ф.}$, $d_1=11''$, $d_2=7''$ } при толщинѣ трубы $=2''$ *)
 $D=9\text{ ф.}$, $H=7\text{ ф.}$, $d_1=14\frac{1}{2}''$, $d_2=10\frac{1}{2}''$

*) Въ горизонтальныхъ машинахъ завода Horde, стержни желѣзные пусто-

бные: $D=8\text{ ф.}$, $H=6\text{ ф.}$, $d_1=8''$, $d_2=4''$.

Размеры воздушного поршня. Толщина чугунных крышек поршня— $\frac{1}{2}$ до $\frac{3}{4}$ е. Обыкновенно крышки дѣлаются из листового желѣза; въ этомъ случаѣ толщина ихъ $\frac{1}{4}$ до $\frac{1}{2}$ части противъ чугунныхъ крышекъ. Толщина радиальныхъ реберъ $\frac{1}{8}$ до $\frac{1}{4}$ е. Ширина поршня по внешней окружности:

$$E = \frac{D}{8} \text{ до } \frac{D}{10} \text{ при } D=4 \text{ до } 8 \text{ ф. и } E = \frac{D}{10} \text{ до } \frac{D}{12}, \text{ при } D=8 \text{ до } 12 \text{ ф.}$$

Ширина поршня около втулки— E до $1\frac{1}{2}E$ и даже до $1\frac{1}{2}E$.

Паровой цилиндръ. При доменныхъ мѣхахъ $\frac{D}{d} = 2$ до $2\frac{1}{2}$.

Диаметръ пароваго цилиндра въ фут. (d) 15/ до 2 3 до 4 4 до 5 5 до 6

Толщина его стѣнокъ въ дюйм. 1 до $1\frac{1}{8}$ $1\frac{1}{8}$ до $1\frac{1}{4}$ $1\frac{1}{4}$ до $1\frac{1}{2}$ $1\frac{1}{2}$ до $1\frac{3}{4}$

Диаметръ желѣзнаго пароваго стержня дѣляется $\frac{3}{4}$ до $\frac{4}{5}$ —0,75 до 0,8 диаметра стержня воздушнаго поршня. Меньшая цифра относится къ большему, а большая къ меньшему машинѣ. Большая величина диаметра воздушнаго стержня подвергающагося почти такому-же напряженію отъ сжатія и вытягиванія каковомъ и стержень пароваго поршня, дѣляется въ видахъ подверженности перваго дѣйствию большого момента изгиба, пропорціональнаго диаметру цилиндра.

Диаметръ желѣзнаго вала маховаго колеса (d_3). 2,0 1,0 0,8

$$d_3 = 4,75 \sqrt[3]{\frac{N}{n}}$$

гдѣ d_3 —диам. шеекъ вала; N —сила машины, (т. е. индикаторная работа пароваго цилиндра), n —число оборотовъ въ 1 м.

Длина шеекъ $1\frac{1}{2} d_3$ до $1\frac{3}{4} d_3$. Диаметръ головки вала, на который укрѣпляется маховое колесо, $\frac{3}{4} d_3$ и до $1\frac{1}{4} d_3$ при нѣскольکو длинныхъ валахъ.

7. Вентиляторы.

Расчетъ вентиляторовъ смотри часть третью.

На одинъ горѣ можно принимать на 1 сек. 0,02 до 0,03 куб. м. на расплавленіе 100 *kg*. чугуна въ вагранкѣ 60—75 куб. м. воздуха.

Сосѣдующіе вентиляторы служатъ для полученія дутья давленіемъ 400—450 мм. столба воды.

Вентиляторы Шеръ и Петцольдъ въ Берлинѣ.

Диаметръ крыла въ мм.	Для ковки.		Для плавленія.		Для вентиляціи и сушенія.		Диаметръ въ мм.	
	Огней съ соплами въ 3 ст. диаметра.	Оборотовъ въ мин.	Число лоп. силъ.	Число цент. чугуна въ частъ.	Оборотовъ въ мин.	Число лоп. силъ.	Двойныхъ шкивовъ для ремня.	Отверстія для дутья.
350	1—2	3200	1	—	—	—	30	60
350	2—3	3200	1	—	—	—	40	90
270	2—4	4000	1	15	6000	20	50	125
320	4—8	3500	1	15—25	5000	30	60	150
400	8—12	3000	1	25—35	4000	45	75	200
500	12—18	2100	2	35—60	3000	70	100	250
650	18—30	1700	3	60—90	2500	120	120	320
800	30—50	1400	5	90—135	2100	180	160	400
000	50—80	1000	7	135—240	1500	280	200	1250

8. Количество воздуха и густота его для различных случаев практики (по Тиме).

Название воздухоудельных машин.	Q куб. ф. объемъ воздуха подаваемого (или извлекаемого) машиною въ 1 м. времени.	h дюйм. густота (или разрывъ) воздуха.		Примѣчанія.
		По ртути.	По водяному манометру.	
Для древесноугольных доменных печей.	2500 до 3500	1 1/2—2	2—4	Для случаевъ (1), (2), (3), (7), (8) и (9) исключительное примѣн. имѣютъ цилиндрическіе сопла. Для случаевъ же (4), (5) и (6) вентилаторы.
легкій уголь				Диаметръ и число сопелъ.
плотный уголь				1) При доменных печахъ число сопелъ 3 до 6, рѣже до 8. Диаметръ сопелъ 1 1/2 до 4". При доменныхъ печахъ на минеральномъ топливѣ диаметръ сопелъ по большей части 3 до 3 1/2".
Для доменныхъ печей на минеральномъ топливѣ	3500 до 7500 и бол. до 10000	4 до 6	6 " 8	2) При бессемерованіи число сопелъ въ ретортѣ: 100 до 200; диаметръ ихъ 3/8 до 1/2".
легкій коксъ		8 " 15"		3) Въ кузнечныхъ горнахъ по одному соплу на огонь. Діам. сопелъ обыкновенно измѣняется отъ 1 1/2" до 2 1/2" въ самыхъ большихъ горнахъ.
плотный коксъ				4) При вагранкахъ число сопелъ 1 до 3 и рѣже болѣе. Діам. сопелъ 1 1/2" и до 6". При вагранкахъ Ирландской системы число сопелъ до 12, діам. 2 1/2 до 5".
антрацитъ				5) Отбливательные горна.
Для бессемерованія въ вмѣстимости ретортъ				а) Число; сопелъ 2 до 3; 4; 6 до 8.
въ 5 тоннъ	3500	15 " 30"		б) Объемъ воздуха вдувъ въ 1 минуту: 600—800; 1000 до 1200 куб. ф.
" 7 " "	4000	30 " 45"		с Недѣльная производительность: 80—100—120 тоннъ.
" 0 " "	7000 до 8000	45 " 58"		
Для вагранокъ; переплавляющихъ въ 1 часъ				
малыхъ: 1 до 2 т.	500 до 1000			
среднихъ 2 " 3 "	" 1500	1 1/2 " 2"		
большихъ 3 " 5 "	" 2500			
Для кузнечныхъ орповъ				
малыхъ	" 75			
среднихъ	" 150	1 1/2 " 2"		
большихъ	" 300			
Для провѣтриванія рудниковъ:				
небольшихъ	до 25000	1 1/2 до 2		
среднихъ	" 50000	2 " 3		
большихъ	" 100000	3 " 4		
самыхъ большъ	" 200000	4 " 6 (рѣже до 8).		
Рудничные пневматическія насосы, компрессаты сгущающіе воздухъ отъ 3 до 7 и рѣже до 10 атмосферъ	100 до 1000			
Кричные горна	150 до 200	1 до 2		
Отбливательные горна	600 " 1200	4 " 5		
Примѣчаніе				
При Q= 75 к. ф. и h= 1 1/2, полезная работа N=0.002Qh=0.03 п. л.				
Q=200000 " " h= 1 1/2 " N=200 п. л.				
Q= 8000 " " h= 45/1 " N=720 " "				
Q= 500 " " h=180/1 " N=180 " "				

м. Чугунно-литейное дѣло.

1. Переплавка чугуна въ вагранкахъ.

Сѣрый чугунъ, который наиболѣе годенъ для литейнаго дѣла, расплавляется въ вагранкахъ на коксѣ (рѣже на дрѣв. углѣ) прибавляя известъ въ количествѣ 3 до 40% по рѣсу перепл. чугуна.

Вагранки суть шахтовныя печи. Высота шахтъ для кокса по кр. мѣрѣ 1,88 до 2,5 м., обыкновенно 3,14—3,45 м., для дрѣв. угля по кр. мѣрѣ 4,7 м., но лучше всего 6,3 м. Ширина на высотѣ фурмы при маленьк. печахъ 0,47 до 0,58 м., при большихъ 0,94—1,83 м. На каждый *klg.* переплавляемаго въ часъ чугуна считаютъ 1—1 1/2 кв. сантим. попер. сѣченія шахты въ самомъ узкомъ мѣстѣ (но не дѣлаютъ діаметръ шахты менѣе 0,5 м.). Рыхлый коксъ требуетъ большаго поперечнаго сѣченія чѣмъ плотный; древесный уголь большаго сѣченія, чѣмъ коксъ. Выпускное отверстіе шир: 310—580 мм. выс: 390—600 мм. и 470—620 мм. надъ поломъ завода. Подъ толщ. 160 до 210 мм. натрамбовывается изъ смѣси огнеупорной глины съ кварцевымъ пескомъ. Стѣнки шахты толщ. 200—225 мм.

Фурмы лежатъ при сильныхъ воздуходушныхъ машинахъ и плотномъ коксѣ на 520—630 мм., при слабыхъ машинахъ и легкомъ дрѣв. углѣ на 310—390 мм. выше пода. Число фурмъ увеличивается соразмѣрно съ шириною шахтъ на 6 до 8; часто 2—3 ряда фурмъ вертикально другъ надъ другомъ въ разстояніи 210—310 мм., ширина фурмъ 53—104 мм. при кокс. печахъ до 210 мм.

Для сбереженія горючаго матеріала слѣдуетъ подводить въ печь возможно большее количество дутья чрезъ широкія отверстія сопелъ при хорошемъ распредѣленіи и слабомъ давленіи. Отъ количества дутья зависитъ количество сгорающаго въ единицу времени топлива, а отъ послѣдняго количество расплавляемаго въ то же самое время чугуна. Поперечное сѣченіе сопелъ должно быть взято столь велико, чтобъ давленіе дутья происходило не отъ сопротивленія при истеченіи, но единственно отъ сопротивленія плавящагося столба восхожденію газовъ въ печи. Полное поперечное сѣченіе отверстій, проводящихъ дутье въ печь, дѣлаютъ по кр. мѣрѣ 1/8, не рѣдко 1/3 до 1/2 самаго узкаго сѣченія шахты. Давленіе дутья зависитъ отъ быстроты, съ которой желаютъ произвести плавленіе, обыкновенно 180 до 350 мм., въ вагранкахъ для бессемерованія 420 до 600 мм. водянаго столба. 1 *klg.* пористаго кокса требуетъ дутья 8 до 10 куб. м., плотный же коксъ—почти двойное количество. При высотѣ давленія *H* по водяному манометру и при діаметрѣ δ отверстія сопла теоретическое доставляемое количество дутья *M* въ куб. метр. въ минуту: $M = 5081 \delta^2 \sqrt{H}$.

Къ каждой колошѣ прибавляется известняку около 15 до 20% вѣса кокса.

Расходъ топлива: на 100 *kg.* чугуна требуется 6—30, обыкновенно 10—15 *klg.* кокса или 25—50 *kg.* древеснаго угля. При нагрѣтомъ воздухѣ въ кокс. печахъ 1,57 м. высотой или въ древесно-угольн. печахъ 4,7 м. высотой 100 объемн. част. кокса замѣняютъ 450 объемныхъ частей дрѣв. угля.

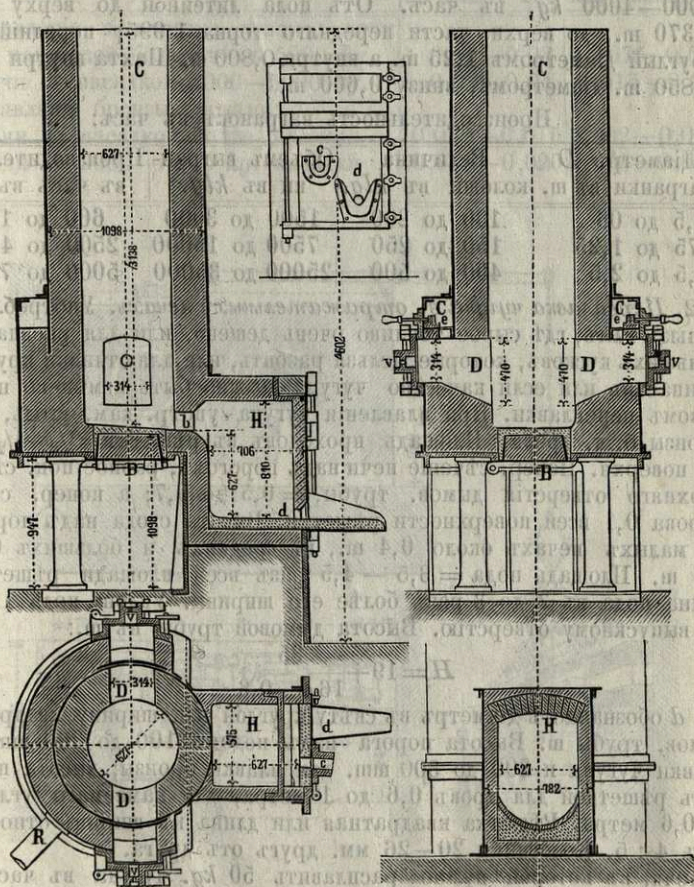
На задувку выгранокъ требуется средн. числомъ 30 *kg.* кокса и только же др. угля.

На 100 *kg.* чугуна требуются средн. числомъ 60—75 куб. м. воздуха при давлении 160 до 250 мм. водяного столба. Малая вагранка требуетъ меньше топлива, чѣмъ большія.

Величина колошъ. На кв. метръ площади отверстія колошника коло 80 *kg.* кокса въ одну колошу и при плотномъ коксѣ съ 120% олы максимумъ на 1 часть вѣса кокса 15—16 вѣсов. частей чугуна; гарь: 3 до 100% обыкновенно 5—70%.

Ирландскія вагранки имѣютъ 2 горизонт. ряда фурмъ: внизу — 4, вверху 6—8 фурмъ; попер. сѣченіе воздушн. фурмъ $\frac{1}{4}$ до $\frac{1}{2}$ самаго узкаго сѣченія шахты, причемъ нижнія имѣютъ попер. сѣченіе вдвое болѣе верхнихъ; вертик. разстояніе обоихъ рядовъ фурмъ 450—750 мм.

Въ *литейной Борзиги* имѣется вагранка, шахта которой вверху 785, низу 942, на высотѣ фурмъ 628, въ горнѣ 942 мм. ширины.



Фигура 2—6.

Высота выпускнаго отверстія 550, высота первого ряда фурмъ над подомъ 942, второго ряда 1412, до колошника 4498 mm. Верхній рядъ имѣетъ 8 фурмъ съ сам. больш. діаметромъ въ 65 mm., нижній 4 съ діам. въ 130 mm. Расходъ кокса 12⁰/₀. Количество при плава 2250—2500 kg. въ часъ.

Вагранка Кригара. Дутье подводится трубою *R* въ каналъ идущій кругомъ шахты и входитъ черезъ 2 противоположные вертикальные канала, попер. сѣченіе которыхъ вмѣстѣ составляетъ $\frac{1}{3}$ $\frac{1}{8}$ горизонт. попер. сѣченія шахты, въ 2 сводчатыхъ отверстія *D* по нимъ въ вагранку. Притокъ воздуха регулируется задвижками въ отверстія съ приспособленіемъ для открыванія, чтобы осматривать и очищать каналы *D*. Каждое изъ этихъ отверстій шириною $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{6}$ всей шахты печи въ свѣту, высота между 400—700 mm. смотря по тому собирается ли сплавленный чугуны въ вагранкѣ или евыпускаютъ въ передній горнъ чрезъ каналъ *b*. Шлаки удаляются чрезъ *c*. Въ Гредицѣ (Gröditz) работаетъ вагранка Кригара, доставляя 3000—4000 kg. въ часъ. Отъ пола литейной до верху шахты 4,370 m., до верхн. части передняго горна 1,995; передній горнъ круглый діаметромъ 1,25 m. а внутри 0,800 m. Шахта внутри вверхъ 0,850 m. діаметромъ, внизу 0,600 m.

Производительность вагранокъ въ часъ:

Діаметръ <i>D</i> вагранки въ m.	Величина колоши въ klg.	Объемъ выгран- ки въ klg.	Производительность въ часъ въ klg.
0,5 до 0,6	100 до 200	1500 до 3000	600 до 1200
0,75 до 1,25	150 до 250	7500 до 15000	2500 до 4500
1,5 до 2,5	400 до 500	25000 до 35000	5000 до 7500

2. *Переплавка чугуна въ отражательныхъ печахъ.* Употребляютъ только тамъ, гдѣ сырое топливо очень дешево, или для расплавленія большихъ кусковъ, которые нельзя разбить, или для отливки крупныхъ припасовъ или если качество чугуна должно быть измѣнено посредствомъ переплавки. При плавленіи чугуна употреб. кам. уголь, а для бронзы б. ч. дрова. Площадь проходовъ въ рѣшеткѣ = $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$ всей ея поверхн. Попер. сѣченіе печи надъ порогомъ, равное попер. сѣченію верхняго отверстія дымов. трубы, = 0,5 до 0,7; а попер. сѣченіе борова 0,1 всей поверхности рѣшетки. Высота свода надъ порогомъ въ малыхъ печахъ около 0,4 m., въ среднихъ и большихъ 0,6 до 0,7 m. Площадь пода = 3,5—4,5 разъ всей площади рѣшетки и длина пода въ 2 до 3 разъ болѣе его ширины. Уклонъ пода 1 до 2⁰/₀ къ выпускному отверстію. Высота дымовой трубы въ m.:

$$H = 19 + \frac{25}{16d - 0,3}$$

гдѣ *d* обозначаетъ діаметръ въ свѣту круглой или ширину квадратной дымов. трубы m. Высота порога надъ подомъ 100 до 200 mm. для плавки чугуна и 200 до 300 mm. для плавки бронзы; высота порога надъ рѣшеткой для дровъ 0,6 до 1 метра, для каменнаго угля 0,3 до 0,6 метра. Рѣшетка квадратная или длина къ ширинѣ относится какъ 4 : 5. Колосники 20—26 mm. другъ отъ друга.

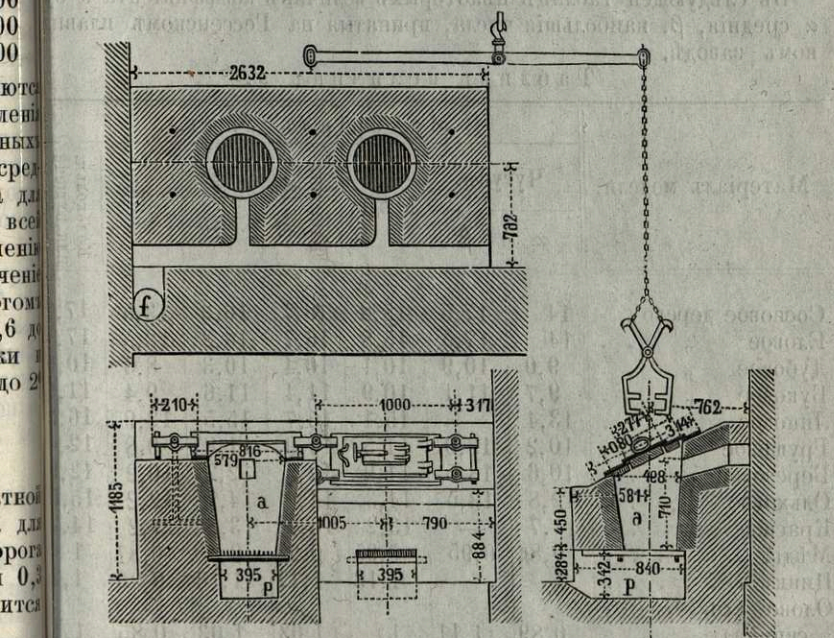
Печь, въ которой нужно расплавить 50 kg. чугуна въ часъ на камен. углѣ, должна имѣть слѣдующіе размѣры:

Подъ 0,43 кв. м.; вся поверхность рѣшетки 0,11 кв. м.; площадь проходовъ въ рѣшеткѣ 0,06 кв. м.: отверстіе для пламени надъ по- токомъ и верхнее отверстіе дымов. трубы 0,025 до 0,03 кв. м.; провъ 0,01 кв. метр.

Расходъ топлива на 100 *kg.* чугуна* смотря по содержанію золы топлива и трудноплавности чугуна 50 до 90% кам. угля или 100 до 130% дровъ. Угаръ 6 до 9%, максимум 12%. Насадка 1254—500 *kg.* Время плавленія одной закладки, продолжается смотря по качеству топлива, отъ 5 до 6 часовъ.

Ледебуръ рассчитываетъ поверхность рѣшетки по величинѣ всей насадки и находитъ:

	полная.	свободн.
	поверх. рѣшетки въ кв. м. на кажд. 100 <i>klg.</i> насадки.	
Плавленіе каменнымъ углемъ: печи съ нагрузкой болѣе чѣмъ 5000 <i>kg.</i>	0,15—0,03	0,0075—0,015
Печи съ насадкой 2000—5000 <i>kg.</i>	0,09—0,04	0,015—0,02
Плавленіе бронзы дровами:		
Печи съ насадкой болѣе 500 <i>kg.</i>	0,010—0,015	0,002—0,003
Печи съ 2000—5000 <i>kg.</i> насадки .	0,015—0,020	0,003—0,004



Фигура 7—9.

3. *Переплавка чугуна въ тигельныхъ печахъ.* Плавленіе металъ количества металла всякаго рода дѣлается въ тигельныхъ печахъ кромѣ того оно всегда употребляется тамъ, гдѣ слѣдуетъ устранить непосредственное соприкосновеніе металла съ горючимъ матеріаломъ или съ его горючими газами. Тигли состоятъ изъ очищенной глины или графита; они рѣдко вмѣщаютъ болѣе 30 *klg.* металла. Соединяютъ до 8 тиглей въ одной печи.

При плавленіи чугуна считаютъ на 100 *klg.* чугуна расходъ коковъ въ однотигельной печи до 200 *klg.*, въ многотигельной наименьше 80 *klg.*; 100 *klg.* стали требуютъ 200 до 400 *klg.* кокса. Угаръ до 15%.

Тигельная печь для 2 тиглей и съ цилиндрической шахтой указана на фиг. 7—9. Шахта столь же хорошо м. б. квадратная.

4. *Определение вѣса крупныхъ отливокъ.*

Вѣсъ большихъ литыхъ вещей вычисляется изъ

$$G = \frac{a-1}{a} \frac{S}{s} M = x M,$$

гдѣ обозначаетъ:

s—удѣльный вѣсъ модели,

S удѣльный вѣсъ отливки,

M вѣсъ модели,

a относительная величина кубической усадки, которая наприм. для чугуна $\frac{1}{32}$ слѣдовательно $a=32$ для чугуна.

Въ слѣдующей таблицѣ нѣкоторые величины коэффициента *x* суть α среднія, β . наибольшія числа, принятыя на Гессенскомъ плавильномъ заводѣ.

Таблица величинъ *x*.

Материалъ модели.	Материалъ литья.						
	Чугунъ.		Мѣдь.	Красная мѣдь.	Бронза.	Цинкъ.	Колоколь. или нушенъ металлъ.
	α	β					
Сосновое дерево . . .	14	17,5	15,8	16,7	16,3	13,5	17,1
Еловое " . . .	14	17,5	15,8	16,7	16,3	13,5	17,1
Дубовое " . . .	9,0	10,9	10,1	10,4	10,3	8,6	10,9
Буковое " . . .	9,7	11,1	10,9	11,4	11,6	9,4	11,9
Липовое " . . .	13,4	—	15,1	15,7	15,5	12,9	16,3
Грушевое " . . .	10,2	13,0	11,5	11,9	11,8	9,8	12,4
Березовое " . . .	10,6	13,5	11,9	12,3	12,2	10,2	12,9
Ольховое " . . .	12,8	13,5	14,3	14,9	14,7	12,2	15,5
Красное " . . .	11,7	—	13,2	13,7	13,5	11,2	14,2
Мѣдь.	0,84	0,95	0,95	0,99	0,98	0,81	1
Цинкъ	1	—	1,13	1,17	1,16	0,96	1,22
Олово (съ $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{4}$ свинца).	0,89	1,11	1	1,03	1,03	0,85	1,12
Свинецъ.	0,64	1,79	0,72	0,74	0,74	0,61	0,78
Чугунъ.	0,97	—	1,09	1,12	1,12	0,93	1,18

Линейная усадка по Кармаршу для:

Чугуна	Мѣди.	Колок. метал.	Статуйн. бронзы.	Цинка.	Свинца.	Олова безъ при- мѣси свинца.	Пушечн металла						
$\frac{1}{98}$	$\frac{1}{95}$	$\frac{1}{80}$	$\frac{1}{50}$	$\frac{1}{63}$	$\frac{1}{82}$	$\frac{1}{72}$	$\frac{1}{97}$	$\frac{1}{65}$	$\frac{1}{194}$	$\frac{1}{86}$	$\frac{1}{173}$	$\frac{1}{120}$	$\frac{1}{130}$

Величина квадратной и кубической усадки получится довольно вѣрно, если линейную усадку умножить на 2 соотвѣт. на 3.

V. Выдѣлка желѣза.

а. Пудлинговое производство.

1. *Обыкновенные размеры печи.* Одеяла изъ чугунныхъ плитъ около 3,8 до 4 м. длины, 1,75 до 2 м. ширины и 1,88 м. высоты. Промежутокъ между 2-мя печами по кр. мѣрѣ 3.75 м. Разстояніе рабочей дверки пудлинговой печи до обжимнаго молота или до пудлинговаго стана какъ можно менѣе. Топочная дверка 290 до 340 мм. выше рѣшетки и имѣетъ около 0,04 кв. м. попер. сѣченія. Подъ изъ чугунныхъ плитъ толщин.: 50 до 80 мм.; длина пода 1,2 до 2 м., высота средн. числомъ 15 до 25 сант., ширина при простыхъ печахъ равна длинѣ или $\frac{5}{8}$ до $\frac{3}{4}$ длины, при двойныхъ печахъ 1,5 до 2 м.; подъ 23 до 29 сант. ниже верхн. края мет. стѣнокъ и 20 до 26 сант. ниже рабочей площадки. Ширина пролета надъ порогомъ $\frac{3}{4}$, пламеннаго хода $\frac{1}{4}$ до $\frac{1}{3}$ наибольшей ширины пода. Рабочая дверка 0.14 до 0.21 кв. м. Толщина свода 16 до 21 сант.; около огневаго порога средн. числомъ 76—80 сант., около выходнаго порога 48 до 60 сант. Величина пролета надъ порогомъ= $\frac{1}{2}$ площ. рѣшетки, пламеннаго—хода= $\frac{1}{3}$ до $\frac{1}{7}$ площ. рѣшетки. Огневой порогъ шир. 310 до 390 мм., выходн. порогъ шир: около 235 мм. и около 26 мм. ниже огневаго порога. Площадь рѣшетки 0,75 до 0,8, въ большихъ печахъ до 1,2 кв. м. Высота дымовой трубы 12 до 18 м., если нѣсколько печей соединены общею трубою и если выходящіе газы употребляются для нагрѣванія паров. котловъ, то высота дымовой трубы 40 м. и болѣе. Попер. сѣченіе дымовой трубы $\frac{1}{4}$ рѣшетки. Насадка 150—250 *kg.*, при двойн. печахъ 300 — 500 *kg.*; продолженіе операціи $1\frac{1}{2}$ — $2\frac{1}{2}$ часовъ. Угаръ 10—15%. Угаръ при сухомъ пудлингованіи на вол. жел. среднимъ числомъ 10%. Расходъ топлива на 100 *kg.* пудлинговыхъ кусковъ 80 до 100 *kg.* каменнаго угля или 120 до 150 *kg.* бурого угля, при подогреваніи чугуна 75—90 *kg.*; при подогревомъ и очищенномъ чугуна 65—85 *kg.* Среднимъ числомъ требуетъ пудлинговая печь въ часъ 110 *kg.* камен. угля, даетъ 374 *kg.* пара при нагрѣваемой поверхности въ 23,4 кв. м. Расплавление требуетъ 25 до 45 мин., при употребленіи подогревательнаго горна часто только 10—20 минутъ. Вѣсъ крыцы обыкновенно 30 до 40 *kg.*

Гдѣ достаточно мѣста, употребляются для пользованія теряющимся жаромъ лежащіе котлы, на каждую печь одинъ котелъ діаметр.: 1,3 до 1,4 м., длин. 10—11 м. съ давленіемъ въ 4,5 — 5 атмосф.; паровое пространство высотой $\frac{1}{3}$, для воды $\frac{2}{3}$ діаметра. Стоячіе котлы только при недостаточности мѣста, діаметръ 1,3 до

1,4 м. длина 10 до 12 м., изъ которыхъ 7,5 — 9,5 м. въ огнѣ
Уровень воды 0,3 м. выше огневой трубы; разстояніе огнеупорнаго
кожуха=0,25 м.

Среднимъ числомъ нашелъ *Купельвизеръ* нагрѣват. поверхность
при лежач. котлахъ и маленькихъ печахъ. 14,755 до 19,70 кв.м
" " " " большихъ " 19,7 — 24,62 " "
" стоячихъ " " маленькихъ " 19,7 — 24,62 " "
" " " " большихъ " 24,62 — 29,5 " "

При стоячихъ котлахъ уходъ труднѣе, и они требуютъ частыя
ремонтъ.

Обыкновенно можно принимать:

α. Что лишній жаръ пудлинговой печи даетъ паръ на 8 лощ.
силъ.

β. 1,6 кв. м. нагрѣват. поверхности на 1 лощ. силу.

γ. 14 кв. м. нагрѣват, " котла на 1 кв. м. рѣ-
шетки.

2. Вращающаяся пудлинговая печь (*Dank's*): Вращающійся бара-
банъ въ срединѣ діаметромъ 1,65 м., въ концахъ 1 м., длиною 1,2 м.
для приготовления шлаковой ванны употребляютъ испанскій красный
железнякъ, содержащій 72,30% Fe_2O_3 , 5 SiO_2 , 4,1 CO_2 , 3,2 CaO ,
1,2 MnO , 1,0 Al_2O_3 , 4,2 химич. H_2O , 7,8 гигроскоп. H_2O ; какъ трудно-
плавкій металлъ удобно взять какой либо железнякъ изъ почти чи-
стой Fe_2O_3 . Груды должны лежать на подѣ вышиною 8—16 ст.

Расходъ угля въ 24 часа при насадкѣ въ 5000 *kg.* будетъ 5000
kg., если железо сплавляется въ барабанѣ.

На заводахъ *Динцинати* операція продолжается 70 до 90 мин. Насадка 300 *kg.*
выходъ 300—305 *kg.* пудлинговыхъ полосъ (милбарей). На 100 *kg.* пудлинговскаго
полосъ прибавляютъ 20 *kg.* руды и 2 *kg.* желѣзной мелочи. Расходъ угля 100 *kg.* на
100 *kg.* готоваго ковкаго желѣза.

3. Пудлинговые печи для межозернистаго желѣза. Дѣлаютъ въ
12 часовъ. 6 — 7 операцій и работаютъ съ большою примѣсью сы-
рыхъ шлаковъ (иногда даже марганцовыхъ примѣсей какъ марганца
съ поваренною солью) при угарѣ въ 9—14 %. Если продуктъ дол-
женъ быть очень богатъ углеродомъ, то работа еще болѣе замед-
ляется и при пудлингованіи на сталь дѣлаютъ только 5—6 операцій
въ 12 часовъ при расходѣ 150 *kg.* каменнаго угля на 100 *kg.*
желѣза въ кускахъ. Чугунъ долженъ быть легкоплавкій и богатъ
марганцемъ, безъ фосфора и сѣры; лучше всего годится для этого
зеркальный чугунъ.

4. Употребляемые на некоторыхъ заводахъ *Двойныя пудлинговые*
печи даютъ въ 24 часа 13—16 операцій по 400 до 500 *kg.* при
угарѣ въ 9 до 11%. Въ этихъ печахъ подѣ дѣлается длиною 1,4 м.
шир.: 2 м., на разстояніи 680 мм. отъ свода; горизонтальная рѣ-
шетка длиною 1,17 м. шириною 1,38 м.

в. Бессемерованіе.

1. Печи для переплавки.

α) Для чугуна. Такъ называемыя въ Америкѣ *Макъ Кензи* печи
съ подвижнымъ подомъ изъ шести овальныхъ отдѣльныхъ плитъ.
Діаметръ печи 1,52 м. Цилиндрическая шахта высотой 4,27 м.

около фурмы служена на 10 до 12 сант. Фурмы 1,22 м. выше пода, шлаковое отверстие на задней сторонѣ 0,9 м. выше пода. Гидравлическія подъемныя машины рассчитаны на грузъ 2 *t.*; высота подъема 10—14 м., для чего служитъ гидравлическій цилиндръ діаметромъ 23 до 26 ст. и подъемъ 5—7 м. Печи даютъ черезъ каждыя 30—45 мин. 5 *t.* переплавленного чугуна. Работаютъ часто 24 часа и не менѣе 12 часовъ съ одной печкою и тогда только задуваютъ вторую. На заводѣ Камбрія перерабатываютъ до охлаждения печи (при 500 *klg.* кокса на задувку) 450 до 500 колошъ каждая въ 1000 *klg.* чугуна, 150 *klg.* кокса и 25 *klg.* известняку. Чаще всего на 1 реторту двѣ печи.

б) Для зеркальнаго чугуна. Обыкновенно имѣются двѣ маленькія ваграночныя печи для переменнаго употребленія, высотой 3,66—4,27 м. діам. 0,6—0,9 м. съ 4 круглыми соплами, ширины 64,5—77,5 мм.; однимъ *klg.* кокса переплавляютъ 2—3 *klg.* зеркальнаго чугуна.

2) Реторта (конвэртеръ). Для 5—6 *t.* діаметръ цилиндрической части (высотой около 1 м.) 1,5—1,8 м. Вся высота 3,2 м., діаметръ у дна 1 м., конич. часть надъ дномъ высотой 0,8 м. Верхняя часть до устья высотой 1,8 м., діаметръ устья 0,5 м., стѣнки толщиной 0,3 м. Конвэртеръ для 8—10 *t.* имѣетъ діаметръ выпуклой части въ 1,75 м., дна 1,29 м., толщина стѣнокъ 0,314 м., толщина дна 0,445 м.

Дно реторты имѣетъ 7, 12 или 13 фурмъ съ 7, 12 или 13 соплами діаметромъ по 11 мм.; поперечное сѣченіе отверстій въ днѣ для пропуска воздуха 6,5 до 7 кв. ст. при давленіи 2 атмосферы. Одинъ подъ (дно) выдерживаетъ 12—20 плавокъ, стѣнки безъ ремонта 80, съ ремонтомъ 200 до 400 плавокъ. На пару конвэртеровъ имѣютъ въ запасѣ 8 подовъ. Подъ изъ кирпича требуетъ 12—15 часовъ, таковой литый или натрамбованный 96 до 120 час. для сушки. На стальномъ заводѣ Эдгаръ Томсона было среднимъ числомъ *t.* стали на каждую ваграночную печь 655,86, на кажд. стѣнку конвэртера 12330, на каждое дно конвэртера 90, на каждый литейный котелъ 91,62, и на каждый кокиль 110. На заводѣ Королева-Марія, служатъ поды безъ вставныхъ сопелъ (патентъ А. Роле фонъ Лильенштернъ) среднимъ числомъ 26 съ соплами 12,5 разъ, при патентованномъ подѣ стоитъ огнеупорный матеріалъ 16,5 марокъ, при обыкновенномъ включая сопла 25,3 марокъ. Время передѣла уменьшается отъ 16—18 минутъ на 12—14 минутъ.

Конвэртеры стоятъ на разстояніи 10—11 м. другъ отъ друга. Податочный жолобъ для ваграночныхъ печей 10—12 м. Выпускной жолобъ 6—8 м. и уровень оси вращенія 3,5 м. выше, углубленная литейная яма 1,2 м. ниже пола зданія.

3. Матеріалы. На 1000 *klg.* стальныхъ слитковъ при переплавкѣ въ вагранкахъ считаютъ 150—170 *klg.* кокса или 320 до 400 *klg.* каменнаго угля. Число плавокъ въ 24 часа въ Вестфалии 24 до 30, въ Америкѣ 30, не рѣдко 40 до 45 (въ исключит. случаяхъ 54). Собственно переплавленіе продолжается среднимъ числомъ 13 минутъ.

Для возвращенія углерода употребляется зеркальный чугунъ съ 10 до 12 даже 15% марганца или желѣзо — марганецъ съ 25 до 37% *Mn.* Для рельсовой стали прибавка зеркальнаго чугуна составляетъ 5 до 8%, стальныхъ обѣсковъ 7—11%.

Два плавки въ Оснабрюкѣ, въ которыхъ сплавлялись $\frac{2}{3}$ части сѣраго чугуна Георгъ-Маріягюте и $\frac{1}{3}$ ч. англійскаго гематитоваго чугуна съ прибавкою зеркальнаго чугуна, были изслѣдованы Мюллеромъ и дали слѣдующіе результаты:

Плавка № 1.

Содержаніе въ %.	Насадка.	По истеченіи 5 мин.	По истеченіи 10 мин.	По истеченіи 18 мин.	40 секундъ слѣ прибавки
C	3,46	2,71	1,417	0,092	$\left\{ \begin{matrix} 0,105 \\ 0,103 \end{matrix} \right\}$
βC	3,18	—	—	—	—
Si	$\left\{ \begin{matrix} 1,94 \\ 1,92 \end{matrix} \right\}$	1,07	0,79	0,532	0,346
Mn	2,99	1,92	1,36	0,538	0,621

Плавка № 2.

Содержаніе въ %.	Зарядъ.	По истеч. 5 мин.	По истеч. 9 мин.	По истеч. 14 мин.	По истеч. 14½ мин.	15 секундъ послѣ прибавки
.....	3,39	2,69	1,591	0,419	0,046	0,142
βC	3,10	0,438	0,251	0,223	0,019	0,104
Si	1,78	1,02	0,927	$\left\{ \begin{matrix} 0,943 \\ 0,945 \end{matrix} \right\}$	0,514	0,145
Mn	2,63	2,29	1,84	1,44	0,914	0,716

Графитъ (βC) былъ всегда въ соединеніи съ желѣзомъ, соответствуя приблизительно формулѣ Fe_3C .

Плавокъ было: а) свѣтлобурый и не кристаллическій; б) кристаллическій; в) темнѣе бурый кристаллическій (кристаллы величиною въ 1,5 ст.); эти три вида содержатъ

SiO_2	MnO	FeO	Al_2O_3	CaO
а) 53,5	36,5	6,7	—	—
б) 52,7	38,2	6,5	—	—
в) 43,73	45,41	9,04	1,99	слѣды.

Угару при работѣ прямо изъ доменной печи 100%, въ противн. случаѣ (включая угаръ въ вагранкахъ) 120%, кромѣ того еще 3—7% остатковъ и 2 до 4% негоднаго. Общая потеря до готоваго рельса около 16—20%.

4. Вспомогательныя машины.

а) Бессемеровскія воздухоудныя машины. Большею частью цилиндрическія, дающія давленіе сверхъ воздушнаго въ 1,46 до 1,54 *kg* на кв. ст. Давленіе дутья первоначально 1,17, при началѣ операціи 1,46, потомъ убавляется до 1,24, въ концѣ 1,5 до 1,7 *kg* на кв. ст. На каждый 1 *t*. зарядъ требуется въ минуту около 33 куб. м. воздуха. Цилиндры охлаждаются водою; поршни съ самодействующею набивкою. Всѣ выпускныя клапаны тарелочныя, выпускныя суть гуттаперчевыя кольца.

Для вычисленія количества дутья имѣть силу тоже что сказано при воздухоудн. машинахъ для доменныхъ печей, если h_2 обозначаетъ высоту въ м. находящейся въ конвертерѣ желѣзной жидкости, умноженной на $\frac{7,3}{13,6} = 0,54$ (слѣдуетъ по усмотренію немного увеличить вслѣдствіе давленія газа въ конвертерѣ).

Размеры существующих Бессемеровских воздуходувных машин.

1. В *Бессежт*. Вульфовская машина двойная балансирующая, диаметр малого парового цилиндра 0,655 м., большого 1,14 м., воздушных цилиндров 1,08 м., воздушного насоса 0,6 м., ход поршня 1,861 м., соответственно 2,5 м., 2,5 м. и 1,25 м. Самое высокое давление пара 5 атмосфер, самое высокое давление воздуха 175 ст. столба ртути при наполнении малого цилиндра на $\frac{2}{3}$, пустота в холодильнике 68 до 70 ст. столба ртути, число оборотов самое большое 22, самое меньшее 2. Машина расходует 11 кв. пара в час на каждую индикаторную лощ. силу, причем степень наполнения $\frac{1}{12}$, производит. работа 212 лощ. сил. В сравнении с старыми лежачими воздуходувными машинами с скорым ходом достигли экономии каменного угля в 24 т. в течении 24 часов.

β) *Краны*. Для литейной ямы 3 гидравлические крана каждый с подъемной силою в 10 т., вылет 6,2 до 6,7 м., подъемная высота 3 до 3,2 м., диаметр поршня 32 ст. Кран для литейного котла рассчитывается обыкновенно на 12 т. гидравлич. поршень диаметром 40 до 51 ст. и ходом в 1,7 до 2 м. Самый большой вылет 4,3 до 4,5 м. Для правильного производства требуется 12—15 литейных котлов.

γ. *Насосы*. Для 2 реторт требуются 8 поршневых насосов диаметром в 20 ст. и ходом в 40 ст.

δ. *Аккумуляторы* (Армстронга). Давление на кв. ст. 20 до 30 кл. диаметр поршня 45, ход 2 до 2,5 м.

ε. *Машины* для поворачивания конвертеров. Всегда двойного действия. Чаще всего стоячие машины; в Европѣ большею частью вертикальны с цилиндром внизу. Диаметр дѣлительного круга шестерни на оси конвертера 600 до 800 мм.; шестерни из литой стали или чугуна, в последнем случае со стѣнками доверху зубовъ. Зубчатая полоса всегда из лучшей стали. При конвертерѣ с зарядом в 7,5 т. и диаметр шестерни в 700 мм., шагъ зубовъ 110 мм., ширина зубовъ 180 мм. Ход поршня при $\frac{3}{4}$ поворота конвертера 1600 мм., при полном поворотѣ около 2200 мм. При зарядѣ в 7,5 т., диаметр зубчат. колесъ в 600—800 мм. давление на зубцы и на поршень около 20 т., если напримѣр принимать давление воды в 10 атмосферъ то диаметр поршня около 500 мм. Поршень чугунный или стальной, большею частью массивный с набивкою из кожи, каучука или гуттаперчи.

6. Сварочныя печи.

α. Для слитковъ. Подъ длиною 6,3—6,23 м., шириною 3,35—2,13 м., высотой 0,71 до 0,86 м., в печи помѣщаются 16 слитковъ. Печи *Сименса* обыкновенно с 3—4 дверками и помѣщают 6 до 8 слитковъ. Каждая печь дѣлаетъ в 12 часовъ 6 насадокъ. Угару 1 до $1\frac{1}{2}$ %. Большею частью работаютъ всегда 3 такія печи.

β. Для уплотненных болванокъ. Подъ средн. числомъ длиною 2,75 до 3 м., шир. 1,75 м., высотой 0,66 м. На каждый рабочий день 6—7 нагрѣвовъ, по 7—8 болванокъ. В Америкѣ большею частью на каждомъ заводѣ 4 такихъ печи, помѣщающія каждая 20 кусковъ; в 12 часовъ дѣлаютъ 6 насадокъ.

7. Прямры производства.

а) Кенигсгютте. 2 реторты по 9 до 10 т. въ разстояніи 6 м другъ отъ друга. Ось вращенія реторты 2,8 м выше пола завода, одна реторта всегда въ дѣйстви перерабатываетъ въ 24 часа 20 до 24 нагузокъ каждая въ 9 до 10 т. Для расплавленія чугуна 3 вагранки съ шириною шахты въ 1,1 м (за разъ одна въ дѣйстви помѣщаются сзади реторты на площадкѣ, вышины которой надъ поломъ завода 4,3 м. тутъ же находятся 2 вагранки для зеркальнаго чугуна, съ шахтами шириною 0,7 м. 2 гидравлич. цѣпныя подъемныя машины поднимаютъ матеріалъ на котлошниковую площадку, на высоту 9,3 м. Настѣнная двоенная машина діаметромъ цилиндровъ въ 0,314 м. ходомъ 600 или и 75 до 80 оборотовъ въ минуту приводитъ въ дѣйстви 2 вентилятора Рута изъ которыхъ одинъ при 320 оборотахъ доставляетъ достаточное колич. воздуха, при давленіи въ 70 мм ртутнаго столба, для одной большой и одной малой вагранки. Для перемѣны подовъ въ ретортахъ служитъ гидравлическая подъемная машина. Литейная яма имѣетъ діаметръ въ 11,4 м. глубину 1 м. край для подъема литья имѣетъ скальчатый поршень котораго діаметромъ 0,630 м., подъемная высота 2,35, вылетъ до середины котла 5 м. кромѣ того по краямъ 4 гидравлич. крана, изъ которыхъ 2 передніе для слитковъ (Ingots) и форм (Co ilien), имѣютъ подъемную силу въ 5 т. при діаметрѣ скальчатого поршня въ 430 мм. подъемную высоту въ 2,7 м. и вылетъ въ 6,6 м. оба другіе для литейныхъ котловъ, литейнаго крана и реторты имѣютъ подъемную силу въ 10 т. при діаметрѣ скальчатого поршня въ 560 мм. подъемную высоту въ 3,2 м. и вылетъ въ 6,6 м. Два горизонтальные двоенные паровые нагнетательные насоса, которые дѣлаютъ средн. числомъ 35 оборотовъ въ минуту, имѣютъ паровые цилиндры діаметромъ въ 0,425 м., діаметръ скальчатого поршня 0,15 м. общій ходъ поршня 0,45 м. они накачиваютъ воду въ аккумуляторъ 0,680 м. діаметромъ поршня, подъемъ въ 5,2 м. и нагузокъ равной давленію 25 атмосферъ. Горизонтальная двойная воздухоудная машина; воздушные цилиндры діаметромъ и ходомъ поршня въ 1,57 м. паровые цилиндры діам. 1,334, ходъ поршня 1,57 м. производитъ при 18 до 20 оборотахъ въ минуту 55,64 до 61,83 куб. м. дутья 1,32 до 1,53 кг. давленія на кв. сантим.; весъ маховаго колеса 25 т. Впускные воздушные клапаны тарелочные, выпускные съ резиновыми кольцами.

б) Eber-Vale (Англія). 3 литейные ямы каждая съ 2 ретортами обложенными внутри ганистомъ и внутреннимъ діаметромъ въ 2,5 м. дно діаметромъ въ 1,2 м. снабжено 16 фурмами вышиною каждая въ 0,5 м. и въ каждой изъ которыхъ 13 отверстій діаметромъ въ 10 мм. Для каждой ямы имѣются 2 большихъ вагранки для чугуна, діаметромъ 1,4 м. въ горнѣ и 1,2 м. въ колошникѣ (высота 3 м. съ 2 фурмами на высотѣ 0,5 м. отъ пода) и 2 маленькихъ вагранки для зеркальнаго чугуна (высотой 1,5 м. діаметръ внутри 0,8 м. 2 фурмы). Большая печь даетъ въ 12 часовъ 6 плавковъ, каждая въ 6,5 т. и расходуетъ 10% коксу и 4 до 5% известняка.

Употребляемый чугунъ—а) и полученная сталь—б) содержать въ %.

Fe	Si	C	Mn	P	S	P
а) 92,7	3,10	0,35	2,4	1,55	—	—
б) 99,478	—	0,292	0,136	0,011	0,016	0,012

Величина нагрузки 5500 kg. По истеченіи 20—25 минутъ прибавляютъ 8—10% жидкаго зеркальнаго чугуна съ 14% Mn. Льютъ вертикально въ 8 формъ. Болванки весомъ 500 кг. 2 реторты дѣлаютъ въ 24 часа 12 операций. Заводъ съ 2-мя литейными ямами даетъ ежедневно 800 т. — 8 т. на одну операцию.

с. Способъ Томаса.

Въ 1881 году были въ Европѣ въ полномъ ходу 36 заводовъ для изготовленияъ стали по способу Томаса, съ ежемѣсячнымъ производствомъ въ 30000 т. Чугунъ берется или прямо изъ доменной печи, или вторично расплавляется или же по смѣшанному способу; для передѣла

предпочитають бѣлый чугуны, однако въ Эстоніи употребляютъ также половинчатый и сѣрый. Употребляются слѣдующіи сорта чугуна.

% содержание.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
P . . .	1,75	2,00	2,5	2,5	2,5	2,0	2,2	3,0	2,0	2,0	1,0
Si . . .	1,2	1,0	0,5	0,5	—	0,7	0,8	0,5	0,7	1,3	1,0
Mn . . .	0,35	1,0	2,0	1,7	1,0	—	1,2	2,0	1,0	1,7	1,6
S . . .					0,10	до	0,20				

По Туннеру въ Гердѣ стоимость томазирования на 1 тонну слитковъ 77,16 марокъ, по старому производству стали 92,80 марокъ; на Австрійскихъ заводахъ 97,88 мар. и 98,80 мар. Вообще можно считать стоимость по прежнему способу на каждую *t.* на 17 марокъ болѣе, чѣмъ при основному процессѣ.

При употребленіи вставочныхъ подовъ занимаетъ вставка новаго пода 1,5 до 2 часовъ времени и стоитъ (какъ и при способѣ Бессемера) около 6 марокъ. На каждый % фосфора считаютъ прибавку 7 до 7,5% свѣже-гашенной извѣсти. Прибавка стальныхъ обѣчекъ 10 до 11%. 10 до 11 кв. см. воздухоудныхъ отверстій на *t.* насадки; давленіе дутья 1,75 атмосферъ.

Существующіе заводы и примѣры производства.

1. *Герде.* Реторты внизу діаметромъ 1,25 м. На высотѣ 600 мм. они расширяются до цилиндра діаметромъ 1,84. Отверстіе шириною 0,58 м помѣщается на высотѣ 4,02 до 4,38 м. надъ подомъ. Толщина пода 0,325 м. толщина внутренней обѣлки (футеровки) 0,2 м; толщина стѣнокъ 12 мм. Отъ середины реторты до середины воздухоудной трубы 1,375 м. Самая труба 0,125 м. шириною, а у воздухоудки 0,175 м. Подъ имѣетъ 12 сопелъ каждое съ 6 отверстіями для дутья діаметромъ въ 12 мм. (попер. сѣченіе всѣхъ воздухоудныхъ отверстій около 34 кв. сант.). Давленіе дутья 1,4 до 1,9 атмосферъ. Величина нагрузки 7 до 7,5 *t.* 3 реторты имѣютъ одну общую литейную яму. Трамбованное дно выдерживаетъ 8 до 9 плавковъ около 140 марокъ (около 70 руб.).

Для переплавки чугуна въ вагранкахъ требуется на 100 кг. болванки 17 кг. кокса, для переплавки зеркальнаго чугуна въ маленькихъ пламенныхъ печахъ, для движенія воздухоудныхъ машинъ, насосовъ, для нагрѣванія ретортъ и котловъ считаютъ на 100 кг. болванокъ круглыми счетомъ 50—60 кг. угля. Прибавляютъ извести отъ 18 до 20% вѣса чугуна. Впускъ дутья продолжается 17 минутъ и около трехъ минутъ вторичное продуваніе. Для взятія и изслѣдованія пробы требуется около 5 минутъ. Для бандажей, прибавляется зеркальный чугуны до 7% отъ вѣса чугуна вообще и 2% желѣзо-марганца. Литье продолжается 12 минутъ. Угару 17%. Мягкое литое желѣзо съ 0,15 до 0,05% C, сопротивленіе котораго около 41,5 кг на кв. мм. и сжатіе около 60%, особенно годно на гвозди, на фигурное желѣзо, желѣзные шпалы, котельное желѣзо, заклепки и т. д. Желѣзо годное для проволоки содержитъ 0,1% C; 0,3% Mn, 0,02 до 0,04% P, слѣды S и Si, при сопротивленіи 37 кг на кв. мм.; рельсы для желѣзныхъ дорогъ 0,25% C, 0,25% Mn и 0,1% P. Бандажи, оси и т. д. имѣютъ сопротивленіе 50 кг на кв. мм.

2. *Рейнскіе стальные заводы.* 4 реторты въ 2 отдѣленіяхъ. Для каждой пары имѣются 3 вагранки для переплавки чугуна и 2 вагранки поменьше для зеркальнаго чугуна. Нагрузка состоитъ изъ 3 *t.* Ильзедерскаго 1 *t.* Люксембургскаго 0,5 *t.* Грюбахскаго (Сигенскаго марганцовистаго) всего 4,5 *t.* бѣлаго и 1,5 *t.* сѣраго (Клевеланда) чугуна. Послѣ переплавки чугуны содержатъ 1 до 1,5% Si; 1 до 1,25% Mn; 1,7 до 2% P. Въ изломѣ былъ половинчатый. Сталь для рельсовъ содержала 0,25 до 0,3% C, 0,6 до 0,09% P; 0,3% Mn; и слѣды Si. Прибавка извести составляла 18% прибавка зеркальнаго чугуна 7%; если же зерк. чугуны содержать только 11 до 12% Mn; то бросается въ реторту еще $\frac{1}{2}$ % желѣзо-марганца до прибавки зеркальнаго чугуна. Вдуваніе продолжалось $13\frac{1}{2}$ до $16\frac{1}{2}$ минутъ, второе продуваніе непрерывно послѣ перваго, пять минутъ, взятіе пробы 5 минутъ, третичное продуваніе 15 до 20 секундъ, второе взятіе пробы опять 5 минутъ, слѣдовательно до впуска зеркальнаго желѣза всего немного болѣе 30 минутъ; прибавленіе зеркальнаго чугуна

продолжалось 10 минутъ, литье 25 болванокъ опять 10 мин. такъ что вся операція около 50 минутъ. Въ 12 часовъ можно сдѣлать 9 плавковъ. Поды трамбованные, безъ и съ соплами, но всегда съ 45 воздушными отверстиями каждое діаметромъ въ 15 *mm*, давленіе дутья было 2 до 1,4 атмосферъ. Поды выдерживали болѣе частью 8 и не болѣе 12 плавковъ. Угару 15 $\frac{1}{10}$. Восьмигранные сѣтки (болванки) отковываются подъ паровымъ молотомъ вѣсомъ въ 15 *t*. въ квадратные куски шириною около 150 *mm*, и такъ передаются въ прокатное отдѣленіе.

3. *Теплота*. По *Эренверту* перерабатываютъ Ильзедегскій чугуны съ 2,0 до 2,4% *P*; 0,01 до 0,1% *Li*; 3,0% *C*, 2,533% *Mn*, 0,019% *Ca* и не болѣе 0,02% *S*. Подъ имѣетъ 6 фурмъ съ 7 соплами каждое діаметромъ 13 *mm*. Подъ выдерживаетъ 17 до 34 плавковъ (средн. числ. 25) стѣнки 60 плавковъ, на каждую плавку требуются 2—8 фурмъ. Время продуванія около 10 минутъ включая 3 минуты вторичнаго продуванія (300 оборотовъ воздуходувной машины) Нагрузка составляетъ изъ 6000 *kg*. Ильзедегскаго чугуна, 50 *kg* обѣчекъ (дому) 6 *kg* желѣзо-марганца (3 до 17% *Mn*), 85 *kg*. (4% обожженной извести. Литое желѣзо, содержитъ 0,15% *C*; шлакъ (15 до 20% вѣса чугуна), 2 до 4% *SiO*₂; 20 до 25% *P*. *O*₃; 1% *Fe*. Стальные рельсы содержатъ 0,38 до 42% *C*, 0,01 до 0,06% *P*. (средн. числомъ 0,03 до 0,04%) Угаръ 12 до 14% включая 1% желѣза въ шлакѣ.

4. *Кладно*. Нагрузка содержитъ 6 тоннъ чугуна (съ 1,5% *P*, 1% *Mn* и 0,6% *Si*), 0,09 *t*. (=15%) извести, 0,4 *t*. (=62% $\frac{3}{10}$) зеркальнаго чугуна (съ 8 до 10% *Mn*.) и выпускается въ котель при красномъ каленіи. Чугунъ переплавляется (при расходованіи 12% кокса) въ вагранкахъ. Подъ изъ 100 частей кирпичнаго щебня съ 7 част. безводной каменно-угольной смолы съ 80 соплами, дно по просушкѣ въ теченіи 7 дней, выдерживаетъ 10 до 12, стѣнки 60 до 80 плавковъ. Угаръ включая переплавку 14 до 15%. Въ 24 часа дѣлаютъ 12 до 16 плавковъ. Шлакъ содержитъ 8,08% *SiO*₂, 55,3% *CaO* и *MgO*, 12,01% *P*₂*O*₃, 12,56% *Al*₂*O*₃, 3,04% *FeO*, 4,4% *Fe*₂*O*₃ и 5% *MnO*.

д. Литое желѣзо. Способъ Мартена.

Общее. Длина пода 4—5 *m*., ширина 2—3 *m*. Высота поды съ сводомъ 0,8 до 1,0 *m*., поды (4 до 9 част. кварцеваго песку 1 ч. огнеупорной глины) толщиной 15 до 20 ст. Прибавки зеркальнаго чугуна 6 до 10% вѣса чугуна; желѣзо марганца достаточно 1 до 3%. Желѣза часто въ 10 разъ болѣе противъ чугуна. Емкость пода 1,5 до 8 *t*., рѣже до 12 *t*. Глубина расплавленного металла не д. б. болѣе 10 до 20 *cm*. Угару среднимъ числомъ 6—8%, часто 10% со включеніемъ остатковъ въ ковшахъ и проч. 14%. Въ 24 часа дѣлаютъ 3 плавки и расходуютъ каменнаго угля въ малыхъ печахъ около 100%, въ большихъ около 60% вѣса готоваго продукта. Стоимость устройства печи.

Производство
въ мѣсяцъ.

Емкость 2 <i>t</i> . съ 1 генератор. и газов. канац.	120 <i>t</i> . —	12500 мар.
" 3 <i>t</i> . " 2 " " " "	180 <i>t</i> . —	15500 "
" 5 <i>t</i> . " 2 " " " "	250 <i>t</i> . —	19500 "
" 7,5 <i>t</i> . " 4 " " " "	350 <i>t</i> . —	25000 "
" 10 <i>t</i> . " 4 " " " "	400 <i>t</i> . —	26500 "

100 *kg*. полосоваго желѣза требуютъ 122 *kg*. слитокъ при потер. 9%. Расходъ угля 70%. Порча камня, матеріала для пода формы, инструменты для работы и проч. на 100 *kg*. слитокъ 0,70 марокъ при малыхъ и 0,55 марокъ при большихъ печахъ.

Существующіе заводы. Въ *Gutehoffnungshütte*. Нагрузка въ 5000 кило на сплавъ съ сопротивленіемъ разрыву въ 45 *kg*. на кв. мм., сжатіемъ въ 60% и удлиненіемъ въ 33% при пробныхъ стержняхъ діаметромъ 11 *mm*, составленъ изъ: 8% Обергау-

зевского бессемерского чугуна, 60% стальных концов, 20% стальных обрѣзковъ отъ листовъ, 12% обрѣзковъ отъ желѣзныхъ листовъ, въ концу прибавляется 1 до 3% желѣзомарганца (60% Mn). Матеріалы вкладываются въ вытѣсь, только обрѣзки отъ листового желѣза добавляются мало по малу, если сплавъ достаточно жидокъ. Матеріалы содержатъ за исключеніемъ желѣзомарганца въ 0,0

C	Si	P	S	Mn	Cu
0,497	0,48	0,089	0,016	0,86	0,002

По истеченіи 7—8 часовъ когда жидкій металлъ раскаленъ до наибольшаго жара, проба дала слѣдующій составъ

0,06		0,10—0,15		0,09		0,02		слѣды		—
------	--	-----------	--	------	--	------	--	-------	--	---

Тогда прибавляются для отдѣленія Si около 17% чистыхъ рудъ, сплавъ перебивается хорошенько; послѣ этого онъ содержитъ

0,03—0,05		слѣды		0,09		0,02		слѣды		—
-----------	--	-------	--	------	--	------	--	-------	--	---

Черезъ прибавленіе желѣзомарганца прибавляются кромѣ того въ 0% :

0,066		0,018		0,002		слѣды		0,82		слѣды
-------	--	-------	--	-------	--	-------	--	------	--	-------

Такъ что сплавъ теперь не включая угаръ состоялъ бы:

0,11		0,02		0,092		слѣды		0,82		—
------	--	------	--	-------	--	-------	--	------	--	---

Въ дѣйствительности же содержатъ слитки:

0 08—0,12		слѣд.—0,01		0,09		слѣд.—0,03		0,30—0,45		—
-----------	--	------------	--	------	--	------------	--	-----------	--	---

Слѣдовательно уходятъ въ шлакъ еще 0,52 до 0,37% Mn, отчего и надо выпускать очень быстро послѣ прибавленія желѣзомарганца. Дѣлаютъ въ 24 часа 2—3 плавки по 5000 к., Угару 3—8%. Расходъ угля 40—70% производства. Одна печь выдерживаетъ, смотря по кирпичу, 30 до 120 плавковъ.

Заводъ Сименсъ-Мартена въ Грацѣ (Австрія) 2 плавильные печи для насадки въ 10 т. и одна для насадки въ 5,5 т.; при нихъ 8 генераторовъ. Въ этихъ печахъ соединяются газъ и воздухъ уже на самомъ поду (или въ горнѣ) печи, проходить ее въ сильно наклонномъ направленіи относительно пода, отчего срокъ службы печи отъ 30 до 40 плавковъ увеличивается на 150 до 230 плавковъ и обезуглероживаніе сплава идетъ сильнѣе и быстрѣе.

Подогрѣвательная печь съ генераторомъ Вишеры устроена для орѣшковаго угля, она нагреваетъ насадки для обѣихъ плавильныхъ печей и еще стоячій паровой котель діаметромъ въ 1,25 м. высотой 15,9 м. Фабрикують рельсы съ 0,3—0,4 C; 0,08 до 0,12 P; 0,01 до 0,02 Si; 0,10 до 0,25 Mn изъ насадокъ слѣдующаго состава:

Величина насадки въ т	=	6	10	10					
Чугуна 0/0	=	25,55	28,02	28,7					
Старыхъ рельсъ 0/0	=	63,69	42,51	46,0					
Разныхъ остатковъ 0/0	=	8,21	26,09	22,0					
Зеркальнаго чугуна 0/0	=	2,55	3,88	3,3					
Составъ сплава въ	Mn	C	P	Mn	C	P	Mn	C	P
„ „ „ 0/0	1,15	1,35	0,15	1,10	1,36	0,1	1,14	1,4	0,115
Угару въ 0/0	=	7	5	—	5	—	5	—	—
Время плавленія (въ часахъ)	=	9	11—12	11—12	11—12	—	11—12	—	—
Все время (въ часахъ)	=	10 ^{1/2}	14—15	14—15	14—15	—	14—15	—	—

Въ 96 плавковъ получено 3364 слитковъ стали въсомъ 955352 kg. и 2028 kg. браку На 100 kg слитковъ (Ingots) требовались 57,5 kg. угля для плавильныхъ печей и 29,9 kg. орѣшковаго угля для подогрѣвательной печи. Маленькая печь требовала на 100 kg. слитковъ 94,64 kg. угля на сплавленіе и 42,44 kg. на предварительное нагреваніе.

Стальной заводъ Hallside 16 печей въ одинъ рядъ; передъ каждой печью канавка шириною 1,4 м., глубиною 1 м. Поды печей для 5,5 до 6 т. длиной 2,75 м., шириною 1,85 м.; выпускное отверстіе ниже рабочихъ дверей на 0,56 м. Печи для 10 т. имѣютъ поды длиной 3,81 м., шириною 2,29 м.; разстояніе выпускнаго отверстія отъ двери 0,66 м. Печь для 6 т. длиной 5,15 м., шириною 2,7 м., для 10 т. 6,10 м. и 3,05 м. Среднимъ числомъ закладываютъ 1/2 сѣраго чугуна, 1/4 обсычекъ, 1/4 руды. Употребляемый чугунъ Шотсъ содержитъ 2,5 до 3,5 pC, 0,3 до 0,4 cC, 0,5 до 0,8 Si.

Чугунъ и обсычки закладываются одновременно въ одинъ разъ, по истеченіи около 2 часовъ насадка сплавлена; если тогда жидкая масса кипитъ, прибавляется постепенно руда. Когда сплавъ совсѣмъ успокоился, прибавляютъ 7 до 9% веркального чугуна съ 20 до 25% *Mn*. Вся операція продолжается 6—7 часовъ слѣдовательно въ 24 часа дѣлаются свободно 3 плавки. Такимъ образомъ приготовленная сталь содержитъ:

C		Si		S		Mn	
0,48	0,39	0,08	0,12	0,02	0,03	0,41	0,38

На каждую печь требуются 3 плавильщика, 8 рабочихъ въ литейной ямѣ и 6 рабочихъ у крановъ, всего 12 рабочихъ.

е. Тигельная литая сталь.

Глиняные тигли вѣсомъ около 12,5 *kg.*, состоятъ изъ 11 *kg.* сырой глины, 1 *kg.* шамота 0,5 *kg.* коксу. Графитовые тигли изъ 5,5 *kg.* графиту, 5,5 *kg.* шамота 1,5 *kg.* глины или изъ 10 *kg.* глины, 1,5 старыхъ плавильныхъ тиглей и 0,5 *kg.* коксу. Тигли рассчитаны для насадки въ 14 до 15, 20 до 25, 30—40 *kg.* стали и имѣютъ вверху діаметръ въ 17 до 19 ст. наибольшій наружный діаметръ 25—26 ст., толщина стѣнокъ 20 до 26 мм. высота 31 до 42 ст. толщина дна 26 до 33 мм.

Въ шахтныхъ печахъ высота отъ рѣшетки до колошника 1 м. до борова (ходъ въ трубу) 0,8 м. Ширина и длина печи для одного тигля 40×40 сантим., для двухъ 42×55 сантим. для четырехъ 55×60 сантим. Плавленіе продолжается 3—4 часа при большихъ печахъ съ 8 до 12 тиглями 6 часовъ. На 100 *kg.* стали требуются 400 *kg.* коксу. Угару 3 до 5%.

Регенеративная печь Сименса состоитъ изъ трехъ отдѣльныхъ камеръ, каждая для 6 тиглей, которые ставятся въ 2 ряда. Переводъ огня дѣлается разъ въ часъ; на каждую *t* израсходованнаго въ 24 часа каменнаго угля требуется около 2,5 куб. м. объема рѣшетокъ въ регенераторахъ. При печахъ и генераторахъ требуется на каждую плавку и на каждую печь 6 чел. рабочихъ; угаръ при плавкѣ 1 до 3%; расходъ угля 100 до 125%.

Тигельныя плавильныя печи съ площадью пода въ 2,5×2,6 м. и генераторами Бишеру вмѣщаютъ 40—55 тиглей каждый объемомъ въ 30—34 *kg.* Въ 24 часа 2½ до 4 плавко въ времени плавленія въ 7 до 5 часовъ. 1 часъ на ремонтъ пода и накладываніе. Печь съ 45 тиглями по 33 *kg.* расходуетъ въ 24 часа 8 *t* каменнаго угля и производитъ 1400 до 1500 *kg.* пара давленіемъ въ 4,5 атмосферы. Для наилучшей инструментальной стали берутъ цементную сталь изъ наилучшаго древесно-угольнаго чугуна, для сортовъ по хуже пудлинговую и бессемеровскую сталь.

г. Цементная сталь.

Цементовальная печь помѣщаетъ 2 глиняные цементовальные ящика, которые среднимъ числомъ длиною 2,8 до 3,4 м., шириною 0,7 до 0,9 м. и высотой 0,7 до 1,1 м.; большую часть они вмѣщаютъ по 7,5 до 10 *t* желѣза и дѣлаются изъ огнеупорной глины, огнеупорнаго кирпича, иногда изъ огнеупорныхъ песчаниковыхъ

литъ. Толщина стѣнокъ ящиковъ 0,12 до 0,15 м., разстояніе 2-хъ ящиковъ 0,12 до 0,13 м.; отъ стѣнки печей въ малыхъ печахъ 0,13 м., въ большихъ 0,21 м. Цементуемая желѣзная полоса по кр. м. а 52 мм. короче ящиковъ, толщиной 3—20 мм., шир. 59 до 130 мм.

Объемъ желѣза закладываемого въ каждый ящикъ, допускается до 60% всего объема. Для цементованія употребляютъ лучше всего древесный уголь, лучше всего изъ твердыхъ деревъ (бука, березы или дуба). Уголь употребляется частью въ порошокъ, частью въ маленькихъ кускахъ величиною не болѣе 1,8 сантим. Для каждаго цементованія берутъ $\frac{1}{2}$ до $\frac{3}{4}$ свѣжаго древеснаго угля; на 100 *kg.* желѣза 27 *kg.* древеснаго угля.

Какъ топливо употребляется каменный уголь, горящій пламенемъ; на 100 ч. цементуемаго желѣза требуется англійскаго камен. угля 75%, вестфальскаго 80%, бураго угля или торфа 150 до 300%, боровъ 300 до 325%. Растопка продолжается около 24 часовъ; обугливаніе, пероженіе, включая разогрѣвъ, 9—10, рѣдко 7—8 сутокъ. Охлажденіе 3 сутокъ. Прибыль вѣса 0,5 до 0,75 %.

Цементовальная печь въ Рэмшайдѣ, помѣщаетъ 25 до 28 т. желѣза, расходуетъ около 100% каменнаго угля, 11,5% древеснаго угля (который содержитъ 22,51% H_2O). Прибыль вѣса около 1%. 2 ящика высотой 1150 мм. длиною 3000, шириною внутри 920, толщина стѣнокъ 150 мм. Верхній край ящика до вершины (ключа) высота 580 мм. толщина свода 190 мм. Рѣшетка подъ каждымъ ящикомъ въ 3850×80 мм., топится съ каждаго конца. Вся печь шириною 4,55 м. длиною 5,4 м. и высотой 4,05 м. Стоимость цементованія 1,54 до 1,84 марокъ на 100 *kg.* Для наполненія потребны 2 рабочихъ по семи перемѣнъ, для топки 2 рабочихъ по 10 перемѣнъ, для выгрузки 2 раб. по 8 перемѣнъ.

г. Ковкое литье.

Чугунъ не долженъ содержать графитъ, какъ можно менѣе *Mn* и только малую часть *Si*. Для выдѣленія углерода употребляется красный желѣзнякъ, рѣдко обожженный шпатовый или бурый желѣзнякъ, и галмей кусками въ 1 мм. Цилиндрическій или кубическій калильный горшокъ помѣщаетъ 20 до 30 или же 100 до 120 *kg.* литья. Горшки изготовляютъ изъ чугуна, содержащаго какъ можно болѣе графита, выдерживаютъ 15 до 20 накаливаній (изъ желѣза только 3) и имѣютъ цилиндрическіе діаметръ около 300 мм., высоту въ 400 мм.; толщина стѣнокъ 10—15 мм., дна 20 мм.; они снабжены ножками, чтобы пламя могло проходить подъ ними; кубическіе ящики имѣютъ 320 мм. въ сторонѣ, стѣнки и дно толщиной 26 мм.; 4 ножки. Одна печь помѣщаетъ обыкновенно 12—18 горшковъ, которые при малыхъ размѣрахъ (не толще 25 мм.), литья накаливаются 18 до 24 часа до вишнево-краснаго цвѣта, выдерживаются 60 до 80 часовъ при этой температурѣ, и потомъ охлаждаются 24—36 часа.

н. Сварочное производство.

Уклонъ рѣшетки около 38 до 40°. Въ малыхъ печахъ боровъ или вытяжной каналъ для газовъ служитъ также и для выпуска шлаковъ; въ большихъ печахъ съ очень широкимъ подомъ удобно имѣть 2 вытяжные канала для равномернаго нагрѣванія пода; шлакъ вытекаетъ тогда непосредственно за огневымъ порогомъ по каналу, выходящему на задней сторонѣ печи. Боровъ всегда слѣдуетъ дѣлать низменный. Для малыхъ печей съ общимъ отводнымъ каналомъ принимаютъ при

топкѣ каменнымъ углемъ ширину пода не болѣе 1,5 м. и длину не болѣе 2,9 м.; рѣшетку въ горизонтальной проэкціи 1 м. ширин. и 1 м. (до 1,25 м.) длиною; самое узкое поперечное сѣченіе отводнаго канала: высота 330 мм., ширина 390 мм., равно $\frac{1}{9}$ до $\frac{1}{10}$ поверхности рѣшетки; поперечн. сѣченіе надъ огневымъ порогомъ вышиною 700 мм., шириною 100 мм., равное $\frac{1}{2}$ до $\frac{1}{12}$ поверхности рѣшетки; средину топки надо ставить на 235 мм. ближе къ передней сторонѣ печи, чѣмъ середина пода и средину борова на 105 мм. ближе средину пода.

Печь съ двумя отводными каналами съ подомъ шир. 3,5 м. и длиною 3,6 м. должна имѣть слѣдующіе размѣры: ширина топки 1385 мм. длина 1045 мм. въ горизонтальной проэкціи, поверхность рѣшетки около $\frac{1}{6}$ площади пода; середина топки на 55 мм. ближе средину пода къ передней стѣнкѣ. Выходной каналъ у задней стороны печи: шир. 262 мм. высот. 315 мм., на передней сторонѣ: высоту 315 мм. шириною 470 мм.; сумма попер. сѣченій каналовъ должна равняться $\frac{1}{9}$ поверхности рѣшетки, изъ котораго передній занимаетъ $\frac{2}{27}$, задній $\frac{1}{27}$ ч. Поперечн. сѣченіе передняго канала вдвое болѣе задняго, дабы пламя дѣйствовало сильнѣе къ дверкѣ. Середина задняго канала на разстояніи 445 мм. передній на 630 мм. отъ ближайшей стѣнки пода. Высота огневого порога надъ подомъ 400 мм. ширина его 400 мм. Высота свода надъ нимъ 680 мм. Самая низкая точка топки 470 мм. ниже верхняго края огневаго порога, причемъ въ 12 часовъ сгораютъ 5850 *kg.* угля безъ подведенія дутья и 4500 *kg.* при употребленіи воздухоудной машины. Безъ подведенія дутья могутъ быть сожигаемы лишь угли съ длиннымъ пламенемъ; при угляхъ съ короткимъ пламенемъ подведеніе дутья при давленіи 50 до 105 мм., чрезъ отверстіе въ 315 мм. діаметромъ подъ серединою рѣшетки, значи тельно увеличиваетъ длину пламени.

За большими печами кладутъ 2 котла, длиною 10—12 м.; ходы которыхъ выходятъ въ общую трубу. Производство при малыхъ печахъ достигаетъ 10 *t* съ одного вара, 6,5 *t* съ двойной сваркой выдѣланнаго продукта; при большихъ печахъ 9,5 *t* двухсварочнаго полосоваго или фигурнаго желѣза въ каждыя 12 часовъ. Расходъ угля на желѣзо двойной сварки 57 до 60%. Угару $11\frac{1}{2}$ до 12% то вара, включая концы. Сводъ выдерживаетъ 15 до 18, даже и 24 мѣсяца; топку надо исправлять каждыя 2 до 3 мѣсяца.

Считаютъ обыкновенно расходъ каменнаго угля на сварочную печь для полосоваго желѣза въ 200 кило въ часъ, которыми при нагрѣвательной поверхности въ 42,5 кв. м. испаряются 680 кило воды.

На каждую сварочную печь требуется $1\frac{1}{2}$ до 4 пудлинговыхъ печей, смотря по выдѣлываемымъ сортамъ желѣза, среднимъ числомъ 2. При производствѣ полосоваго и листоваго требуется на ежегодное производство около 5 миллионъ кило 1 печь для переработки обѣсковъ; смотря по свойству послѣднихъ она вырабатываетъ каждый разъ 1500 до 4000 *kg.* мильбарсоваго желѣза при расходѣ угля въ 2000 кило

Въ слѣдующей таблицѣ помѣщены размѣры разныхъ сварочныхъ печей.

Вѣсъ пакета составляетъ:

Вѣсъ готовой полосы + вѣсъ 2 концов $\times \left(1 + \frac{x}{100}\right)$ гдѣ (*x*) угаръ

въ 0/о; при сваркѣ съ одного нагрѣва 6 до 10, при двойной сваркѣ 10—160/о.

Два конца вмѣстѣ а) при производствѣ полосоваго желѣза мелкихъ и среднихъ размѣровъ не опредѣленной заранее длины бываютъ длиною 0,15 до 0,3 м. б) при производствѣ полосоваго желѣза крупныхъ размѣровъ, угловаго жезѣза (малые и средніе сорта) опредѣленной длины (3—6 м.) быв. 0,47 м.; в) при производствѣ осей длиною 2,2 м. изъ прокованныхъ предварительно кусковъ въ 0,47 до 0,63 м. д) при производствѣ бандажей длиною 2,8 м. изъ прокованныхъ пакетовъ (состоящихъ изъ мильбарса и провареннаго желѣза) 0,47 до 0,63 м. е) при маломѣрныхъ горнозаводскихъ и вообще легкихъ рельсахъ длиною 4,7 до 5,6 м. 0,47 до 0,94 м. ф) При желѣзнодорожныхъ рельсахъ длиною 4,7 до 5,6 м. 0,78 до 0,94 м. г) при производствѣ угловаго и тавроваго желѣза самыхъ большихъ размѣровъ и длиною 4,7 до 6,2 м. 1,1 до 1,25 м. длиною.

Сварочныя печи.

	Для произв. рельс.		Для произв. листов. желѣз.	Для производства полосоваго желѣза.				Для проволочн. желѣз.	Для желѣз. сорти.
	Съ нижнимъ дутьемъ *).	Безъ нижняго дутья.	Безъ нижняго дутья.	Съ нижняго дутья.		Безъ нижняго дутья.		Безъ нижняго дутья **).	Безъ нижняго дутья.
Средняя насадка въ <i>kg</i> .	2450	1860	950	1250	750	1000	850	850	800
Сумма насадокъ въ <i>kg</i> въ теченіе 12 часовъ...	11025	9000	5700	6250	6750	6000	5950	8500	4000
Площадь рѣшетки въ кв. м.....	1,25	1,23	1,31	1,02	0,88	1,04	1,38	0,81	1,23
Отверстія въ рѣшеткѣ въ 0/о выходящая колосники.....	63	50	41	32	39	27	57	55	37
Разстояніе отъ рѣшетки до верхняго края порога въ м.....	0,730	0,340	0,300	0,425	0,420	0,470	0,340	0,817	0,340
Отъ среды порога до свода въ м.....	0,730	0,365	0,420	0,350	0,410	0,314	0,314	0,287	0,365
Отъ верхняго края порога до пода въ м.....	0,400	0,105	0,150	0,125	0,110	0,065	0,092	0,156	0,100
Отъ пода до свода на срединахъ печи въ м.....	0,840	0,680	0,525	0,425	0,480	0,497	0,471	0,601	0,490
Поверхность пода отъ порога до хода въ м.....	3,189	2,350	2,400	2,850	2,350	3,008	2,668	2,824	2,340
Ширина пода отъ задней стѣнки до передней дырки въ м.....	1,837	1,570	1,570	1,625	1,620	1,490	1,569	1,386	1,490
Уклонъ пода отъ порога до входа въ боровъ въ м.	0,160	0,235	0,235	0,200	0,310	0,196	0,130	0,313	0,230
Поперечное сѣченіе хода (борова) въ кв. м....	0,168	0,174	0,174	0,122	0,172	0,172	0,185	0,224	0,164
Длина борова до Котла въ м.....	2,00	1,260	1,260	1,430	1,255	1,255	1,567	1,500	1,570

При выдѣлкѣ котельнаго желѣза 100 *kg*. пакетовъ даютъ 90 *kg*. односварочнаго, 86 *kg*. двухъ сварочнаго, 82 *kg*. трехъ сварочнаго желѣза въ листахъ.

*) Эта печь имѣетъ наклонную рѣшетку.

**) Также и воздушные каналы надъ порогомъ.

При выкатываніи въ листы 100 *kg.* односварочнаго желѣза теряет ся 8 *kg.*, двухъ сварочнаго 6 *kg.*, 3 и болѣе разъ провареннаго желѣза менѣе 6 *kg.*

Вычисленіе вѣса досчатой болванки. На угаръ и обрѣзки надо принимать въ расчетъ на 100 *kg.* листоваго желѣза шириною:

<i>mm</i>	<i>kg</i>	<i>mm</i>	<i>kg</i>
470—780	10 —	1200—1300	15
810—1040	11,25	1325 и бо-	
1065—1180	12,5	лѣе.	16,67

такъ что напримѣръ въ последнемъ случаѣ вѣсъ изготовленной болванки долженъ быть 116,67 *kg.*

При тонкомъ листовомъ желѣзѣ считаютъ на 129 *kg.* листовой болванки 100 *kg.* листоваго желѣза, 3,2 *kg.* браку и 21,5 *kg.* обрѣзковъ.

Свѣдѣнія о выдѣлкѣ листоваго желѣза въ Россіи. *)

Для листоваго желѣза необходимо прежде приготовить, такъ называемую красную, болванку или сутунки шириною 5" — 6", длиною около 17 вер. и толщиною $\frac{1"}{8}$ — $\frac{1"}{4}$, смотря по вѣсу требуемыхъ листовъ. Сутунки бываютъ кричные, крично-сварочные и пудлингово-сварочные.

а. Приготовленіе кричныхъ сутунковъ. Изъ 100 пуд. чугуна выковывается 75—76 пуд. кричной (досчатой) болванки шириною 5"—6", толщиною 1"— $\frac{3}{4}$ "—различной длины;—На каждой 1 пудъ выкованнаго желѣза расходуется въ кричномъ горнѣ около 0,5 куб. ар. еловаго угля. На одномъ горнѣ въ сутки двумя артелями по 3 человека, работающими по смѣнно (8 ч.) выдѣлывается около 55 п. кричной болванки.

При прокаткѣ кричной болванки вдоль на сутунки изъ 100 пуд. ея получается: красной болванки (сутунковъ)—листовой 88 пуд., заслоночной—6 пуд., концовъ и обрѣзковъ 5,6 пуд. и угару 0,4 пуд.—Заслоночная болванка для прокатки на листовое не выгодна,—получается много обрѣзковъ и листы выходятъ не мѣрные (2×1 ф).—Въ 12-ти часовую смѣну прокатывается кричной болванки на сутунки при артели въ 13 человекъ въ обрѣзкой и сдачей—1200—1600 пуд. На 1 куб. саж. дровъ еловыхъ и осиновыхъ прокатывается 1000—1200 пуд. Такимъ образомъ кричныхъ сутунковъ для листоваго ж. изъ 100 пуд. чугуна получается—отъ 66 до 67 пуд.

б. Приготовленіе крично-сварочныхъ сутунковъ. Изъ 100 пуд. чугуна выковывается 87—88 пуд. кричныхъ непроварныхъ кусковъ. На куб. арш. угля выковывается около 2½ пуд. Въ сутки на 1 горнѣ выдѣлывается 6 рабочими 66—67 пуд. кусковъ.

*) Составлено инженеръ-механикомъ Е. П. Карельскихъ.

При прокаткѣ кричныхъ непроварныхъ кусковъ изъ сварочныхъ печей изъ 100 пуд. ихъ получается: 74,5 пуд. листовыхъ сутунковъ, 3 пуд.—заслоновыхъ и маломѣрныхъ, 12 пуд. обрѣзовъ и 10,5 пуд. угару. Въ 12 часовую смѣну прокатывается 940—1000 пуд. На куб. саж. дровъ прокатывается отъ 400 до 550 пуд. Такимъ образомъ крично-сварочныхъ сутунковъ листовыхъ изъ 100 пуд. чугуна получается отъ 65 до 66 пуд.

г. *Приготовление пудлинговыхъ сутунковъ.* Изъ 100 пуд. чугуна получается 93 пуд. пудлинговыхъ кусковъ. На 1 куб. саж. дровъ получается 100 пуд. желѣза. Въ сутки на 1-й печи выдѣлывается отъ 200—215 пуд.

При прокаткѣ пудлинговыхъ кусковъ изъ 100 пуд. ихъ получается: листовыхъ сутунковъ 63 пуд., заслоновыхъ маломѣрныхъ 3,5 пуд., обрѣзовъ 21,5 пуд. и угару 12 пуд. Такимъ образомъ пудлинговъ сварочныхъ сутунковъ изъ 100 пуд. чугуна получается отъ 58 до 59 пуд.

д. Полученные такъ или иначе сутунки прокатываются поперегъ на листовое желѣзо и съ 3-хъ—4-хъ нагрѣвовъ выкатываются листы, длиною нѣсколько болѣе 2-хъ аршинъ. Изъ пуд. кричныхъ сутунковъ получается 88,4 пуд. сходныхъ (годныхъ) красныхъ листовъ и 1,6 пуд. несходныхъ, 9,9 пуд. обрѣзовъ и 0,10 пуд. угару.

При среднемъ вѣсѣ 100 шт. болванки 34 пуд. 27 фун. въ 12 час. смѣну 9 рабочими прокатывается около 165 пуд., при чемъ на 1 куб. саж. дровъ прокатывается около 200 пуд. Средній вѣсъ полученныхъ листовъ 12 $\frac{1}{2}$ фунтовъ.

е. Полученные красные листы правятся и пробиваются подъ молотами, причемъ листы набираются въ пары или стопы вѣсомъ отъ 25 до 30 пуд.

Въ продажѣ существуютъ 3 разряда листового желѣза: глянцевое, матовое или голубое и черное. Отдѣлка разнится только въ числѣ нагрѣвовъ и въ количествѣ пробивки подъ молотами. Вслѣдствіе этого различія глянцеваго ж. 8 рабочихъ выдѣлываютъ въ смѣну 4 пары или 100 пуд., голубаго 6 паръ или 150—180 пуд. и чернаго 8 паръ или 230—260 пуд. При этомъ дровъ на нагрѣвъ желѣза идетъ во всѣхъ случаяхъ около $\frac{7}{8}$ —1 куб. саж. въ смѣну.

При 100 пуд. красныхъ листовъ средняго вѣса 127 ф. получается къ пробивкѣ и окончательной обрѣзкѣ листовъ 82,5 пуд. (№ 1—52 п. № 2—28 пуд. № 3—2 пуд. и № 4—0,5 пуд.); обрѣзовъ 14,5 пуд. и угару 3 пуд.

Такимъ образомъ изъ 100 пуд. красной болванки или сутунковъ получается листового желѣза всѣхъ сортовъ около 74 пуд., обрѣзовъ 23 пуд. и угару 3 пуд.

і. Обжимные аппараты.

1. Молоты рычажные.

Различаютъ молоты средобойные, лобовые, хвостовые, смотря по тому находятся ли боевая бочка между головою и шипами молота, предъ головою или за шипами.

Живая сила L молота $= Gl \frac{s}{r}$, гдѣ G общій вѣсъ; s разстояніе центра тяжести всего молота; r разстояніе центра тяжести головы молота отъ шиновъ, l высота подъема головы молота.

α. *Средобойные молоты.* Высота подъема 52 до 65 ст. (21 до 26 дюйм.) число ударовъ 80 до 120 въ минуту. Вѣсъ головы молота 200 до 300 *kg.* (12,5 до 18,5 пуд. Полезное дѣйствіе 0,8.

β. *Лобовые молоты.* Высота подъема 60 до 100 ст. (24 до 40 д. число ударовъ 40 до 60 въ минуту, вѣсъ 700 до 1200 *kg.* (43,5 до 75 пуд.).

γ. *Хвостовые молоты.* Плеча молотовища относятся какъ 4:9 до 4:12; высота подъема 50 сент., число ударовъ 120 въ минуту; вѣсъ головы молота 200 до 300 *kg.* (12,5 до 20 пуд.); иногда 750 *kg.* (46,5 пуд.).

Для обжиманія горячей крицы изъ кричнаго горна требуется 14 до 18 лош. силъ и 30 до 35 мин. времени.

Расчетъ маховаго колеса смотри часть вторую.

2. Паровые молоты.

Вѣсъ бабы, высота подъема и число подъемовъ зависятъ отъ способа употребленія молота. По *Ледебуру*:

	Вѣсъ молота <i>kg.</i>	Высота подъема <i>мт.</i>	Число ударовъ въ минуту.
<i>Въ кузницахъ:</i>			
Для мелкихъ поковокъ...	50— 600	150— 500	200— 400
„ крупныхъ „ ..	500— 1000	600— 1000	100— 200
<i>Въ пудлинговыхъ завод.</i>			
Для обжиманія крицы ..	1500— 2500	1000— 1500	80— 100
<i>Въ железо-прокатныхъ заводахъ:</i>			
Для сварки и уплотненія предметовъ средней ве- личины	2500— 5000	1250— 1800	80— 100
<i>Въ бессемеровскихъ и ста- лелитейныхъ заводахъ:</i>			
Для поковокъ средней круп- ности	10000—20000	2000— 3000	60— 80
<i>Въ заводахъ сталелитей- ныхъ.</i>			
Для большихъ слитковъ .	20000—50000	3000— 3200	60

По опытамъ *Кика* для полученія одинаковаго формоизмѣненія по-добныхъ тѣлъ изъ одного и того же матеріала необходимая работа удара пропорціональна объему этихъ предметовъ.

Расчетъ паровыхъ молотовъ.

Обозначимъ: G вѣсъ молота съ поршнемъ и стержнемъ въ kg . H высоту подъема молота въ метр., O поперечное сѣченіе пароваго цилиндра въ кв. метр. $f_1 O$ и $f_2 O$ нижнее и верхнее поперечное сѣченіе стержня поршня:

$O_1 = O(1 - f_1)$ нижняя дѣйствующая площадь поршня

$O_2 = O(1 - f_2) = k O_1$ верхняя дѣйств. " "

p_1 —среднее давленіе пара во время впуска въ kg . на кв. сантим.

$P = O_1 (p_1 - 1) = m G$ давленіе пара (сверхъ воздушнаго), при которомъ молотъ поднимается

$r_1 G$ среднее сопротивленіе при подъемѣ поршня, происходящее отъ тренія поршня и противодѣйствія передняго пара

$r_2 G$ среднее сопротивленіе при паденіи молота

$h_1 = i_1 H$ высота подъема, до которой при поднятіи впускается паръ

$h_2 = i_2 H$ путь, во время котораго при паденіи молота паръ впускается сверху поршня (верхній паръ)

$L = \lambda \cdot G \cdot H$ живая сила, съ которою молотъ ударяетъ на накопальню.

n наибольшее число ударовъ въ минуту.

D расходъ пара для одного удара молота въ kg . не считая потери пара и вредныя пространства

V вѣсъ куб. метра входящаго пара въ kg .

Высота подъема приблизительно $H = 0,025 \sqrt{G}$.

Диаметръ стержня поршня для паровыхъ молотовъ съ толстымъ стержнемъ $\frac{1}{2}$ до $\frac{3}{8}$ диаметра цилиндра, для паровыхъ молотовъ съ тонкимъ стержнемъ:

При подъемѣ.	Дляковки жельза.	Дляковки стали.
Менѣе 1 м. . . .	$\frac{1}{12}$ до $\frac{1}{10}$	$\frac{1}{10}$ до $\frac{1}{8}$
Отъ 1 до 2 м. . .	$\frac{1}{10}$ " $\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$ " $\frac{1}{6}$
Болѣе 2 м. . . .	$\frac{1}{8}$ " $\frac{1}{6}$	$\frac{1}{6}$ " $\frac{1}{3}$

диаметра цилиндра.

При употребленіи свѣжаго верхняго пара берутъ діаметръ стержня поршня на 25% толще.

Изъ двухъ коэффиціентовъ i_1 и m одинъ выбирается; тогда другой (какъ и λ) вычисляется для каждой системы молотовъ отдѣльно (принявъ во вниманіе соотвѣтствующее i_2).

По Штюлену принимаютъ:

1) Для молотовъ со скорымъ движеніемъ двойнаго дѣйствія при вѣсѣ ударяющей бабы въ 150 kg . при 300—400 ударовъ въ минуту

$$m=5-6$$

при вѣсѣ 150 до 500 kg . и 150 до 300 ударовъ въ минуту

$$m=4-5;$$

2) Для паровыхъ молотовъ вѣсомъ;

$$500 \text{ до } 1250 \text{ } kg. : m=2,5 \text{ до } 3$$

$$1250 \text{ — } 2500 \text{ } kg. : m=2 \text{ до } 2,5$$

$$2500 \text{ — } 5000 \text{ } kg. : m=1,75 \text{ до } 2$$

$$5000 \text{ — } 10000 \text{ } kg. : m=1,5 \text{ до } 1,75$$

По Грасгофу:

$$O = \frac{m \cdot G}{(1-f_1)(p_1-1)}, \quad z\sqrt{H} = \frac{132,88}{\sqrt{\frac{1}{i\mu} + \sqrt{\frac{1}{\lambda}}}}$$

гдѣ $\mu = m - 1 - \rho_1$.

Степень экономичности расхода пара даетъ:

$$\frac{L}{D} = \frac{\lambda'(p_1-1)}{\gamma_1},$$

причемъ для молотовъ безъ свѣжаго верхн. пара $\lambda' = \frac{\lambda}{i_1 m}$

” ” ” ” ” ” $\lambda' = \frac{\lambda}{(i_1 + k i_2) m}$

α. Паровой молотъ простаго дѣйствія (Несмита и подобные). Часть цилиндра выше поршня находится въ постоянномъ сообщеніи съ атмосфернымъ воздухомъ; къ концу впуска пара сейчасъ же начинается выпускъ пара:

$$i_1 = \frac{1+\rho_1}{m}, \quad \lambda = 1 - \rho_2, \quad \lambda' = \frac{1-\rho_2}{1+\rho_1}$$

для $\rho = 0,05$ и $\rho_2 = 0,1$ имѣемъ $\lambda = 0,9$ и $\lambda' = 0,857$

и для $m = 1,5 \quad 2 \quad 2,5 \quad 3$

$i_1 = 0,7 \quad 0,525 \quad 0,42 \quad 0,35$

$z\sqrt{H} = 46,9 \quad 53,8 \quad 56,9 \quad 58,7$

β. Паровой молотъ двойнаго дѣйствія съ свѣжимъ верхнимъ паромъ. При подниманіи до высоты h выходитъ верхній паръ на воздухъ; въ концѣ подъема выходитъ нижній паръ и входитъ свѣжій верхній паръ. Послѣднее продолжается во время паденія ($i_2 = 1$).

$$i_1 = \frac{1+\rho_1+k \cdot m}{(1+k)m}; \quad \lambda = 1 - \rho_2 + km; \quad \lambda' = \frac{\lambda}{(i_1+k)m}$$

Для $k=1$, $\rho_1=0,05$ и $\rho_2=0,15$ и $m=3 \quad 4 \quad 5 \quad 6$

$i_1 = 0,675 \quad 0,631 \quad 0,605 \quad 0,587$

$\lambda = 3,85 \quad 4,85 \quad 5,85 \quad 6,85$

$\lambda' = 0,766 \quad 0,743 \quad 0,729 \quad 0,719$

$z\sqrt{H} = 96,2 \quad 111,8 \quad 125,3 \quad 137,2$

γ. Молотъ съ расширяющимся верхнимъ паромъ (паровой молотъ Дамена). Стержень поршня дѣлается толстѣй.

По достиженіи молотомъ высоты h_1 прекращается входъ пара подъ поршень и выходъ пара надъ поршнемъ; одновременно соединяются части цилиндра подъ и надъ поршнемъ другъ съ другомъ и это состояніе продолжается во все время паденія.

Если объемъ цилиндра, остающійся надъ поршнемъ въ его самомъ верхнемъ положеніи $= e O_1 H$, то можно считать давленіе пара $= p_2$ при этомъ наивысшемъ положеніи поршня приблизительно равнымъ давленію насыщеннаго пара, 1 куб. метръ котораго вѣситъ:

$$\gamma_2 = \frac{i_1 \gamma_1 + [(1-i_1)k + e] \gamma_0}{1+e}$$

где γ_0 обозначаетъ вѣсъ 1 куб. м. насыщающаго пара при давлении одной атмосферы въ $kg.$, и тогда:

$$n = \frac{1+p_1}{i_1 - \frac{\lambda_1 p_2 - k + 1}{p_1 - 1}}; \lambda = 1 - p_2 + m \frac{\lambda_2 p_2 - k + 1}{p_1 - 1}; \lambda_1 = \frac{\lambda}{i_1 m}$$

Здѣсь, если при сжатіи пара, во время подъема молота на высоту $H - h_1$ и потомъ при расширенія пара во время паденія молота давленіе пара измѣняется обратно пропорціонально объему:

$$\lambda_1 = \frac{1+e}{n-1} (1 - \varepsilon_1^{n-1}) \text{ съ } \varepsilon_1 = \frac{1+e}{i_1 + (1-i_1)k+e}$$

$$\lambda_2 = \frac{1+e}{n-1} (1 - \varepsilon_2^{n-1}) \text{ съ } \varepsilon_2 = \frac{1+e}{k+e}$$

При $e = 0,1$, $i_1 = 0,7$, $k = 1,5$

$p_1 = 0,08$, $p_2 = 0,12$, $n = 1,13$

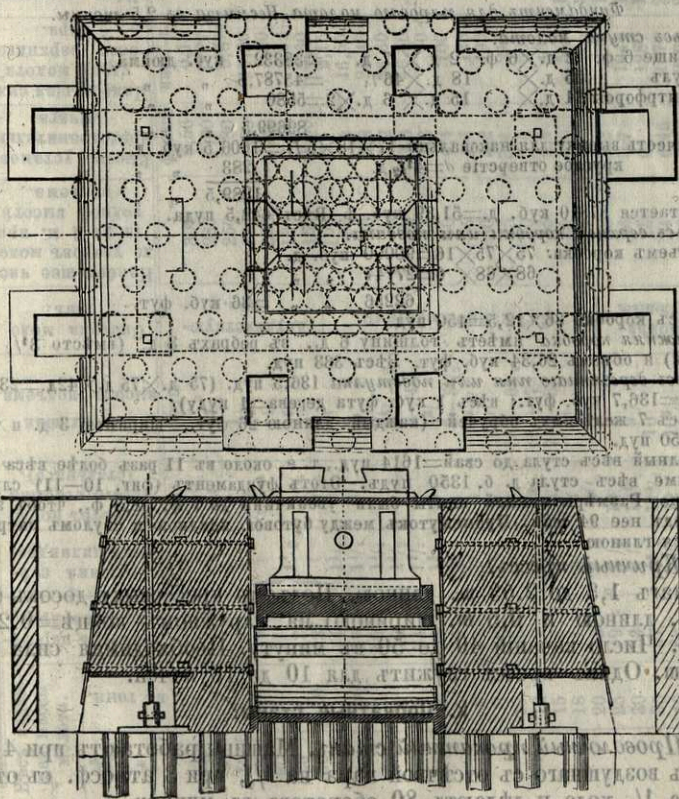
находимъ для $p_1 = 3$ 4 5 6 кило на кв. сант.

$m = 1,381$ 1,489 1,548 1,587

$\lambda = 1,204$ 1,239 1,258 1,268

$\lambda_1 = 1,245$ 1,189 1,161 1,141

$\sqrt{H} = 43,0$ 48,0 50,4 51,8



Фиг. 10—11.

Вѣсъ стула:

для молотовъ дляковки желѣза въ 6 *H*, наименьшее въ 8 разъ болѣе вѣса бабы,
для молотовъ дляковки стали въ 10 *H*, наименьшее 12 разъ болѣе вѣса бабы.

Здѣсь *H* высота подъема въ метр.

При молотахъ съ свѣжимъ верхнимъ паромъ вѣсъ стула на 30% болѣе.

Давленіе на основаніе стула вслѣдствіе ударовъ зависитъ отъ формы и вѣса стула, отъ формы и жесткости проковываемаго матеріала и отъ эластичности основанія. Обозначимъ:

P давленіе на основаніе въ *kg*.; *G* вѣсъ молота въ *klg*.

H высоту подъема (при молотахъ съ верхнимъ паромъ высотой скорости) молота въ м.

то среднимъ числомъ можно считать:

для молотовъ для обжиманія криць:

$$P=30GH \text{ до } 60GH$$

для молотовъ дляковки пакетовъ

$$P=60GH \text{ до } 95GH$$

для молотовъ дляковки стали

$$P=95GH \text{ до } 125GH.$$

Къ этимъ давленіямъ надо еще прибавлять вѣсъ стула.

Фундаментъ для пароваго молота Несмита въ 2,5 тонны.

Вѣсъ стула молота.

Днище 6 ф. 2 д. $\times$ 6 ф. 2 д. $\times$ 7 д. = 33332 куб. дюйма.

Стулъ 55 д. $\times$ 18 д. $\times$ 46 1/4 = 45787,5 " "

Контрфорсы 31 д. $\times$ 15 д. $\times$ 6 д. $\times$ 2 = 5580 " "

89699,5

Вычестъ выемку для наковальня 17 $\times$ 18 $\times$ 5 1/2 = 1606,5 куб. д.

круглое отверстіе $d=4\frac{1}{2}$ д. 283 " "

1889,5 " "

Остается 87810 куб. д. = 51,39 куб. ф. Вѣсъ 642,5 пуда.

Вѣсъ верхней коробки или подбана.

Объемъ коробки: 75 $\times$ 75 $\times$ 16 = 90000 куб. д.

68 $\times$ 68 $\times$ 6 = 27744 " "

62256 " "

= 36 куб. фут.

Вѣсъ коробки 36 $\times$ 12,5 = 450 пуд.

Нижняя коробка имѣетъ толщину 6 д., въ ребрахъ 3 д. (вмѣсто 3 1/2 д. въ верхней) и объемъ 26,34 куб. фут. Вѣсъ 333 пуд.

Вѣсъ деревяннаго пня или подстулки 136,5 пуд. (75 д. $\times$ 75 д. $\times$ 42 д. = 23 625 куб. д. = 136,7 куб. фут.; вѣсъ 1 куб. фута дерева = 1 пуду).

Вѣсъ 7 желѣзныхъ обручей (каждый длиною 26 фут., шириною 3 д. и толщ. 1 д.) = 50 пуд.

Полный вѣсъ стула до свай = 1614 пуд., т. е. около въ 11 разъ болѣе вѣса бабы. По Тиме вѣсъ стула д. 6. 1350 пудъ. Этотъ фундаментъ (фиг. 10—11) служитъ исправно. Размѣры нижней идиты были увеличены до 7 ф. $\times$ 8,5 ф., чтобы захватить подъ нее 94 сваи. Промежутокъ между бутовой кладкою и стуломъ затрамбовывается глиною.

3. Кричный прессъ.

Рычагъ 1,3 до 2,53 м. длиною. Подъемъ прессовыхъ досокъ (1 до 1,2 м. длиною и 0,5 м. шириною) на наружномъ концѣ = 0,25 до 0,3 м. Число качаній 40 до 50 въ минуту. Необходимая сила 8 до 10 лощ. Одинъ прессъ служить для 10 до 16 печей.

к. Прокатные станы.

1. Проволочный прокатный станъ. Машины работаютъ при 4 атм. сверхъ воздушнаго съ отсѣчкой пара на 1/4, при 3 атмосфер. съ отсѣчкой на 1/3 хода и дѣлають 80 оборотовъ въ минуту.

Толщина стѣны

Таблица главных размеров паровых двигателей системы Несмита (по Гинге).

Таблица главныхъ размѣровъ паровыхъ двигателей																
Вѣсъ падающей массы мотота.	Вѣсъ пуд.	Диаметръ пароваго цилиндра.	Толщина стѣны цилиндра.	Диаметръ поршня (стандартно).	Наибольшая высота подъема.	Система мотота.	Наибольшее число ударовъ мотота въ 1 м. при полной высотѣ подъема.	Высота установка предохранительнаго рычага.	Наибольшая сила удара мотота безъ верхняго пара.	Вѣсъ чулуннато стула.	Толщина стѣнокъ станинъ.		Полный вѣсъ металлическаго сооруже- ния мотота.	Стоимость фундамента.	Общая нагрузка на паровыхъ котловъ.	
											Чулунн. пустотѣ- лыжъ.	Изъ ли- стового желѣза.				
3	4 1/2	5 1/2	6 1/2	7 1/2	8 1/2	9 1/2	10 1/2	11 1/2	12 1/2	13 1/2	14 1/2	15 1/2	16 1/2	17 1/2	18 1/2	19 1/2
3	4 1/2	5 1/2	6 1/2	7 1/2	8 1/2	9 1/2	10 1/2	11 1/2	12 1/2	13 1/2	14 1/2	15 1/2	16 1/2	17 1/2	18 1/2	19 1/2
6	8	9 1/2	11 1/2	13 1/2	15 1/2	17 1/2	19 1/2	21 1/2	23 1/2	25 1/2	27 1/2	29 1/2	31 1/2	33 1/2	35 1/2	37 1/2
10	14	17 1/2	21 1/2	25 1/2	29 1/2	33 1/2	37 1/2	41 1/2	45 1/2	49 1/2	53 1/2	57 1/2	61 1/2	65 1/2	69 1/2	73 1/2
15	20	24 1/2	29 1/2	34 1/2	39 1/2	44 1/2	49 1/2	54 1/2	59 1/2	64 1/2	69 1/2	74 1/2	79 1/2	84 1/2	89 1/2	94 1/2
20	25	30 1/2	36 1/2	42 1/2	48 1/2	54 1/2	60 1/2	66 1/2	72 1/2	78 1/2	84 1/2	90 1/2	96 1/2	102 1/2	108 1/2	114 1/2
25	30	36 1/2	42 1/2	48 1/2	54 1/2	60 1/2	66 1/2	72 1/2	78 1/2	84 1/2	90 1/2	96 1/2	102 1/2	108 1/2	114 1/2	120 1/2
30	35	41 1/2	48 1/2	55 1/2	62 1/2	69 1/2	76 1/2	83 1/2	90 1/2	97 1/2	104 1/2	111 1/2	118 1/2	125 1/2	132 1/2	139 1/2
до 1 1/2	1	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2
1	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2
2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2
2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2
3	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2
3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2
4	4 1/2	4 1/2	4 1/2	4 1/2	4 1/2	4 1/2	4 1/2	4 1/2	4 1/2	4 1/2	4 1/2	4 1/2	4 1/2	4 1/2	4 1/2	4 1/2
4 1/2	4 1/2	4 1/2	4 1/2	4 1/2	4 1/2	4 1/2	4 1/2	4 1/2	4 1/2	4 1/2	4 1/2	4 1/2	4 1/2	4 1/2	4 1/2	4 1/2
5	5 1/2	5 1/2	5 1/2	5 1/2	5 1/2	5 1/2	5 1/2	5 1/2	5 1/2	5 1/2	5 1/2	5 1/2	5 1/2	5 1/2	5 1/2	5 1/2
5 1/2	5 1/2	5 1/2	5 1/2	5 1/2	5 1/2	5 1/2	5 1/2	5 1/2	5 1/2	5 1/2	5 1/2	5 1/2	5 1/2	5 1/2	5 1/2	5 1/2
6	6 1/2	6 1/2	6 1/2	6 1/2	6 1/2	6 1/2	6 1/2	6 1/2	6 1/2	6 1/2	6 1/2	6 1/2	6 1/2	6 1/2	6 1/2	6 1/2
6 1/2	6 1/2	6 1/2	6 1/2	6 1/2	6 1/2	6 1/2	6 1/2	6 1/2	6 1/2	6 1/2	6 1/2	6 1/2	6 1/2	6 1/2	6 1/2	6 1/2
8	8 1/2	8 1/2	8 1/2	8 1/2	8 1/2	8 1/2	8 1/2	8 1/2	8 1/2	8 1/2	8 1/2	8 1/2	8 1/2	8 1/2	8 1/2	8 1/2
8 1/2	8 1/2	8 1/2	8 1/2	8 1/2	8 1/2	8 1/2	8 1/2	8 1/2	8 1/2	8 1/2	8 1/2	8 1/2	8 1/2	8 1/2	8 1/2	8 1/2
10	10 1/2	10 1/2	10 1/2	10 1/2	10 1/2	10 1/2	10 1/2	10 1/2	10 1/2	10 1/2	10 1/2	10 1/2	10 1/2	10 1/2	10 1/2	10 1/2
10 1/2	10 1/2	10 1/2	10 1/2	10 1/2	10 1/2	10 1/2	10 1/2	10 1/2	10 1/2	10 1/2	10 1/2	10 1/2	10 1/2	10 1/2	10 1/2	10 1/2
12	12 1/2	12 1/2	12 1/2	12 1/2	12 1/2	12 1/2	12 1/2	12 1/2	12 1/2	12 1/2	12 1/2	12 1/2	12 1/2	12 1/2	12 1/2	12 1/2
12 1/2	12 1/2	12 1/2	12 1/2	12 1/2	12 1/2	12 1/2	12 1/2	12 1/2	12 1/2	12 1/2	12 1/2	12 1/2	12 1/2	12 1/2	12 1/2	12 1/2
15	15 1/2	15 1/2	15 1/2	15 1/2	15 1/2	15 1/2	15 1/2	15 1/2	15 1/2	15 1/2	15 1/2	15 1/2	15 1/2	15 1/2	15 1/2	15 1/2
15 1/2	15 1/2	15 1/2	15 1/2	15 1/2	15 1/2	15 1/2	15 1/2	15 1/2	15 1/2	15 1/2	15 1/2	15 1/2	15 1/2	15 1/2	15 1/2	15 1/2
18	18 1/2	18 1/2	18 1/2	18 1/2	18 1/2	18 1/2	18 1/2	18 1/2	18 1/2	18 1/2	18 1/2	18 1/2	18 1/2	18 1/2	18 1/2	18 1/2
18 1/2	18 1/2	18 1/2	18 1/2	18 1/2	18 1/2	18 1/2	18 1/2	18 1/2	18 1/2	18 1/2	18 1/2	18 1/2	18 1/2	18 1/2	18 1/2	18 1/2
20	20 1/2	20 1/2	20 1/2	20 1/2	20 1/2	20 1/2	20 1/2	20 1/2	20 1/2	20 1/2	20 1/2	20 1/2	20 1/2	20 1/2	20 1/2	20 1/2
20 1/2	20 1/2	20 1/2	20 1/2	20 1/2	20 1/2	20 1/2	20 1/2	20 1/2	20 1/2	20 1/2	20 1/2	20 1/2	20 1/2	20 1/2	20 1/2	20 1/2
25	25 1/2	25 1/2	25 1/2	25 1/2	25 1/2	25 1/2	25 1/2	25 1/2	25 1/2	25 1/2	25 1/2	25 1/2	25 1/2	25 1/2	25 1/2	25 1/2
25 1/2	25 1/2	25 1/2	25 1/2	25 1/2	25 1/2	25 1/2	25 1/2	25 1/2	25 1/2	25 1/2	25 1/2	25 1/2	25 1/2	25 1/2	25 1/2	25 1/2
30	30 1/2	30 1/2	30 1/2	30 1/2	30 1/2	30 1/2	30 1/2	30 1/2	30 1/2	30 1/2	30 1/2	30 1/2	30 1/2	30 1/2	30 1/2	30 1/2
30 1/2	30 1/2	30 1/2	30 1/2	30 1/2	30 1/2	30 1/2	30 1/2	30 1/2	30 1/2	30 1/2	30 1/2	30 1/2	30 1/2	30 1/2	30 1/2	30 1/2
40	40 1/2	40 1/2	40 1/2	40 1/2	40 1/2	40 1/2	40 1/2	40 1/2	40 1/2	40 1/2	40 1/2	40 1/2	40 1/2	40 1/2	40 1/2	40 1/2
40 1/2	40 1/2	40 1/2	40 1/2	40 1/2	40 1/2	40 1/2	40 1/2	40 1/2	40 1/2	40 1/2	40 1/2	40 1/2	40 1/2	40 1/2	40 1/2	40 1/2
50	50 1/2	50 1/2	50 1/2	50 1/2	50 1/2	50 1/2	50 1/2	50 1/2	50 1/2	50 1/2	50 1/2	50 1/2	50 1/2	50 1/2	50 1/2	50 1/2
50 1/2	50 1/2	50 1/2	50 1/2	50 1/2	50 1/2	50 1/2	50 1/2	50 1/2	50 1/2	50 1/2	50 1/2	50 1/2	50 1/2	50 1/2	50 1/2	50 1/2

Примечанія. Упругости пара въ котлахъ принята — 4 атмосфер. При упругости въ 5 атмосферъ, діам. паров. цилиндра можетъ быть уменьш. въ 0,87 раза. При упругости пара въ 6 атмосфер. и при сохраненіи діам. цилиндра показ. въ таблицѣ, мототокъ въ 3 м. въ состояніи давать до 500 ударовъ въ 1 минуту.

Влидажный станъ для про-
катки брони 12"/5 ф. 1×18 ф.

Кубокатальный станъ для
крупнаго котельнаго и кора-
бельнаго желѣза 5/8"/2,5 ф.
до 1 1/4"/8 ф.

Листовой станъ для кровель-
наго и посуднаго желѣза въ-
сомъ 2,5 до 35 kg. на кв. м.
(6 до 84 фунт. на 2 кв. ар.).

Крупносортный станъ для
толстаго О- отъ 150 до 250
мм., широкаго полосоваго и
фигурнаго желѣза самыхъ
большихъ размѣровъ.

Рельсовый станъ для рельсъ,
О- до 150, □- до 180, поло-
соваго до 40; крупнаго L-
и П- желѣза высотой до
180 мм.

Черновой станъ для обжимки
пудлинговыхъ крицъ и для
прокатки ихъ въ болванк.
(на мильбарсъ).

Среднесортной станъ для
полосоваго желѣза отъ 50-
150 мм. шир., для О- и □-
до 75 мм. и средняго фигур-
наго желѣза.

Мелкосортный станъ для ши-
наго жел. шир. до 50 мм.
О- и □- до толщ. 33 мм.
и мелкаго фигурнаго желѣза.

Проволочный станъ для про-
волоки, тонкаго обручнаго
желѣза для гвоздей и т. п.

НАЗВАНІЯ.

Диаметръ валковъ....	{ пред. 0,28-0,38 окон. 0,22 и 0,20	{ 0,40 0,30 120 260 3-5	{ 0,38-0,55 40-70 2-3	{ 0,50-0,55 70-80 3	{ 0,63-0,73 40-60 1-2	{ 0,50-0,52 30-60 1-2	{ 0,58-0,63 40-70 1-3	{ 0,65-0,75 20 1-2
Число оборот. въ мин.	{ пред. 250 и 220 оконч. 500	{ 120 260 3-5	{ 0,63-0,785 0,8-1,25 14-25	{ 0,914-1,25 1,524-1,4 50-40	{ 0,94 1,57 30	{ 0,785 1,25 25	{ 0,780-1,050 1,4-1,6 30	{ 1,1 1,57 —
Число прокатн. станъ.	{ 6-7	{ 1,25 20 6,25	{ 0,63-0,785 0,8-1,25 14-25	{ 0,914-1,25 1,524-1,4 50-40	{ 0,94 1,57 30	{ 0,785 1,25 25	{ 0,780-1,050 1,4-1,6 30	{ 1,1 1,57 —
Диам. паров. цилиндра	{ 0,785	{ 1,25 20 6,25	{ 0,63-0,785 0,8-1,25 14-25	{ 0,914-1,25 1,524-1,4 50-40	{ 0,94 1,57 30	{ 0,785 1,25 25	{ 0,780-1,050 1,4-1,6 30	{ 1,1 1,57 —
Въ т.....	{ 0,785	{ 1,25 20 6,25	{ 0,63-0,785 0,8-1,25 14-25	{ 0,914-1,25 1,524-1,4 50-40	{ 0,94 1,57 30	{ 0,785 1,25 25	{ 0,780-1,050 1,4-1,6 30	{ 1,1 1,57 —
Ходъ поршня въ т..	{ 1,25	{ 1,25 20 6,25	{ 0,63-0,785 0,8-1,25 14-25	{ 0,914-1,25 1,524-1,4 50-40	{ 0,94 1,57 30	{ 0,785 1,25 25	{ 0,780-1,050 1,4-1,6 30	{ 1,1 1,57 —
Вѣсъ мах. колеса въ т.	{ 16,3-26	{ 1,25 20 6,25	{ 0,63-0,785 0,8-1,25 14-25	{ 0,914-1,25 1,524-1,4 50-40	{ 0,94 1,57 30	{ 0,785 1,25 25	{ 0,780-1,050 1,4-1,6 30	{ 1,1 1,57 —
Диаметръ махов. ко- леса въ т.....	{ 16,3-26 д. шк. или бл. 6,28-6,5	{ 1,25 20 6,25	{ 0,63-0,785 0,8-1,25 14-25	{ 0,914-1,25 1,524-1,4 50-40	{ 0,94 1,57 30	{ 0,785 1,25 25	{ 0,780-1,050 1,4-1,6 30	{ 1,1 1,57 —
Диаметръ вала изъ бесемерной ста- ли..... т.	{ 0,275	{ 1,25 20 6,25	{ 0,63-0,785 0,8-1,25 14-25	{ 0,914-1,25 1,524-1,4 50-40	{ 0,94 1,57 30	{ 0,785 1,25 25	{ 0,780-1,050 1,4-1,6 30	{ 1,1 1,57 —
Передача движенія....	ремн. или канат.	0,26	0,225-0,275	0,38	0,33	0,275	—	0,38
Число сварочн. печей.	1 не болѣе 2	ремн. и кан.	0,225-0,275	0,38	0,33	0,275	—	0,38
Производство въ га- лочн. день и на печ. въ т.	1 или 2	ремн. и кан.	0,225-0,275	0,38	0,33	0,275	—	0,38
Сила маш. (Тиме)...	до 5 60 до 80 (100 и 150)	ремн. и кан.	0,225-0,275	0,38	0,33	0,275	—	0,38

Проволочные вальцы употребляются для круглаго и квадр. желѣза отъ 5—14 мм., также и для тонкаго полосов. желѣза шир. до 20 мм. Подготовительные или черновые валы ставятся отдѣльно отъ главнаго стана; дѣлались прежде діаметр. 0,24 при 300 оборотахъ, нынѣ же діам: 0,28—0,30 при 150 и 220 оборотахъ.

Главный прокатной станъ состоитъ изъ 6, большею частью 7 станковъ; валы діаметр: 0,22—0,23 при длинѣ раската (полотна) въ 0,70—0,50 для тянущихъ валовъ; 0,30 для отдѣлочныхъ валовъ и около 300 оборотовъ въ мин. Не мѣшаетъ валамъ дать діаметръ въ 0,24.

Передача отъ машины посредствомъ колесъ, ремней или пеньковыхъ канатовъ. Разстояніе между прокатн. станами 8—10 м. При передачѣ движенія къ главному стану посредствомъ ремней не слѣдуетъ допускать разстояніе между шкивами болѣе 8,00. Шкивы или канатные блоки на валу отдѣлочныхъ вальцовъ не менѣе 7,5 діаметровъ вальцевъ.

Одинъ изъ болѣе новыхъ заводовъ для прокатыванія стальной проволоки имѣетъ подготовит. валы діаметр. 0,32 при длинѣ 1,06 съ 208 оборотами. 7 станковъ съ скоропрокатными валиками діам.: 0,26 и 0,70 0,60 0,60 0,50 0,50, 0,30 съ 416 оборотами.

Передача отъ машины къ подготовительному стану=80:208 посредствомъ 8 канатовъ по 50 мм. на шкивахъ въ 6,50 и 2,50. Вторая передача съ 5 канатами одинаковой толщины на шкивахъ въ 1,50 и 2,25. Разстояніе шкивовъ другъ отъ друга 10,00.

2. Новѣйшіе станы для прокатки мелкосортнаго желѣза также имѣютъ отдѣльные подготов. (черновые) валы, которые двигаются непосредственно отъ машиннаго вала, дѣлаютъ 120 оборотовъ и имѣютъ діам. 1,40. Передача къ главному стану посредствомъ ремневого или канатнаго привода. Отдѣлоч. валы діам. 0,30 съ 260 оборотами; для тонкаго желѣза даже болѣе. Разстояніе обоихъ становъ 7,50. Главный станъ съ 4 станками. Съ таковыми валами изготовляютъ круглое и квадр. желѣзо отъ 10—52 мм., полосовое до 80 мм., угловое желѣзо до 65 и рельсы для горнаго дѣла.

3. Среднесортные станы имѣютъ валы діам. 0,37 до 0,40 для желѣза полосоваго до 100 и 125 мм., круглаго и квадр. до 65—75, также углов. жел. съ полками шир. 65 и 75. Станковъ 3—4. Число оборотовъ 120.

4. Обыкновенные прок. станы для полосоваго желѣза вырабатываютъ полосов. желѣзо шир. до 150 и 180, круглое и квадр. жел. толщ. до 125 и 150, и угловое съ сторонами (полками) въ 100—125 мм. Валы 0,50 до 0,55. Станковъ 3. Оборотовъ 70—80.

5. Прокатные станы для прокатки крупныхъ сортовъ имѣютъ валы діам: 0,65—0,78, отъ 2—3 станковъ, дѣлаютъ 60—70 оборотовъ и вырабатываютъ кромѣ жел. крупн. сортовъ, балки и прочее крупное фасонное (фигурное) желѣзо.

6. Вальцы для стальныхъ рельсъ имѣютъ 650 до 780 мм. въ діаметрѣ 2 или 3 стана и дѣлаютъ 60 до 70 обор. въ минуту.

Рельсовый станъ для желѣзныхъ рельсъ даетъ при 5 печахъ дляковки и 2 для прокатки 160 до 170 рельсъ въ смѣну, каждый въѣздомъ 250 klg. Насадка 6 до 7 пакетовъ и 5 насадокъ на каждую печь дляковки въ смѣну.

Рельсовый станъ для бессемеровскихъ рельсъ (тройной) даетъ въ 24 часа около 1000 до 1200 рельсъ по 250 *klg.*, а въ видѣ иско-ченія 1304 штуки вѣсомъ 372 тонны и 1620 шт. вѣсомъ 324 тонны. Наибольшая производительность была 1286 рельсъ вѣсомъ 350 тон въ 24 часа на Edgar—Thomson—Stahlwerk въ Питсбургѣ. Въ дру-гихъ американскихъ рельсовыхъ заводахъ прокатываютъ сред. числ. 1122 рельса вѣсомъ 254,5 тонны въ 24 часа. Вальцы имѣютъ въ Вест-фали 650 мм. въ діаметрѣ, въ Америкѣ 560 до 590 мм. въ діаметрѣ при 75 до 80 оборотахъ. Машины имѣютъ 1,25 до 1,33 м. діаметръ цилиндра 1,4 м. ходъ, валь 400 мм. въ діаметрѣ, ма-ховикъ 40 тоннъ вѣсомъ и 7,5 м. діаметромъ.

7. *Листовые станы для прокатки тонкаго листового жельза* имѣютъ діаметръ валовъ 0,55—0,63; три станка и 45 оборотовъ но для тонкихъ номеровъ только 22—25. Тройные вальцы по системѣ Лаута имѣютъ верхній и нижній валь 0,55—0,63; свободный сред-ній 0,28 діаметромъ.

Листовой станъ съ 1 парю черновыхъ валовъ и 1 парю отде-лочныхъ при одной печи для нагреванія сутунковъ (листовой бол-ванки), одной печи для отжига и двухъ печей для нагреванія доставляетъ въ 12 часовъ готовыхъ листовъ по нѣмецкому листовому калибру.

№ 11—12	13—16	17—20	21	22	23	24	25
до 4500	3500	2500	1800	1600	1400	1150	700 килогр

Угаръ и обрѣзки при листахъ неопредѣленной мѣры 20%, для одномѣрныхъ 25 до 28%.

Листопрокатный станъ по системѣ Лаута: У Крупна въ Эссеніи для стали верхній и нижній валы имѣютъ 660 мм., средний 380 мм. въ діаметрѣ при длинѣ раската (или полотна) 1865 мм., шейки 418 и 210 мм. въ діаметрѣ. Получаетъ движеніе только одинъ нижній валь. Па-ровая машина имѣетъ цилиндръ 960 мм. діаметромъ, 1570 мм. ходъ, діаметръ маховика 8164 мм. При прокаткѣ листовъ до 1,5 мм. тол-щиною дѣлаетъ 60 оборотовъ, при 1 мм.—50, при 0,75 мм.—40 а когда менѣе 0,75 мм.—30 оборотовъ.

8. *Листовой станъ для прокатки толстыхъ большихъ листовъ* (кубкатальный). Діаметръ валовъ=0,25 до 0,3 длины раската; при 2,20 длины послѣдняго 0,63; при 250=0,73 и при длинѣ въ 3,00=0,78. Самые большіе валы въ Low-Moog: длина раската 3,35 м. діаметръ 0,815. Какъ наименьшій діаметръ для самыхъ короткихъ раскатовъ считается 0,55 число станковъ 1—2, оборотовъ 40—60.

Такой станъ доставляетъ на печь въ 12 часовъ посуднаго жельза 2250 до 4000 кило обыкновеннаго котельнаго 2250 до 3000 кило лучшаго котельнаго 2000 до 2500 кило листового для огневыхъ ко-робокъ 1800 до 2500 кило На 1000 кило листового жельза требуется 1700 до 2500 кило угля для свариванія. Угаръ при первомъ нагревѣ 12 до 14% при второмъ 9 до 11%, при третьемъ 6 до 9%, при четвертомъ 4 до 6% Обрѣзковъ 18 до 25%.

Тройные (по сист. Лаута) валы для толстых листовъ въ заводѣ группа: верхн. и нижн. валъ 0,89, средний валъ изъ твердой стали 0,445. Длина раската 3,40. Число оборотовъ 50 до 60.

9. Проволочные и мелкосортные прокатные станы, а также рельсовые всегда устраиваются тройные; станы для прокатки криць и среднихъ сортовъ только изрѣдка тройные.

Станы для толстаго листового желѣза обыкновенно съ 2, но есть съ 3 валами одинъ надъ другимъ, изъ которыхъ средній въ неподвижныхъ подшипникахъ.

10. Универсальные прокатные станы устанавливаются отдѣльно или въ связи съ другими валами для крупн. сортовъ. Диаметръ горизонт. валовъ 0,50—0,60; для полосов. желѣза шир: 0,40—0,50. Диаметръ вертикал. валовъ $\frac{2}{3}$ диаметра горизонтальныхъ. Если вертикальные валы находятся позади главныхъ валовъ, то первые получаютъ скорость на окружности въ 1,5 раза большую скорости главныхъ валовъ; если же верт. валы находятся передъ главными, то скорость на окружности $\approx$ около $\frac{3}{4}$ скорости главныхъ.

Вертик. валы обыкновенно двигаются сверху помощью коническихъ колесъ посредствомъ вала получающаго свое движеніе посредствомъ зубчат. колесъ отъ шестеренъ или же посредствомъ колесъ придѣланныхъ сбоку наружной стойки вала и движимыхъ нижнимъ валомъ. Послѣдній въ такомъ случаѣ долженъ быть такъ устроенъ чтобы онъ не могъ подняться. Колеса изъ литой стали слѣдуетъ присовѣтовать въ обоихъ случаяхъ.

11) Фундаменты для прокатныхъ становъ.

Дѣлаются лучше всего кирпичные, сверху обложенные песчаниковыми камнями; послѣдніе могутъ быть толщ.: 0,50 до 0,60. Гдѣ нельзя достать хорошаго крѣпкаго песчаника, употребляется для обложки дубовое дерево, для мелкосортныхъ становъ толщ. 0,25, а также 0,30 и толще для крупносортныхъ вальцевъ.

Глубину и толщ. стѣнъ фундамента, считая отъ верхняго края до анкерныхъ плитъ (или анкерныхъ шпонокъ) можно считать:

для провол.-прокат. стан.	глуб. 1,60	толщ. 0,75	кан. шир. 0,55
„ мелко-сортныхъ „ „	1,80	„ 0,80	„ 0,65
„ среднихъ „ „	2,0—2,25	„ 0,85—0,90	„ 0,65—0,70
„ обжимн. (милбарсовыхъ) „	2,75	„ 0,95	„ 0,70
„ крупн. и рельс. „	2,75—3,0	„ 1,05—1,10	
„ листо-прокатныхъ „	3,00	„ 1,10—1,75.	

Толщина 1,75 относится къ станамъ для тяжелаго листового желѣза.

12) Детали прокатныхъ становъ.

Для станинъ (фиг. 12) среднихъ и крупносортныхъ становъ, при диаметрѣ D вальцевъ въ мм.:

$$a=b=\frac{1}{2}D \text{ или } a \times b = \frac{1}{4}D^2 \text{ и } b=1,2a; a=0,46D$$

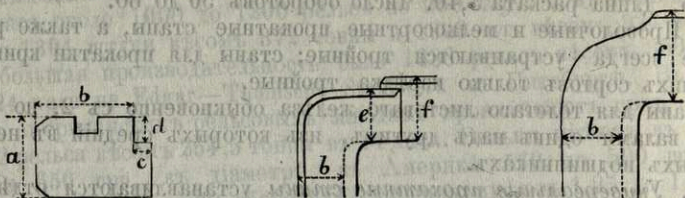
$$c=3\sqrt{D} \text{ и } d=5+c; \text{ но если } D \text{ великъ, то } 15+c.$$

Для провол. прок. ст. $a \times b = 0,30D^2$, и обыкнов. $b=1,2a; a=0,5D$

„ тонк. листов. „ $a \times b = 0,28D^2$, $a=b$ или $b=1,2a; a=0,48D$

„ котельн. жел. „ $a \times b = 0,28D^2$. $a=b$ „ $b=1,2a; a=0,48D$

При тройных валах для листового желѣза, попер. сѣченіе на высоту среднего вала $a \times b = 0,32 D^2$, вверху и внизу $= 0,28 D^2$.



Фигуры 12, 13 и 14.

Въ станахъ для брус. ж. и проволоки, голова станинъ по (ф. 13).

$$e = b + 40 \text{ до } + 50$$

$$f = 1,40 \text{ до } 1,45 b.$$

для крупносортныхъ валовъ $1,3b$ и въ станинахъ для прокатки листового желѣза по (фиг. 14) $f = 1,45b$ для тонкаго листового $f = 1,50b$ для крупныхъ сортовъ.

Диаметръ нажимныхъ винтовъ въ головахъ станинъ

для проволочныхъ валовъ. $d = 60 \text{ mm.}$

" мелко-сортныхъ " $= 85 \text{ "}$

" мильбарсовыхъ (средн.) " $= 120 \text{ "}$

" валовъ діам. $D = 370-400$ " $= 100-105 \text{ mm.}$

" " " $= 450$ " $= 120 \text{ mm.}$

" " " $= 500$ " $= 125 \text{ "}$

" " " $= 630$ " $= 155-160 \text{ mm.}$

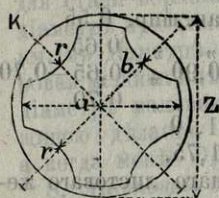
" " " $= 760$ " $= 210 \text{ mm.}$

" прокат. тонк. листов. ж. . . " $= 160 \text{ "}$

" " " толстаго " $= 190-210 \text{ mm.}$

" " " тоже при $D = 815$ " $= 254 \text{ mm.}$

Подъемъ (или ходъ наръзки) приблизительно $0,11d + 10$. Для прокатки крупносортнаго желѣза и листового рекомендуется трехгранная трапецеобразная рѣзба



Фиг. 51.

Шейки валовъ Z (фиг. 15) для

прокатки полосаго жел. $= 0,58 D$

" проволоки $= 0,60 D$

" тонк. лист. ж. $= 0,625 D$ или $\frac{5}{8} D$

" толст. лист. ж. $= 0,65 D$

" крупн. ж. ст. р. $= 0,54-0,55 D$

Въ соединит. шипахъ или квадратахъ для крупныхъ и мелкихъ валовъ $a = 0,95z$, $b = \frac{2}{3}a + 5$, для проволочныхъ и листовыхъ валовъ

$$a = 0,90z \quad b = \frac{2}{3}a + 5$$

Радіусъ r для крупн. жел. и листов. желѣза $r = 0,3a$

" " " мелкаго желѣза и проволоки $r = \frac{1}{3}a$

Длина соедин. шиповъ (квадр.) для брус. жел. и проволоки $l = 0,5z + 45$

" тонк. листов. желѣза $= 0,45z + 45$

" толстаго $= \frac{3}{8}z + 45$

Соед. валы (фальши) діам. $= 0,58z$, для мелкосортныхъ и проволочныхъ становъ такого же попер. сѣченія, какъ и квадраты.

Соединит. валы для зацепной муфты лучше всего изъ литой стали и въ шейкѣ $=3/4$, для листовыхъ валовъ $2/3$, для проволочныхъ 0,8. Если l длина и t шагъ зубцовъ шестерень, то въ мм. можно принимать:

для проволочныхъ валовъ.	$l=400$	$t=75-80$
" мелк. желѣз. $D=0,26-0,30$.	$=260-300$	$=68-72$
" $D=0,37-0,40$	$=350$	$=85-90$
" брусков. желѣза ($D=0,45-0,55$)	$=400-470$	$=100-130$
" тонкаго листов.	$=350-400$	$=100-110$
" толстаго	$=450-470$	$=130-140$
" тоже если $D=0,815$	$=600$	$=210$
" крупн. " $=0,78$	$=630$	$=150-155$
" рельсов. " $=0,65$	$=500-600$	$=150-155$

толщина зубцовъ $=0,47t$ высота зуба $=0,6$ до $0,63 t$.

Шестерни изъ литой стали самыя лучшія и при своей прочности дешевле другихъ.

13) Калибровка вальцевъ.

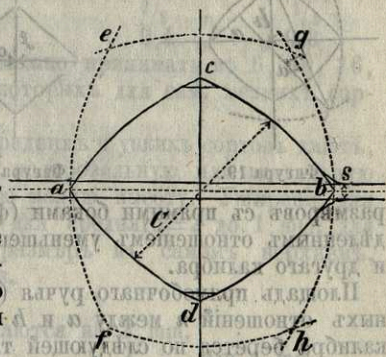
Валы для прокатки крицъ. Для тянущихъ калибровъ берутъ (фиг. 16) начиная отъ самыхъ большихъ $cd:ab=5:6, 6:7$ и $7:8$ и даютъ слѣдующему за первымъ ширину равную высотѣ предыдущаго + 2 до 3 мм. расширенія, котораго нѣтъ при отношеніи $6:7$ и $7:8$. Отношеніе $7:8$ именно употребляется для крицъ на проволоку и болѣею частью вплоть до конца.

Самый большой калибръ строится для $C=0,13-0,15$.

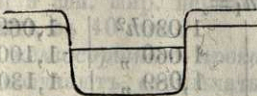
Для построенія дугообразныхъ стрѣльчатыхъ калибровъ по фиг. 16 описывается изъ a, b, c и d дуги: радиусомъ $b=ab$, пересѣченія такъ полученныхъ круговъ gh, fg и ch въ точкахъ cf, gh составляютъ центры кривыхъ bd, cb, ad и ac калибра. Въ c и d снимаютъ часть калибра въ a и b округляютъ его не много. Иногда даютъ калибрамъ прямые края ac, bc и ad , особенно меньшимъ при $C=60-50$ и ниже этого и вычерчиваютъ меньшіе калибры съ отношеніемъ $h:b=7:8$.

Зазоръ между валовъ $s=5-7$ мм, смотря по ихъ диаметру. Разница въ диаметрѣ нижн. и верхняго вала $=5-7$ мм. если $D=0,40$ до $0,55$.

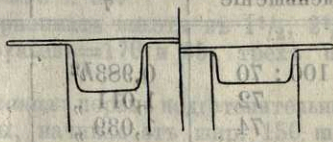
Плоскіе ручьи отдѣлочныхъ валовъ зацѣпляются согласно фиг. 17 или фиг. 18. Зазоръ между валами въ перв. случаѣ $=5-7$ мм. въ послѣднемъ 1,5 мм.



Фигура 16.



Фигура 17.



Фигура 18.

Последніе или отдѣлочн. калибры обыкновенно высотой 20 мм иногда и 16 мм.; ширина ихъ большею частью 65, 80, 100 и 130

Какъ постепенность для высотъ плоскихъ калибровъ можно при

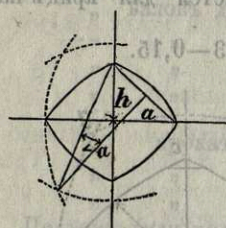
нимать:

	20	28	40	60	85 mm
Уменьшеніе	29	30	33	30%	
Давленіе	8	12	20	25 mm.	
	16	22	32	48	68 mm.
Уменьшеніе	27	31	33	30%	
Давленіе	6	10	16	22 mm.	

Ширина самого высокаго плоскаго калибра на 5—7 мм. болѣе принадлежащаго къ нему стрѣльчататаго калибра; слѣдующее затѣмъ расширение=0, дальнѣйшія для остальныхъ калибровъ=2—3 мм.

Для очень широкихъ полосъ предъ самимъ высокимъ плоскимъ ручьемъ можно помѣстить овальный, ширина котораго приблизительно=2 раза его высоты. Что касается площади и построения овальныхъ ручьевъ то ниже можно найти необходимое.

Пудлинговая сталь, въ стрѣльчатыхъ вытягивающихъ ручьяхъ рвется слишкомъ много на ребрахъ и прокатывается лучше въ калибрахъ, которые сжимаютъ полосу попеременно то плоско, то на квадратъ.



Фигура 19.



Фигура 20.

размѣровъ съ прямыми боками (фиг. 20) размѣровъ h_1 и a_1 съ определеннымъ отношеніемъ уменьшенія, требуется знать площадь того и другаго калибра.

Площадь прямобочнаго ручья (фиг. 20)= $2 a_1 h_1$; для обыкновенныхъ отношеній n между a и h ($a=nh$) площадь F стрѣльчататаго калибра берется по слѣдующей таблицѣ изъ

$$F=h^2[2n+0,279n^2\alpha^0-\sqrt{(1+n)^2(15n^2-1)}] \text{ и } \sin \alpha=\frac{1}{4n}\sqrt{1+n^2}$$

$$F=2,807h^2 \quad 2,866h^2 \quad 2,943h^2 \quad 3,055h^2$$

Уменьшеніе	$\frac{8}{7}$	$\frac{7}{6}$	$\frac{6}{5}$	$\frac{5}{4}$
100 : 70	0,983 h^2	1,002 h^2	1,030 h^2	1,069 h^2
72	1,011 "	1,031 "	1,060 "	1,100 "
74	1,039 "	1,060 "	1,089 "	1,130 "
75	1,053 "	1,074 "	1,104 "	1,146 "

$a_1 h_1=$

Для $d=11-16$ мм. $b=1\frac{3}{4}h$, $F=1,24h^2$, $h=0,83c$ или $h=0,83d$ и для $d=5-10$ мм. $h=\frac{3}{4}d$, $r=1\frac{1}{3}h$, $F=1,451h^2$ по конструкции видной из фиг. 22. Отсюда следует $b=2,0813h$, уменьшение от квадрата к овалу $=100:82$ и от него к круту $=100:96$.

Станы для прокат. проволоки ныне устраиваются большею частью с 7, но также с 6 парами валовъ въ отдѣлочномъ прокатномъ стану и съ отдѣльно отъ него уставленными подговит. валами, чтобы они могли принимать куски толщ. до 65 мм. или даже 70 мм.; обыкновенные же куски имѣютъ толщ. только 49—52.

Въ фиг. 23 обозначенъ проходъ желѣза изъ кусковъ толщ. 52 мм. въ 6 станкахъ на проволоку въ 5,5 мм., а на фиг. 24 на проволоку въ $5\frac{1}{2}$ и 5 мм. въ 7 станкахъ изъ кусковъ въ 65 мм. толщиной.

Для проволоки въ 7 мм. и менѣе дѣлается для полировочныхъ оваловъ, которые предшествуютъ круглымъ и отдѣлочн. калибрамъ, обыкновенно $b=2,41h$, радиусъ r дугъ овала $=1,7h$ и площадь овала $F=1,66h^2$. Дѣлаютъ также $b=2,5h$ и тогда $F=1,72h^2$, $r=1,81h$.

Наибольшіе полировочные овалы для $d=8-9$ мм. получаютъ $b=2,08h$ и болѣе этого $b=1,8h$.

Послѣ полировочныхъ оваловъ слѣдуютъ, увеличиваясь, по перемѣнно квадратные и овальные ручки, такъ называемые танущіе овалы, для которыхъ при хорошемъ матеріалѣ обыкновенно берется $b=3h$, $F=2,0556h^2$.

При этомъ отношеніи берется для танущихъ ручьевъ для перехода отъ квадрата съ стороною с въ слѣдующій затѣмъ меньшій овалъ высотой h при уменьшеніи въ

$$100:66\frac{2}{3} \dots h=0,57c \quad 100:80 \dots h=0,63c$$

$$" \quad 70 \dots " = 0,58" \quad " \quad 82 \dots " = 0,64"$$

$$" \quad 75 \dots " = 0,61" \quad " \quad 85 \dots " = 0,65"$$

При переходѣ отъ овала въ слѣдующ. затѣмъ меньшій квадр. для

$$100:66\frac{2}{3} \dots c=1,165h \quad 100:80 \dots c=1,27h$$

$$" \quad 70 \dots " = 1,2" \quad " \quad 85 \dots " = 1,32"$$

$$" \quad 75 \dots " = 1,24"$$

отъ квадрата с въ слѣдующій овалъ побольше для

$$100:66\frac{2}{3} \dots h=0,86c \quad 100:80 \dots h=0,78c$$

$$" \quad 70 \dots " = 0,84" \quad " \quad 85 \dots " = 0,67"$$

$$" \quad 7 \dots " = 0,81"$$

отъ овала въ слѣдующ. квадр. побольше для

$$100:66\frac{2}{3} \dots c=1,75h \quad 100:75 \dots c=1,65h$$

$$" \quad 70 \dots " = 1,70" \quad " \quad 80 \dots " = 1,60"$$

Для полировочныхъ оваловъ, если $b=2,41h$ и уменьшение $100:82\dots h=0,7d$ и для $b=2,5h$ $h=0,69d$.

При овалахъ съ $b=2,08h$ дѣлается $h=0,75d$ и для $b=1,8h$ дѣлается $h=0,8d$.

При кускахъ въ 50 до 52 мм. и при 6 парахъ станковъ съ отдѣлочными валами можно дѣлать калибры подготовит. вала:

к.	к.	к.	о.	q.	о.	q.
70	57	42	$15\frac{2}{3}$	$18\frac{1}{4}$	10,5	12,5
$\frac{47}{47}$	38	36	$\frac{47}{47}$		32,5	

уменьшение = 34 30 33,8 $33\frac{1}{3}$ $32\frac{1}{3}$ 30,50/0

гдѣ k діагонали сплюснутыхъ, остроугольныхъ, q стороны квадрата, ручьевъ o высоты и широты овальныхъ калибровъ.

Для 6 паръ валовъ главнаго стана и прокатки по фиг. 23 проволоку въ 5,5 мм. при уменьшеніи въ 30% отъ послѣдняго калибра подговит. валовъ калибры отдѣлчн. валовъ суть слѣдующіе:

o .	q .	o .	q .	o .	q .	o .	круглый
7,25	9	5,5	7	$4\frac{1}{3}$	5,5	3,8	5,5
21,75		16,5		13		9,5	
уменьшеніе = 25 24 20 22 21 15 3,5							

Проволоку въ 5 мм. можно на новыхъ валахъ изготовить также (какъ и проволоку въ 5,5 мм) съ 15 пропусковъ при немного большихъ уменьшеніяхъ; иначе требуется 17 калибровъ и оборотные пропуска въ двухъ первыхъ станкахъ.

При 7 парахъ валовъ главн. стана, можно дать подговит. валамъ слѣдующіе ручки

k .	k .	k .	q .	o .	q .	o .	q .	o .
70	60	47	45	20	$23\frac{5}{3}$	$13\frac{1}{3}$	15,5	9
95	81	70	54	60		40		27
уменьшеніе = 26 33,1 26,1 33 33,1 33,5 $33\frac{1}{3}$ $30\frac{1}{10}$								

Для болванки въ 49—52 мм. употребляютъ тогда послѣдніе 7 калибровъ, для болванки въ 65 мм. и толще первые семь и прокатываютъ въ первомъ случаѣ по фиг. 23 съ 2 оборотными пропусками, въ послѣднемъ по фиг. 24. Чтобы обѣ прокатки были возможны, главный станъ получаетъ оба послѣдніе калибра подготовит. валовъ, а для проволоки въ 5 мм. кромѣ того еще слѣдующіе (первое уменьшеніе $26\frac{2}{3}\%$):

q .	o .	q .	o .	q .	o .	q .	o .	круглый.
11	6,5	8	4,9	$6\frac{1}{4}$	3,9	5	3,5	5
	19,5		14,7		11,7		8,5	
уменьшеніе 28,5 25,5 $23\frac{2}{3}$ 20 $20\frac{3}{4}$ $19\frac{1}{4}$ 18,6 3,5								

Подобнымъ же образомъ рассчитываются калибры для прочихъ толщинъ проволокъ и располагаются на соответствующихъ вальцахъ.

Для мягкаго желѣза качествомъ по хуже употребляется для тянушихъ оваловъ лучше отношеніе 2,5 до 2,8 взаменъ 3 и при уменьшеніи калибровъ не идутъ болѣе 30%.

Полукруглую проволоку изготовляютъ съ слѣдующими квадратами ручьями и полировочными овалами (какъ подготовительные ручки).

Полу- круглое.	7	$7\frac{1}{2}$ и 8	$8\frac{1}{2}$ и 9	$9\frac{1}{2}$ и 10	$10\frac{1}{2}$ и 11	$11\frac{1}{2}$ и 12	$12\frac{1}{2}$ и 13	$13\frac{1}{2}$ и 14
q	5,5	6	7	8	9	10	11	12,5
o	4,2	4,2	4,6	6	6,75	8	8,8	9,6
	10,12	10,5	11,9	12,5	14,04	14,4	15,84	17,28

Гладкій валъ лежитъ сверху и долженъ быть около 6 мм. тоньше нижняго калибернаго вала.

Плоская проволока толщ. d и шир. b прокатывается въ случаѣ $d < 4$ мм. въ квадратныхъ ручьяхъ, сторона которыхъ почти

$\frac{1}{2}(b+d)$; въ случаѣ $d > 4$ мм. въ ручьяхъ въ $\frac{1}{2}(b+d)$. Сорта по толще раскатываются прямо изъ квадратныхъ; сорта по тоньше продать кромѣ того принадлежащій къ послѣднему полировочный овалъ.

Съ помощью слѣдующихъ таблицъ можно легко перечислять вполнѣ квадратные ручки со стороною c въ плющенные съ діагоналями b_1 и h_1 .

$\frac{b_1}{h_1} = 1,40$	$h_1 = 1,20$ с.	$b_1 = 1,67$ с.	$\frac{b_1}{h_1} = \frac{100}{85}$	$h_1 = 1,30$ с.	$b_1 = 1,53$ с.
" = 1,37	" = 1,20 "	" = 1,64 "	" = $\frac{7}{6}$	" = 1,31 "	" = 1,53 "
" = 1,33	" = 1,23 "	" = 1,63 "	" = $\frac{8}{7}$	" = 1,32 "	" = 1,51 "
" = 1,20	" = 1,29 "	" = 1,55 "	" = $\frac{10}{9}$	" = 1,34 "	" = 1,50 "

Съ предыдущими отношеніями между b_1 и h_1 дѣлаются и подго-товит. ручки для квадратнаго желѣза.

Таблица площади F и радіусовъ r встрѣчаемыхъ въ практикѣ овальныхъ калибровъ валовъ для мелкосортнаго желѣза и проволоки.

$\frac{b}{h}$	$\frac{r}{h}$	$\frac{F}{h^2}$	$\frac{b}{h}$	$\frac{r}{h}$	$\frac{F}{h^2}$
$1\frac{2}{3}$	0,9445	1,1870	2,35	1,6300	1,6230
1,70	0,9730	1,2083	2,40	1,6900	1,6553
1,75	1,0156	1,2400	2,414	1,7069	1,6625
1,80	1,0600	1,2714	2,44	1,7425	1,6792
2,081	1,3333	1,4512	2,50	1,8125	1,7185
2,18	1,4375	1,5146	2,75	2,1400	1,8800
2,25	1,5156	1,5585	2,85	2,2800	1,9400
2,30	1,5725	1,5967	3,00	2,5000	2,0356

Калибры для всѣхъ сортовъ круглаго желѣза, начинаются боль-шею частью съ 20 мм. и увеличиваются: до 30 мм. каждый разъ на 1 мм.

отъ 30 " 80 " " " " 2 "

болѣе 80 " " " " " 5 "

Зазоръ валовъ для крупнаго желѣза=

3 мм.

Зазоръ валовъ для средняго желѣза=

2—11½ мм.

Зазоръ валовъ для тонкаго желѣза =

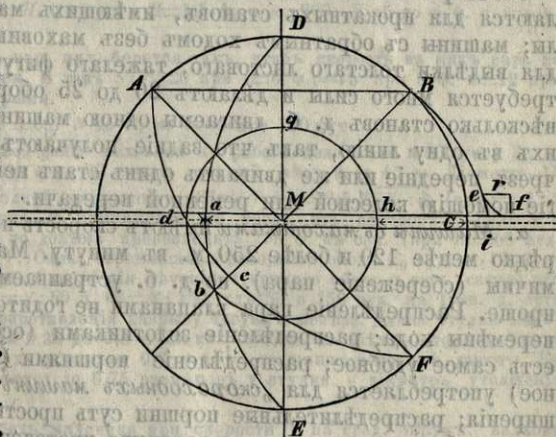
1—¾ мм.

Тотъ же зазоръ и для квадратнаго желѣза.

Самое простое по-строение калибровъ слѣдующее (фиг. 25).

$DE = AF$ діа-метръ калибра, уголъ $AMB = 90^\circ$.

$DabE$ дуга съ радіусомъ CD изъ C .



Фигура 25.

ня, а при скорости поршня большей 180 м. въ минуту и 120 оборотахъ до $\frac{1}{12}$; при скорости менѣе 120 м. въ минуту и 120 оборотахъ до $\frac{1}{20}$.

Валь маховика строится б. ч. нѣсколько толще, чѣмъ обыкновенно; хорошо дѣлать для маховика восьмигранное утолщеніе. Направляющіе всегда съ башмаками.

β. Машины съ обратнымъ ходомъ или реверсивныя. Онѣ сложнѣе и занимаютъ больше мѣста, чѣмъ машины съ маховиками. Онѣ подвержены всѣмъ ударамъ; по этому нужно обратить особенное вниманіе на паровой поршень и на его укрѣпленіе на стержнѣ. Размѣры выбираются такъ, чтобы наибольшее давленіе пара вызывало напряженіе матеріала въ $\frac{1}{4}$ до $\frac{1}{3}$ предѣла упругости. Распределеніе золотниками или поршнями съ кулисою Стефенсона или Аллана. Если вальцы имѣютъ небольшое число оборотовъ (особенно при прокаткѣ листового желѣза) то рекомендуется—между машиною и станомъ вставлять зубчатую передачу съ отношеніемъ 2 : 3 или 1 : 3. При двухъцилиндровыхъ машинахъ охотно располагаютъ (для избѣжанія двойного колѣнчатого вала) оси цилиндровъ наклонно подъ 90° (либо обѣ подъ 45° къ горизонту) или одна вертикал., другая горизонт.); тогда шатуны хватаются за одинъ и тотъ же палецъ кривошипа. Предъускореніе впуска на 0,01 хода; сжатіе при 0,1 хода предъ концомъ его. Линейное предъускореніе = $\frac{1}{6}$ до ширины канала.

По Тимъ сила двигателя при трехъ вальковыхъ машинахъ съ маховикомъ д. б. въ 1,25 раза болѣе, а при машинахъ безъ маховика въ 2,5 до 3 разъ болѣе, нежели при двухъ вальковыхъ машинахъ съ маховикомъ.

Примѣръ. Опредѣлить силу пар. машины безъ маховика для прокатки крупнаго корабельнаго желѣза? На основаніи таблицы машина съ маховикомъ должна имѣть силу до 300 лш.

Въ отсутствіи маховика она д. б. $300 \cdot 2,5 = 750$ до $3,5 \cdot 300 = 1015$ п. л. При двухъ цилиндрахъ діаметръ каждаго опредѣлится изъ формулы: $N = 0,00074 D^2 H n$. Положивъ $n = 45$, $H = 1,5$ получимъ $D = 121680$ и $D = 49$ д. При 3,5 атм. въ котлахъ. При упругости пара въ 5 атм. Этотъ діаметръ м. б. уменьшенъ до $49 \sqrt{2,5 : 4}$.

Крайніе предѣлы для H и n суть: $H = 1,5$ ф. и $n = 200$; $H = 5$ до 6 ф. и $n = 40$, при чемъ $\phi = 6$ до 10 ф.

Сѣченіе каналовъ въ пар. цил. берется такъ, чтобы скорость въ нихъ пара не превышала 120 ф. въ 1 сек. И такъ $S : \phi = 20$ при $\phi = 6$ ф.; $= 15$ при 8 ф. и $= 12$ при 10 ф. скорости паров. поршня.

Скорость ремня въ $\phi = 0,5 N$ до N , но не болѣе 100 фут.

Отношеніе полной живой силы маховика къ работѣ двигателя по Гаюеру 30 до 70, по Тиме 50. Всѣхъ обода 6 до 30 тоннъ, полный всѣхъ 9 до 45 т. Діаметръ 15 до 30 ф. Скорость на средней окружности. (Изъ $V \text{ ф.} = 12,5 \sqrt{g \delta} : \delta$ (гдѣ $\delta = 12,5$ пуд. въсѣ 1 куб. ф. чугуна, H напряженіе въ ободѣ отъ центробѣж. силы и g ускореніе силы тяжести) не должна превосходить 135 ф. въ сек. (при $H = 50$ пуд. на кв. л.) Далѣе $n D = 20$ ф. Сила, стремящаяся разорвать ободъ $F_0 \text{ пуд.} = \frac{V^2 : \pi}{D}$ гдѣ G пуд., V и D въ фут. Слабѣйшія сѣченія чугунаго обода и жел. связей для соединенія косаковъ $H = F : 50$ и $H = F : 150$, гдѣ 50 и 150 пуд. на 1 кв. д. суть коэффиціенты прочнаго сопротивленія разрыву чугуна и желѣза. Длина втулки маховика 2 д. 2,5 д., толщина 0,33 до 0,5 д. Желѣз. кольца съ обѣихъ сторонъ. Число ручекъ 6 до 10. Высота ихъ у втулки 0,8 д. до ϕ , толщина—половинѣ высоты. Къ окружности ручки утоняются до 0,75 размѣровъ у втулки. d діаметръ утолщенія вала въ маховикѣ.

Въ прок. машинахъ безъ маховика при скорости V на сред. окруж. вальковъ наиб. напряженіе по окружности вальковъ будетъ $F \text{ пуд.} = 15 \frac{V}{r} \text{ ф.}$ Если r радиусъ вальковъ F_0 будетъ наиб. скручив. моментъ частей стана. Въ прок. машин. съ маховикомъ при наиб. силѣ машины $= N \text{ тш.}$ совокупное дѣйствіе маховика и дви-

жителя во время прокатки—2,5 до 3 N и наиб. скруч. моментъ будетъ $Fr = 45N \text{ max}$.
Зависимость между верт. усиленіемъ, перпендикулярнымъ къ оси валковъ, и наиб.
напряженіемъ F по направлению прокатки $F_1 = F \cdot 2f$, гдѣ f коэф. тренія; для прок.
становъ $f=0,2$ и $F_1=2,5 F$.

Напряженія въ частяхъ стана для котельнаго и судового желѣза по Тиле.
Станъ приводится въ движеніе турбиною въ 100 силъ.

1. Для момента скручиванія валковъ діаметромъ $d=21''$ имѣемъ

$$0,4 \frac{F}{2} d = \frac{\pi d^3}{16} R_1$$

гдѣ $R_1=1180$ пуд. полный коэффициентъ скручиванію чугуна, F_0 —то наибольшее
давленіе во время прокатки, при коемъ произойдетъ изломъ валковъ. Изъ формулы

$$F_0 = \frac{3,14 \cdot 21^3 \cdot 2}{0,4 \cdot 16} \cdot 1180 = 510586 \text{ пуд.}$$

2. Моментъ излома валковъ

$$\frac{\pi d^3}{32} \cdot R = \frac{F_0 l}{8} \text{ и } F_0 = \frac{\pi d^3}{32} \cdot 8 \frac{R}{l}$$

гдѣ $R=1181$ пуд. полный коэф. излomu чугуна, $l=49''$ длина валковъ и

$$F_0 = \frac{3,14 \cdot 9261}{4 \cdot 49} \cdot 1181 = 148.1181 = 174640 \text{ пуд.}$$

г. е. сопротивленіе валовъ скручиванію въ 3 раза болѣе сопротивленія ихъ излomu
слѣд. скручиваніе валовъ невозможно.

3. Моментъ скручиванія шеекъ валовъ діаметромъ $13''$

$$0,4 \frac{F_0}{2} \cdot 13 = \frac{3,14 \cdot (13)^3}{16} \cdot 1181 \text{ и } F_0 = 194700 \text{ пуд.}$$

4. Моментъ излома шеекъ валовъ, длиною $13''$.

$$\frac{3,14 (13)^3}{32} \cdot 1180 = \frac{F_0 \cdot 13}{4} \text{ и } F_0 = 77880 \text{ пуд.}$$

слѣдов. изломъ шеекъ возможенъ скорѣе, чѣмъ ихъ скручиваніе.

5. Моментъ скручиванія муфтъ при $d_1=$ и $d_2=$

$$\frac{\pi (d_1^4 - d_2^4)}{16 d_1} R_1 = 0,4 F_0 \frac{d}{2}. \text{ Откуда } F_0 = \frac{3,14 (d_1^4 - d_2^4) \cdot 1180}{0,4 \cdot 21 \cdot 8 \cdot d_1}$$

5-бис. Сопротивленіе муфтъ разрыву; толщина муфтъ—2'', длина 15''. Полное
сопротивленіе чугуна разрыву среднее 500 пуд. Напряженіе дѣйствующее по окру-
жности муфтъ будетъ $0,4 F_0 \frac{\text{діаметръ валовъ}}{\text{діаметръ муфты}}$ и оно—2,500×длина муфты×толщина
тѣла ея.

$$0,4 F_0 \cdot \frac{21}{15} = 2.500 \cdot 28,5; F_0 = 50900$$

6. Моментъ скручиванія соединительныхъ стержней (или фальшь) діаметромъ
 $d_3=10''$.

$$\frac{3,14 (10)^3}{16} \cdot 1181 = 0,4 F_0 \frac{21}{2}; F_0 = \frac{3,14 \cdot 1000 \cdot 1180}{8 \cdot 0,4 \cdot 21} = 55300$$

$$\frac{3,14 (8)^3}{16} \cdot 1181 = 0,4 F_0 \frac{21}{2}; F_0 = 28119 \text{ пуд.}$$

7. Моментъ излома зубцовъ, имѣющихъ длину $l=2 \frac{3''}{4}$, толщину $e=2 \frac{3''}{8}$ (при
шагѣ зачѣпленія $4 \frac{1''}{2}$) и ширину $b=2$ ф.

$$\frac{b e^2}{6} \cdot R = 0,4 F_0 \frac{d}{D} \cdot 1, \frac{24 (2,375)^2 \cdot 21,5}{6 \cdot 0,4 \cdot 21 \cdot 2,37} = F_0 = 24000 \text{ пуд.}$$

гдѣ D діаметръ шестеренъ. Число зубцовъ—15.

8. Діаметръ винтовъ 5 g. Полный коэфф. сжатія желѣза на 1 кв. д. можно
принять 1000 пуд. И.

$$\frac{\pi \cdot 5^3}{4} \cdot 1000 = \frac{F_0}{2} \text{ и } F_0 = 19,63,2000 = 39260,00 \text{ пуд.}$$

9. Сопротивление станинъ. Сѣченіе каждой ноги станинъ $13,5 \times 12,5 + 3,5 \cdot 8 = 196,75$ кв. д.

$$196,75 \times 2 \times 500 = \frac{F_0}{2}; F_0 = 393500 \text{ пуд.}$$

Въ присутствіи маховика турбила будетъ развивать силу $100 \cdot 2,5 = 250$ паров. лошадей до 325. Этой работѣ соотв. сила прокатки X до 750 пуд. и давленіе на валки $T_0 = \frac{X}{0,4} = 1875$ пудов.

Слѣдовательно:

1. Наибольшую прочность представляютъ станины, ибо ихъ сопротивленіе въ 200 разъ больше дѣйствительнаго давленія во время прокатки:

$$2. \text{Сопротивленіе шеекъ валовъ скручиванію } \frac{194700}{1875} = 104.$$

$$3. \text{ " " " излому } \frac{77880}{1875} = 41.$$

$$4. \text{ " " винтовъ жатію } \frac{39260}{1875} = \text{почти } 21. \text{ (по Тиме)} \text{ д. б. до } 35$$

$$5. \text{ " " муфты разрыву } = \frac{50900}{1875} = \text{почти } 27.$$

$$6. \text{ " " зубцовъ излому } = \frac{24000}{1875} = 13,4.$$

$$7. \text{ " " фальшь скручиванію } = \frac{55300}{1875} = \text{почти } 30.$$

Машины для желѣзнаго производства рассчитываются (по Редтенбахеру) по общимъ формуламъ прикладной механики, увеличивая діаметры валовъ въ 1,5 разъ, и опредѣляя размѣры остальныхъ частей машины по соотношеніямъ для построенія частей машинъ. Формы послѣднихъ д. б. массивныя.

XVI. Желѣзныя дороги.

Постановленія о предѣлахъ размѣровъ подвижнаго состава и приближенія строеній къ путямъ желѣзныхъ дорогъ.

1) Ширина пути между внутренними гранями рельсовъ (въ свѣту) = 0,714 саж. = 5 фут.

2) Разстояніе между путями, считая между вѣшними гранями рельсовъ (въ свѣту), на пути = 1 саж. = 7 фут., а на станціяхъ не менѣе 1,5 саж. = 10,5 фут.

3) Наибольшая ширина подвижнаго состава, на высотѣ отъ уровня рельсовъ:

отъ 0,06 саж. =	5 дм. до 0,18 саж. =	15 дм. .	1,12 саж. =	7,84 фут.
„ 0,8 „ =	15 „ „ 0,30 „ =	2,1 фут. .	1,60 „ =	11,2 „
„ 0,30 „ =	2,1 фут. „ 0,60 „ =	4,2 „ .	1,48 „ =	10,4 „
„ 0,60 „ =	4,2 „ „ 1,80 „ =	12,6 „ .	1,60 „ =	11,2 „
„ 1,90 „ =	13,3 „ „ 2,40 „ =	16,8 „ .	0,70 „ =	59 дм.
„ 2,46 „ =	17,22 „		0,38 „ =	32 „

Примѣчаніе. а) Показанные предѣлы высоты не должны быть переходимы, какъ въ порожнемъ состояніи подвижнаго состава, такъ и при наибольшей нагрузкѣ.

Примѣчаніе. б) На дороги, построенныя до 1860 г., гдѣ разстояніе между путями только 0,857 саж. = 6 фут., можетъ переходить только такой подвижной составъ, котораго наибольшая ширина нигдѣ не превосходитъ въ кузовѣ 1,50 саж. = 10½ фут., со включеніемъ боковыхъ фонарей и карнизовъ, а на высотѣ до 0,60 саж. = 4,2 фут., только 1,4 саж. = 9,8 фут., со включеніемъ ступенекъ.

4) Разстояніе между внутренними гранями колесъ = 1,434 метровъ = 4 фут. 8⅞ дюйм.

5) Наименьшее возвышеніе паровозныхъ зольниковъ и другихъ частей подвижнаго состава надъ уровнемъ рельсовъ = 0,06 саж. = 5 дм.

6) Наибольшая высота вагоновъ у краевъ надъ уровнемъ рельсовъ 1,8 саж. = 12,6 фут.

7) Наибольшая высота дымовыхъ трубъ паровозовъ надъ уровнемъ рельсовъ = 2,46 саж. = 17,22 фут.

8) Горизонтальное разстояніе между центрами буфферовъ = 0,835 саж. = 5,845 фут.

9) Высота центровъ буфферовъ надъ уровнемъ рельсовъ, въ порожнемъ подвижномъ составѣ, = 0,48 саж. = 3,36 фут.

10) Наименьшій діаметръ буфферныхъ подушекъ = 0,15 сажени = 12½ дм.

11) Наименьшая ширина обода колесъ подвижнаго состава = 0,06 саж. = 5 дм.

12) Наибольшая высота платформъ на станціяхъ надъ уровнемъ рельсовъ:

Пассажирскихъ высокихъ 0,43 саж. = 3 фут.

„ „ низкихъ или дорожекъ 0,125 „ = 10½ дм.

Товарныхъ 0,50 „ = 3½ фут.

13) Наименьшее разстояніе отвѣсной, обращенной къ пути, грани тѣхъ же платформъ, отъ внутренней грани крайняго рельса.

На высотѣ отъ уровня рельсовъ,

до 0,125 саж. = $10\frac{1}{2}$ дм. . 0,30 саж. = 2,1 ф.
отъ 0,125 саж. = $10\frac{1}{2}$ дм. „ 0,35 „ = 2,45 „ . 0,50 „ = 3,5 —
„ 0,35 „ = 2,45 фут. „ 0,43 „ = 3 „ . 0,43 „ = 3 „

что составляетъ отъ середины пути, на высотѣ,

до 0,125 саж. = $\frac{1}{2}$ дм. . 0,657 саж. = 4,6 ф.
отъ 0,125 саж. = $10\frac{1}{2}$ дм. „ 0,35 „ = 2,45 „ . 0,857 „ = 6 „
„ 0,35 „ = 2,45 фут. „ 0,43 „ = 3 „ . 0,787 „ = 5,5 „

14) Наименьшее разстояніе отъ середины пути: стѣнъ строеній при путяхъ, внутреннихъ граней фермъ мостовъ, возвышающихся надъ уровнемъ путей, перилъ, парапетовъ мостовъ, стѣнъ тоннелей, устоевъ арокъ и портиковъ при вѣздахъ на мосты и другихъ строеній, на высотѣ надъ уровнемъ рельсовъ:

до 0,125 с. = $10\frac{1}{2}$ дм. . 0,657 саж. = 4,6 ф.
отъ 0,125 саж. = $10\frac{1}{2}$ дм. „ 0,50 с. = 3,5 „ . 0,90 „ = 6,3 „
свыше 0,50 с. = 3,5 „ . 1,15 „ = 8 „

15) Наименьшіе размѣры внутренней направляющей кривой сводовъ, тоннелей и мостовъ чрезъ желѣзную дорогу о 2-хъ путяхъ:

Высота пять свода надъ уровнемъ рельсъ . . 1,2 саж. = 8,4 фут.
Радиусъ круга (при разстоян. между пут. въ 7 ф.) 2,034 „ = 14,24 „

16) Наименьшая высота чистаго проѣзда, надъ уровнемъ рельсовъ подъ мостами чрезъ желѣзную дорогу, подъ верхними поперечными связями фермъ мостовъ съ проѣздомъ по нижней ихъ части, подъ сводами, стропилами или балками станціонныхъ зданій и навѣсовъ, и проч.:

Каменными и металлическими 2,6 саж. = 18,2 фут.

Деревянными 3 „ = 21 „

17) Наименьшее разстояніе:

а) Заставъ при переѣздахъ въ уровнѣ желѣзной дороги, отъ ере-
дины ближайшаго пути, 3 саж. = 21 фут. Накосыхъ переѣздахъ это
разстояніе опредѣляется у ближайшаго къ желѣзной дорогѣ края за-
ставы.

б) Стрѣлочныхъ столбовъ, отъ середины пути, 1 саж. = 7 фут.

в) Столбовъ электрическихъ и оптическихъ телеграфовъ, считая
отъ вѣшняго ребра полотна, не менѣ высоты столба.

18) Зазоры между закраинами колесъ подвижнаго состава и рель-
сами въ сложности, т. е. у обоихъ колесъ вмѣстѣ, должны не менѣ
 $\frac{1}{2}$ дм. (12,7 мм.) и не болѣе $1\frac{1}{4}$ дм. (31,75 мм.), или для каждо-
го колеса отъ $\frac{1}{4}$ дм. (6,75 мм.) до $\frac{5}{8}$ дм. (15,875 мм.). При сред-
нихъ же колесахъ шестиколесныхъ вагоновъ и паровозовъ допускает-
ся зазоръ для каждаго колеса до $\frac{7}{8}$ дм. (22 мм.).

19) Наибольшій свѣсъ закраинъ колесъ подъ плоскостью горизон-
тальною, проведенною чрезъ вершину рельса, $0,0165$ саж. = $1\frac{3}{8}$ дм.

20) Наименьшее разстояніе между горизонтальными плоскостями,
проведенными чрезъ вершину рельса и чрезъ верхнюю точку скрѣ-
пительныхъ приборовъ, какого бы ни было рода, съ внутренней сто-
роны пути, внѣ отвѣсной касательной къ головѣ рельса, $0,018$ са-
жени = $1\frac{1}{2}$ дм.

21) Возвышеніе вѣшняго рельса надъ внутреннимъ, на кривыхъ сопряженіяхъ дороги, описанныхъ радіусомъ менѣе 300 саж.

$x = \frac{3 v^2}{r}$, гдѣ x искомое возвышеніе въ тысячныхъ доляхъ сажени, v скорость поѣзда въ верстахъ въ часъ, и r радіусъ криваго сопряженія (по оси пути) въ саженихъ.

Земляное полотно *).

22) *Поперечная профиль землянаго полотна.* Земляное полотно строится или для одного пути, шириною въ 2,60 саж., или для двухъ путей, шириною въ 4,60 саж.

Полотно въ разливахъ рѣкъ возвышается не менѣе 0,60 саж. надъ высокими водами, и проектируется въ видѣ насыпи высотой не менѣе 0,20 саж. въ мѣстахъ степныхъ, 0,40 саж. по неглубокимъ болотамъ и топкимъ мѣстамъ, не имѣющимъ стока, и 0,30 саж. по имѣющимъ стокъ.

Небольшія выемки, подъ полотно, въ мѣстахъ открытахъ не допускаются.

Выемки, глубиною менѣе 0,30 саж., разбираются такъ, чтобы отъ оси полотна до ребра откосовъ было съ каждой стороны 3,75 саж. При этомъ вынутая земля можетъ быть сложена кавальерами, на разстояніи не менѣе 4 саж. отъ ребра выемки.

Примч. Прежде у насъ земляное полотно и всѣ искусственныя сооруженія дороги строились для двухъ путей, съ положеніемъ рельсовъ на одинъ путь, но съ разъѣздами, общая длина которыхъ, считая и разъѣзды между станціями, была не менѣе $\frac{1}{8}$ до $\frac{1}{5}$ всего протяженія дороги.

На такихъ дорогахъ, правительство можетъ требовать установленія другаго пути, коль скоро годичный валовой доходъ дороги достигнетъ 9000 руб. съ версты.

23) *Откосы выемокъ и насыпей.* Откосы полуторные, если свойство грунта не требуетъ откосовъ болѣе пологихъ; въ грунтахъ плотныхъ допускаются откосы въ $\frac{1}{3}$, а въ складахъ до $\frac{1}{10}$ основанія на 1 высоту.

За исключеніемъ откосовъ въ каменистыхъ и скалистыхъ грунтахъ они повсюду укрѣпляются дерновыми лентами, по бровкамъ, и покрываются растительною землею, съ посѣвомъ на ней травы.

Откосы дамбъ, т. е. насыпей, затопленныхъ весенними водами, укрѣпляются въ полосѣ затопленія и на 0,25 саж. выше этой полосы: хворостомъ, фашинами, нагруженными камнемъ плетнями, каменными отсыпями или должны быть вымощены камнемъ на мху.

Дамбы защищаются отъ подмыва траверсами и струеотводными сооружениями.

Въ мокрыхъ выемкахъ и пучистыхъ мѣстностяхъ устраивается дренажъ.

Если насыпь полотна устраивается на косогорѣ, то основаніе подъ насыпь готовится уступами, а при значительной крутизнѣ косогора, устраиваются каменные подпорныя стѣнки.

*) По календарю Бихеле.

Резервы и кавальеры располагаются такъ, чтобы при уширеніи полотна съ одной стороны, для втораго пути, ихъ не пришлось засыпать и переносить. То же наблюдается на площадяхъ между станціями.

23) *Отведеніе воды отъ полотна дороги.* Вдоль насыпей устраиваютъ канавы, вездѣ, гдѣ окажутся необходимыми для отведенія мѣстныхъ водъ.

Такія канавы вынимаются по обѣимъ сторонамъ дороги, при всѣхъ насыпяхъ высотой 0,30 саж. и менѣе; онѣ должны быть глубиною не менѣе 0,30 саж. и на разстояніи съ одной стороны 1 саж. и съ другой—3 саж. отъ нижняго ребра откосовъ полотна. Откосъ этихъ канавъ, прилегающій къ полотну, укрѣпляется. Резервы вынутые вдоль полотна, имѣютъ уклонъ отъ него, и вода изъ нихъ спускается въ болѣе низкія мѣста.

Въ выемкахъ устраиваются канавы съ обѣихъ сторонъ полотна, укрѣпляемныя дерномъ или камнемъ.

Въ мѣстахъ, имѣющихъ скатъ въ сторонѣ выемки, устраиваются нагорныя канавы.

Всѣ канавы должны имѣть размѣры, достаточные для свободного протока скопляющейся въ нихъ воды; во всякомъ случаѣ, глубина канавъ, въ ихъ вершинѣ, не менѣе 0,20 саж., а продольный склонъ дна не менѣе 0,001. Въ размываемыхъ грунтахъ, дно и откосы канавъ достаточно укрѣпляются. Дно канавъ не должно имѣть продольнаго склона свыше 0,008. При крутомъ склонѣ полотна, дно канавъ устраивается уступами, съ порогами, выложенными камнемъ или фашинами.

Нагорныя канавы должны отстоять не менѣе 1 саж. отъ верхняго ребра откоса выемки и не болѣе 2 саж. отъ подошвы задняго откоса кавальера, и притомъ имѣть достаточную глубину, для свободного стока воды съ прилегающаго косогора.

Поверхность земли между верхнимъ ребромъ откосовъ выемокъ и кавальерами, силанировывается съ покатостью къ кавальерамъ, и у подошвы послѣднихъ копаются отводные лотки.

24) *Защиты отъ снѣжныхъ заносовъ.* Къ открытію движенія по дорогѣ заготавливаются, въ достаточномъ количествѣ, переносные щиты изъ драни, для предохраненія пути отъ заноса снѣгомъ; а по открытіи движенія, немедленно приступаютъ къ разсадкѣ живыхъ изгородей въ мѣстахъ, подверженныхъ заносамъ.

Верхнее строеніе *).

25) *Ширина пути.* Нормальная ширина пути, считая между внутренними гранями рельсовъ,—0,714 саж.=5 фут.; а ширина между путя, считая между внутренними гранями крайнихъ рельсовъ двухъ путей, не менѣе $1\frac{1}{2}$ саж. на станціяхъ и 1 саж. на пути между станціями.

Примѣчаніе. Ширина широкаго пути за границую 4 фут. $8\frac{1}{2}$ дюйм.=1,435 мерт.

*) По календарю Бихеле.

Ширина узкоколейнаго пути у насъ $3\frac{1}{2}$ фут. = 0,50 саж., и въ Германіи—1 и 0,75 метр., какъ для паровознаго, такъ и для коннаго движенія; вообще ширина этого пути измѣняется отъ 2 до 4 фут.

26) *Баллаетъ*. Балластный слой дѣлается изъ гравія или изъ чистаго, не глинистаго, достаточно крупнаго песка, или изъ щебня, и средняя толщина его не менѣе 0,20 саж.

Ширина балластнаго слоя: при одномъ пути—не менѣе $1\frac{1}{2}$ саж., а при двухъ и болѣе путяхъ—разстояніе отъ внутренней грани крайняго рельса каждаго пути, до верхняго ребра балласта, не менѣе 0,393 саж. (2,75 фут.).

Вообще на версту верхняго строенія, въ одинъ путь, ставится балласта не менѣе 230 куб. саж., при чемъ не разсыпанный до открытія движенія балластъ сохраняется для разсыпки его въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ потребуется утолщеніе балластнаго слоя во время эксплуатаціи дороги.

27) *Поперечины*. Длинною не менѣе 1,15 саж. (8 фут.), и до 1,25 саж. Приготавливаются изъ доброкачественнаго круглаго лѣса, распиленнаго пополамъ, если толщина бревна не менѣе $6\frac{1}{2}$ вершк., или обтесаннаго съ двухъ сторонъ, при толщинѣ лѣса менѣе $6\frac{1}{2}$, но болѣе $5\frac{1}{2}$ вершк., и при томъ обтесаннаго такъ, чтобы толщина между обтесанными сторонами была не менѣе 4 вершк.

На версту одиночнаго пути кладется поперечинъ: 1314 шт. при 24 фут., и 1400 шт. при 20 и 21 фут. длинъ рельсовъ.

Примѣчаніе. Обыкновенно полагается для рельса 20 фут.—8, для 18 фут.—7, а для 15 фут.—6 шт. поперечинъ. Разстояніе между стыковыми (крайними) поперечинами рельса менѣе, нежели между промежуточными.

Поперечины брусчатая держатся на насыпяхъ 5 до 6, а на пучинистыхъ мѣстахъ не долѣе 4 лѣтъ; пластинныя служатъ немного долѣе.

28) *Рельсы*. Желѣзные вѣсомъ не менѣе 24, прежде 26 рус. фунт., а стальные не менѣе 20 рус. фунт. на погон. футъ. Нормальная длина рельсовъ отъ 20 (желѣзн.) до 24 (стальн.) фут.; но до 10% всего ихъ количества можетъ имѣть и меньшую длину, но не менѣе 15 фут.

Рельсы, какъ на мѣстѣ производства, такъ и по доставкѣ на линію, подвергаются испытанію по правиламъ.

29) *Рельсовый путь*. На дорогахъ въ одинъ путь, общее протяженіе развѣздныхъ путей составляетъ не менѣе $\frac{1}{9}$ или $\frac{1}{8}$ всей длины дороги. Вѣтви дороги, равно какъ вѣтви ея къ заводамъ и карьерамъ, не входятъ въ счетъ этихъ путей.

Укладка и скрѣпленіе рельсовъ. Въ прямыхъ частяхъ дороги рельсы укладываются со стыками на вѣсу, при чемъ на поперечинахъ, ближайшихъ къ стыку, подкладываются подъ рельсъ желѣзныя подкладки. Рельсъ прибивается къ каждой поперечинѣ 2 костылями.

Въ кривыхъ частяхъ дороги, съ радіусомъ менѣе 500 саж., стыкъ можетъ быть уложенъ на вѣсу или на поперечинѣ; если бы на вѣсу, то на поперечинахъ, ближайшихъ къ стыку, подкладываются подкладки двойной ширины, къ которымъ рельсъ прикрѣпляется 4 костылями; если онъ на поперечинѣ, то подкладка двойной ширины упо-

требуется только на стыковой поперечинѣ, а на прочихъ вѣтшій рельсъ прибавается 3 костылями, внутренній же 2 костылями.

Рельсы скрѣпляются въ стыкахъ желѣзными накладками, длиною въ 20 дюйм. каждая, и свинчиваются 4 болтами.

Примѣчаніе. Для помѣщенія рельса, въ поперечинѣ дѣлается вырубка съ уклономъ въ $\frac{1}{20}$ во внутрь. Головки костылей вѣзаются въ подошву рельса на половину своей толщины.

Наименьшая длина накладки, при 4 болтахъ, 16 дюйм.

Всѣ принадлежности къ рельсамъ составляетъ около 8 до 9 $\frac{0}{10}$ ихъ вѣса.

Стыки рельсовъ въ колеяхъ пути располагаются взаимно противоположно въ плоскостяхъ, нормальныхъ къ оси пути. Эти стыки располагаются или на поперечинахъ или между ними, на вѣсу, что удобнѣе.

Въ стыкахъ между рельсами оставляется зазоръ, повѣряемый прокладками изъ листового желѣза, толщина которыхъ берется: въ $\frac{1}{16}$ дм.—лѣтомъ въ жаркій день; въ $\frac{1}{8}$ дм.—въ холодный или пасмурный день, также при восходѣ и заходѣ солнца; въ $\frac{3}{16}$ дм.—осенью; въ $\frac{1}{4}$ дм.—при морозѣ менѣе 10 $^{\circ}$ по Реомюру, и въ $\frac{5}{16}$ дм.—при большемъ холодѣ.

Укладка верхняго строенія, т. е. балластнаго слоя, поперечинъ и рельсовъ, производится участками, длиною около 250 саж. На изломъ при укладкѣ считается: рельсовъ $\frac{1}{2}$ $\frac{0}{10}$, подкладокъ 10 $\frac{0}{10}$, накладокъ 2 $\frac{0}{10}$, болтовъ 4 $\frac{0}{10}$, костылей 5 $\frac{0}{10}$, шпаль 10 $\frac{0}{10}$.

На Петербурго-Варшавской дорогѣ, средняя годовая потребность матеріаловъ на ремонтъ главнаго пути, по 10 лѣтней сложности, выходитъ: желѣзныхъ рельсовъ—4,6 $\frac{0}{10}$, или на версту—16,19 штукъ; подкладокъ—10,9 $\frac{0}{10}$, или на версту—380 шт.; накладокъ—0,6 $\frac{0}{10}$, или на версту—3,9 шт.; болтовъ 1,9 $\frac{0}{10}$ или на версту—19,9 шт.; костылей—3,3 $\frac{0}{10}$, или на версту—181,4 шт.; поперечинъ—14,7 $\frac{0}{10}$, или на версту—180 шт.

Хорошіе желѣзные рельсы выдерживаютъ проѣздъ около 100 миліонъ тоннъ, а стальные почти втрое болѣе.

Подвижной составъ.

1. Паровозы.

Общее. Въ отношеніи рода службы различаютъ:

- | | |
|---|---|
| 1. Паровозы для скорыхъ и пассажирскихъ поѣздовъ | } для мѣстности
ровной или
холмистой. |
| 2. " " смѣшанныхъ поѣздовъ | |
| 3. " " товарныхъ " | |
| 4. " " гористыхъ мѣстностей | |
| 5. " " составленія поѣздовъ (станціонной службы). | |

Въ слѣдующей таблицѣ сообщаются главнѣйшіе размѣры паровозовъ нынѣ находящихся въ движеніи.

Таблица главнѣйшихъ размѣровъ существующихъ паровозовъ и ихъ скорости.

Паровозъ для ско- рости и посыл. п.	Норм. пассажирск. паравозъ въ Прус- син.	Паравозъ для товаро-пассажирск. поездовъ.	Товарн. паравозъ.	Норм. тов. паравозъ въ Пруссин.	Паравозъ для гор- ныхъ ж. д.	Паравозъ для стан- цій, службъ
Число осей.....	3	2	3	3	4	2
Число связанныхъ осей..	2	2	2	3	4	2
Диаметръ ведущихъ колесъ въ метрахъ.....	1,6—2,0	1,3—1,6	1,3—1,6	1,2—1,4	1,1—1,2	1,0—1,2
Диаметръ связывающихъ колесъ въ метрахъ....	1,0—1,2	—	1,0	—	—	—
Разстояние крайнихъ осей въ метрахъ.....	4,0—5,6	2,5—2,8	3,2—4,6	3,0—4,4	3,5—4,0	2,2—2,4
Диаметръ цилиндровъ въ метрахъ.....	0,4—0,44	0,38—0,44	0,42—0,44	0,42—0,48	0,45—0,51	0,2—0,4
Ходъ поршня въ метрахъ	0,5—0,6	0,5—0,6	0,5—0,6	0,6—0,66	0,60—0,68	0,5—0,6
Общая поверхность на- грѣва въ кв. м.....	75—120	75—90	90—120	90—130	100—200	50—100
Общая поверхность рѣ- шетки въ кв. м.	1—1,8	1,—1,3	1,2—1,8	1,1—1,2	1,3—1,2	0,7—1,1
Вѣсъ паравоза на ходу въ тоннахъ.....	25—38	24—28	25—38	30—41	38—48	22—48
Скорость хода въ кило- метрахъ въ часъ....	50—90	30—45	30—50	25—35	30—45	15—25

Паровозный котелъ строится всегда какъ лежачій трубчатый ко-
тель, чтобы при маломъ пространствѣ получить какъ можно большую
поверхность нагрѣва. Онъ состоитъ изъ 3 главн. частей:

1. Наружная топка съ огневою коробкою (съ внутр. топкой).
2. Цилиндрический котелъ съ дымогарными трубами.
3. Дымовая коробка и дымовая труба.

Площадь рѣшетки. Если *B* обозначаетъ количество (въ кило) угля
сгорающаго въ часъ на рѣшеткѣ, и *R* величина площади рѣшетки
въ кв. метр., то:

$$R = \frac{B}{300} \text{ до } \frac{B}{500}$$

изъ коихъ послѣдн. величина *R* для крупнаго, первая для мел-
каго угля.

Если *Z* обозначаетъ силу тяги, необходимую для движенія поѣзда

(паровозъ, тендеръ и вагоны) исключая тренія паровоза и v скорость поезда въ метр. въ секунду, то:

$$R = \frac{Z \cdot v}{10000} \text{ до } \frac{Z \cdot v}{16000}$$

(последн. велич. для крупнаго, первая для мелкаго угля).

Поверхность нагрѣва. Различаютъ прямую и непрямую поверхность нагрѣва; при первой теплота передается лучами, при последней только вслѣдствіе прикосновенія горячихъ газовъ. Если H обозначаетъ полную поверхность нагрѣва въ кв. метр., то можно приблизительно считать:

$$H = \frac{1}{300} Z \cdot v \text{ для курьерскихъ паровозовъ.}$$

$$H = \frac{1}{250} Z \cdot v \text{ „ пассажирскихъ „}$$

$$H = \frac{1}{190} Z \cdot v \text{ „ товарныхъ „}$$

$$H = \frac{1}{160} Z \cdot v \text{ „ горныхъ „}$$

Различаютъ огневую коробку (внутренняя топка) и наружную топку. **Огневая коробка** (внутренняя топка) обыкновенно прямоугольная сверху большею частью покрыта горизонтальнымъ листомъ (потолокъ топки) и снизу расположена колосниковая рѣшетка. Длина средн. числомъ 1 до 2 метр. при ширинѣ 0,95—1,35 метр.

Въ задней стѣнкѣ огневой коробки помѣщается топочная дверка, въ передней (трубчатой рѣшеткѣ) укрѣплены дымогарныя трубы, идущія черезъ всю цилиндрическую часть котла. Какъ матеріалъ для огневой коробки чаще всего употребляется мѣдь.

Толщина мѣдной стѣнки, въ коей укрѣпляются трубы, берется около 26 мм., а остальные стѣнки и потолокъ около 16 мм. (иногда потолокъ толще 16 мм.), при чемъ предполагается давленіе пара въ 3 до 12 атмосферъ.

Радиусъ закругленій для боковыхъ угловъ потолочнаго листа около 200 мм. ($\text{min} = 50$ мм.) и для остальныхъ угловъ 50 мм. ($\text{min} = 20$ мм.). Обыкновенно потолокъ и боковыя стѣнки составляютъ одинъ листъ, который и соединяется съ соотвѣственно загнутыми углами передней и задней стѣнки помощью заклепокъ.

Наружная топка состоитъ изъ котельнаго желѣза толщиной около 15 мм.; радиусъ закругленія угловъ не менѣе 50 мм.

Крыша (потолокъ) наружной топки или цилиндрическая, или плоская; часто выпя, иногда на равнѣ съ цилиндрическою частью котла.

Скрѣпленіе огневой коробки съ наружною топкою. Если потолокъ огневой коробки и наружной топки плоскіе, то слѣдуетъ ихъ отдѣльно подернѣть. Дѣлается это помощью анкерныхъ брусковъ или потолочныхъ болтовъ.

Анкерные брусья для потолковъ состоятъ просто изъ желѣзныхъ брусковъ, принимающихъ посредствомъ болтовъ давленіе на потолокъ и передающихъ его на вертикальныя стѣнки коробки. Обыкновенно анкерные брусья идутъ вдоль, иногда поперекъ оси котла. Чтобы освободить потолокъ огневой коробки отъ груза, иногда подвѣшиваютъ анкерные брусья къ потолку наружной топки.

Укрѣпленіе потолка внутр. топки. Подвѣшиваніе его помощью болтовъ предпочтается укрѣпленію посредствомъ налож. анкерныхъ брусковъ.

Поточные болты желѣзные и съ гайками на обоихъ концахъ или заклепываются съ обоихъ концовъ. Разстояніе между ними 100 до 110 мм., наружный діаметръ 30 мм.

Вертикальныя боковыя стѣнки внутр. и наруж. топковъ связываются посредствомъ простѣчныхъ болтовъ, кои діаметръ въ нарізкѣ 22 до 26 мм. въ разстояніи 100 до 110 мм. другъ отъ друга. Концы заклепываются. Дабы легко было узнать трещину или поломку болтовъ, они просверливаются съ концовъ. Мѣди болты въ 25 мм. діаметромъ—наилучшіе; желѣзные или стальные только при хорошей питающей водѣ и хорошемъ топливѣ. Ниже дымогар. трубъ употребляются еще короткіе анкеры для соединенія цилиндр. части котла съ переднею стѣною внутри.

Если обозначимъ:

а) разстояніе простѣчныхъ болтовъ въ сантиметр.

с) толщина стѣнокъ въ сантиметр.

р) давленіе пара въ атмосферахъ.

l самое большое допускаемое напряженіе стѣнокъ въ видѣ на кв. сантим.

$$l = \frac{\sqrt{2J}}{p}.$$

Толщина боковыхъ стѣнокъ огневой коробки одинакова или въ 1,5 раза болѣе толщины стѣнокъ наружной топки.

Укрѣпленіе верхней части задней стѣнки наружи. топки обыкновенно состоитъ изъ горизонт. желѣзн. листа, связывающаго заднюю стѣнку съ боковыми. При очень приподнятой топкѣ употребляются еще продольные анкеры, идущіе до цилиндр. части котла.

Если вертикальная часть боков. стѣнокъ наруж. топки выше потолка огневой коробки, слѣдуетъ поставить поперечные анкеры.

Низы наружной и внутренней топковъ соединяются посредствомъ желѣзн. колецъ двойнымъ заклепочнымъ швомъ.

Топочная дверка. Отверстіе обыкновенно овальное, иногда круглое, рѣдко четырехугольное съ закругленными углами, запирается задвигною или створчатой дверкою.

Рѣшетка у паровозовъ болѣею частью горизонтальная, иногда съ наклономъ. Наклонныя рѣшетки употребляются обыкновенно тогда, когда одна изъ осей находится подъ топкою.

Прозоръ между колосниками для пропуска необходимаго для горѣнія воздуха при топкѣ каменнымъ углемъ отъ 3 до 15 мм., при топкѣ коксомъ 6 до 8 мм.; топоромъ 15 мм.

Колосники чугунные или желѣзные; если желѣзные, то берутъ на это простѣшное или брусковое желѣзо безъ особенной обдѣлки концовъ, только слѣдуетъ устроить для нихъ соответствующія гнѣзда.

Для топки каменнымъ углемъ какъ чугунные, такъ и желѣзные колосники одинаково хороши; для топки коксомъ слѣдуетъ предпочитать желѣзные.

Зольникъ (ниже огневой коробки) принимаетъ проходящій сквозъ рѣшетку горячій уголь. Снабжается по кр. мѣрѣ спереди (иногда съ обоихъ сторонъ) поддуваломъ, которое запирается и открывается съ мѣста стоянки машиниста, и составляетъ одно изъ средствъ для регулированія пара.

Цилиндрическая часть котла нынѣ чаще всего соединяется съ топкою посредствомъ угольника, охватывающаго цилиндрическую часть котла.

Матеріалъ котла обыкновенно желѣзо, вслѣдствіе малаго вѣса и сталь.

Діаметръ котла отъ 1 до 1,4—1,5 метр., длина 3,5 до 5—6 метр. Если требуется легкое образованіе пара, слѣдуетъ дѣлать короткій котелъ съ возможно большимъ количествомъ дымогарныхъ трубъ. Длинные котлы съ немногими дымогарными трубами дѣлаютъ паръ плохо, но лучше въ отношеніи полезнаго горѣнія топлива.

Толщина стѣнокъ котла, если обозначимъ:

d діаметръ котла въ сантим.

p. давленіе пара въ котлѣ въ атмосферахъ

δ толщину стѣнокъ въ сантим.

$$\delta = \frac{d}{1000} p.$$

Въ самыхъ низкихъ мѣстахъ котла не должны быть заклепки, направление прокатки желѣза должно идти кругомъ котла.

Поровой куполъ чаще всего помѣщается на переднемъ концѣ цилиндрической части котла и служитъ для скупленія сухаго пара и для помѣщенія регулятора (стопарнаго клапана). Его діаметръ 0,6 до 0,7 м., его высота около 0,9 м.; На дорогахъ съ малыми подъемами куполъ совсѣмъ не дѣлають. Положеніе купола болѣе къ концу зависитъ отъ отношенія нагрузки осей.

Передняя часть цилиндра котла заканчивается трубочной стѣнкой, которая соединяется съ котломъ отчасти посредствомъ дымогарныхъ трубъ, частью посредствомъ горизонтальнаго соединеннаго съ котломъ листа.

Дымогарныя трубы дѣлались прежде мѣдныя, нынѣ болѣею частью желѣзныя. Внѣшній діаметръ отъ 40 до 52 при толщинѣ стѣнокъ въ 2 до 3 мм. Количество дымогарныхъ трубъ въ одномъ котлѣ отъ 150 до 240. Разстояніе между ними смотря по количеству около 16 до 23 мм.

Дымогарныя трубы размѣщаются обыкновенно такъ, чтобы ихъ центры совпадали съ углами правильнаго шестиугольника, двѣ стороны котораго вертикальны. При такомъ размѣщеніи паровые пузырьки могутъ легко подыматься вверхъ между трубами.

Концы дымогарныхъ трубъ разные: концы для задней рѣшетки (въ огневой коробкѣ) сужены, другіе для передней трубочной стѣнки немного расширены, чтобы ихъ легче было вставлять и вытаскивать. Суженіе какъ и расширеніе внѣшняго діаметра составляетъ около 1,5 до 2 мм. Уплотненіе или укрѣпленіе концовъ трубъ производится раскатываніемъ трубъ извнутри около стѣнокъ и чеканкою.

Дымовая коробка. Передній конецъ цилиндрической части котла выходитъ въ дымовую коробку, которая длиною какъ и паровые цилиндры; спереди она запирается дверкою, величина которой должна быть достаточна для удобнаго выниманія и чистки дымогарныхъ трубъ. Дымовая коробка образуетъ прямое продолженіе котла или же имѣетъ болѣшій діаметръ. Къ низу иногда придѣлывается прямоугольная часть. На днѣ дымовой коробки полезно устроить трубу для выпаданія частичекъ угля.

Дымовая труба желѣзная или чугунная.

При цилиндрической формѣ трубы она обыкновенно желѣзная, при конической чугунная. Переходъ отъ дымовой коробки къ трубѣ долженъ быть отлого закругленнымъ.

Коническая форма трубы выгоднѣе для тяги, чѣмъ цилиндрическая, ибо при удачно избранныхъ размѣрахъ коническая труба можетъ вытянуть въ 1,15 раза болѣе воздуха чѣмъ цилиндрическая, при одинаковомъ количествѣ проходящаго пара.

Если:

f_r полное поперечное сѣченіе дымогарныхъ трубъ,
 f_s самое малое поперечн. сѣченіе конической и вмѣстѣ съ тѣмъ неизмѣняемое попер. сѣченіе цилиндрической трубы,

f_b попер. сѣченіе конуса (трубы, производящей тягу) то для цилиндра. трубы:

$$\frac{f_r}{f} = \frac{1}{32} \text{ и } \frac{f_s}{f_r} = 0,47$$

для конической трубы:

$$\frac{f_r}{f} = \frac{1}{23} \text{ и } \frac{f_s}{f_r} = 0,36.$$

Отверстіе конуса должно быть немного выше верхняго ряда дымогарныхъ трубъ. Наклонъ оси къ конической поверхности конуса долженъ быть, если можно, $\frac{1}{7}$ до $\frac{1}{10}$; верхняя оконечность конуса какъ можно острѣе, чтобы паръ сейчасъ хорошо соединился съ га-

зами. Разстояніе нижняго конца дымовой трубы отъ верхней конечности конуса (для цилиндрич. трубъ) = около діаметра трубы.

При конструкціи конической дымовой трубы вычисляется изъ выше даннаго отношенія $\frac{f}{f}$ діаметръ d самаго узкаго попер. сѣченія трубы и ставить его на $\frac{5}{3} d$ выше верхн. отверстія конуса.

Верхнее большее поперечн. сѣченіе дымовой трубы получаетъ діаметръ $\frac{5}{3} d$ и должно быть на $4 d$ выше самаго узкаго сѣченія трубы.

Верхнее отверстіе конуса около $\frac{5}{6} d$ ниже начала дымов. трубы. Для закругленія хорошо расширить дымов. трубу около самаго узкаго мѣста настолько чтобы она на длину $\frac{d}{2}$ была цилиндрическая.

Нижній діаметръ дымовой трубы слѣдуетъ дѣлать по возможности больше т. е. до угловъ передн. и задн. стѣнки дымовой коробки и соединить ихъ съ цилиндрич. частью дугою круга касательно къ цилиндрической части.

Искрегазительный приборъ имѣетъ цѣлю удержатъ въ дымовой камерѣ или въ дымовой трубѣ или же потушить искры вылетающія вмѣстѣ съ дымомъ. По этому различаютъ искроудержатели и искрегазители.

Обыкновенное устройство искроудержателей у паровозовъ состоитъ изъ стѣнокъ поставленной между дымогарными трубами и верхомъ сифона; она сдѣлана изъ листов. или полосоваго желѣза. Желѣзн. листъ снабженъ дырами діам. 8 *mm*. въ разстояніи 13 *mm*. другъ отъ друга. Если же она сдѣлана изъ жел. брусковъ, то послѣдніе около 6 *mm*. другъ отъ друга.

Питательные приборы. На каждомъ паровозѣ должны быть два независимые другъ отъ друга питательные прибора, изъ которыхъ каждый отдѣльно долженъ удовлетворить снабженіе паровоза водою. Одинъ изъ нихъ долженъ быть такъ устроенъ чтобы дѣйствовать и тогда, когда паровозъ не на ходу. Прежде употреблены всасывающіе и нагнетающіе насосы, нынѣ почти исключительно инжекторы.

При всасывающ. и нагнетающ. насосахъ различаются насосы съ большимъ и насосы съ малымъ размахомъ. Поршни насосовъ съ большимъ размахомъ приводятся въ движеніе непосредственно крейцкопфомъ, поршни насосовъ съ малымъ размахомъ однимъ изъ эксцентриковъ (обыкновенно эксцентрикомъ для задняго хода). Такъ какъ эти насосы не работаютъ при стоянкѣ паровоза, то для этого требуется еще третій питательный приборъ.

При употребленіи инжекторовъ не требуется этотъ третій насосъ. Различаютъ всасывающіе и невсасывающіе инжекторы, послѣдніе должны всегда быть такъ низко поставлены, что они ниже дна резервуара для воды въ тендерѣ. Если въ такомъ положеніи нельзя препятствовать замерзанію, берется всасывающій инжекторъ.

Водомѣрные приборы составляются изъ 1 водомѣрной трубки (стеклянной) и 2 до 3 пробныхъ крановъ.

Водомѣрное стекло обыкновенно по лѣвой сторонѣ задней стѣнки наружной топки, пробные же краны съ правой.

Манометры главнымъ образомъ двухъ сортовъ, именно съ листовою пружиною и трубчатою пружиною. У первыхъ дѣйствуетъ паръ на кольцообразно волнистую стальную пластинку и помощью особо устроеннаго механизма передаетъ измѣненія давленія пара на стрѣлку. У вторыхъ входитъ паръ въ трубку, поперечн. сѣченіе которой овальное; отъ давленія пара, измѣняется попер. сѣченіе трубки, отчего двигается кольцообразная трубка и вмѣстѣ съ нею и стрѣлка.

Устройство мѣшечка для воды (изогнутой внизъ маленькой трубки между котломъ и манометромъ) цѣлесообразно, чтобы не паръ, а вода прилегалась къ дѣйствующимъ частямъ манометра. Можно совѣтовать употребленіе манометра съ контрольной стрѣлкой.

Предохранительные клапаны устраиваются или съ нагрузкою рычага или съ прямою нагрузкою. При употребленіи рычага онъ нагружается или посредствомъ пружины или гири. Вслѣдствіе толчковъ во время ѣзды гири употребляются рѣдко, а чаще пружины.

Неудобство нагрузки пружиною, то, что при подъемѣ клапана одновременно увеличивается и его нагрузка; это неудобство уничтожается при употребленіи пружинныхъ вѣсовъ Меггенхофена (Meggenhofen).

При прямой нагрузкѣ употребляются пружины.

Контроль нагрузки помощью пружинныхъ вѣсовъ вполне необходимъ. Величина предохранительныхъ клапановъ согласно прежнихъ прусскихъ постановленій такая, что его отверстіе около $\frac{1}{4000}$ до $\frac{1}{13000}$ всей нагревательной поверхности.

Паровой свистокъ всегда имѣется на паровозахъ, на дорогахъ съ большими уклонами имѣются даже 2, изъ которыхъ 1 для тормазныхъ сигналовъ.

Выпускные краны и отверстія для чистки необходимы для продуванія грязной воды и для очистки котла внутри отъ накипи.

Регуляторъ для выпуска или закрытія пара въ цилиндры, помѣщается если имѣется паровой колпакъ то въ немъ.

Поперечн. сѣченіе паропроводныхъ трубъ дѣлають около $\frac{1}{4}$ до $\frac{1}{4}$ площади, поршня. Общая труба въ котлѣ $= \frac{2}{45}$ площади поршня.

Поперечн. сѣченіе паротводныхъ трубъ обыкновенно $\frac{5}{4}$ сѣченія приводныхъ трубъ какъ не менѣе. **Конусъ** паровозовъ бываетъ неизмѣняемый (сифонъ) или измѣняемый (такъ называемый конусъ). Въ первомъ случаѣ обыкновенно соединяются

паротводныя трубы отъ обоихъ цилиндровъ выше дымогарныхъ трубъ, и сифонъ получаетъ данное на стр. 125 поперечное сѣченіе и надлежащую коничность. Конусы устраиваются разнo: или двигаются 2 клапана между 2 неподвижными стѣнками или же измѣняется отводное отверстіе помощью двигающагося вертикально внутри конуса. Кромѣ конуса есть еще отдѣльная сифонная трубка (внутр. діам. коей д. для усиленія тяги во время стоянки паровоза.

Обшивка котла. Для защиты противъ охлажденія котель снаружн обшивается войлокомъ, дощечками и листовымъ желѣзомъ, причемъ слѣдуетъ наблюдать чтобы накладки котла не доходили бы до желѣзной обшивки.

Сопротивленіе при движеніи поѣздовъ. Сопротивленіе поѣзда состоитъ изъ сопротивленія паровоза, тендера и вагоновъ.

Сопротивленіе тендера въ главныхъ чертахъ одинаково съ сопротивленіемъ вагоновъ, вслѣдствіе чего и можетъ быть разсмотрѣно вмѣстѣ.

Въ сопротивленіи подвижнаго состава желѣз. дорогъ слѣдуетъ различать сопротивленіе на прямомъ горизонтальномъ пути, сопротивленіе въ склонахъ и сопротивленіе въ кривыхъ.

Сопротивленіе на горизонтальномъ прямомъ пути составляется главнымъ образомъ:

1. Изъ тренія осей въ подшипникахъ.
2. Изъ тренія колесъ на рельсахъ.
3. Изъ сопротивленія вслѣдствіи неровностей пути.
4. Изъ сопротивленія воздуха.

Коэффициентъ тренія осей въ подшипникахъ можно считать $= 0,01$.

Общее сопротивленіе на прямомъ горизонтальномъ пути при пустыхъ вагонахъ при малой скорости для одинаковаго вѣса поѣзда вдвое болѣе чѣмъ при груженныхъ вагонахъ.

Сопротивленіе вагоновъ и тендера. Сопротивленіе поѣзда W_1 (вагоновъ и тендера) въ килогр., если v скорость поѣзда въ километр. въ часъ и Q вѣсъ поѣзда въ килогр.

$$W_1 = \left(1,5 + \frac{1}{1000} v^2 \right) \frac{Q}{1000}.$$

Сопротивленіе поѣзда w_1 въ килогр. на 1 тонну вѣса поѣзда:

$$w_1 = 1,5 + \frac{1}{1000} v^2.$$

При неблагоприятныхъ обстоятельствахъ, какъ наприм. сильномъ боковомъ вѣтрѣ, дурно ремонтируемомъ пути, порожнихъ вагонахъ въ товарныхъ поѣздахъ, величины W_1 и w_1 могутъ увеличиваться на 50% и болѣе.

Если $\frac{1}{n}$ обозначаетъ величину подъема, то сопротивленіе W_2

вызываемое имъ въ килогр., если Q вѣсъ поѣзда въ килогр. и w_2 сопротивленіе въ килогр. на 1 тонну, то:

$$W_2 = \frac{1}{n} Q$$

$$w_2 = \frac{1000}{n}$$

Сопротивленіе въ кривыхъ W_3 по Баварскимъ опытамъ:

$$W_3 = \frac{0,65}{R-55} Q$$

$$w_3 = \frac{0,65}{R-55} 1000 \text{ гдѣ } R = \text{радіусъ кривой въ метр.}$$

Общее сопротивленіе поѣзда, исключая паровозъ, слѣдовательно:

$$W = W_1 \pm W_2 + W_3; \quad w = w_1 \pm w_2 + w_3$$

$$W = \left(1,5 + \frac{1}{1000} v^2\right) \frac{Q}{1000} \pm \frac{1}{n} Q + \frac{0,65}{R-55} Q;$$

$$w = 1,5 + \frac{1}{1000} v^2 \pm \frac{1000}{n} + 1000 \cdot \frac{0,65}{R-55}.$$

Сопротивленіе склона введено здѣсь съ плюсомъ и съ минусомъ, и обозначаетъ первое подъемъ, минусъ же уклонъ.

Сопротивленіе паровоза состоитъ изъ двухъ частей:

1. Изъ сопротивленія движенію паровоза какъ въ подвижномъ составѣ.

2. Изъ тренія разныхъ частей механизма.

Если обозначимъ:

Q_1 вѣсъ паровоза въ килогр., v скорость въ километр. въ часъ, n_1 число связанныхъ осей.

$\frac{1}{n}$ отношеніе подъема, R радіусъ кривой въ метр., W_1 сопротивленіе въ килогр., то:

$$W_1 = \left(4\sqrt{n_1} + \frac{2}{1000} v^2\right) Q_1 \pm \frac{1}{n} Q_1 + 2 \frac{0,65}{R-55} Q_1$$

$$w_1 = 4\sqrt{n_1} + \frac{2}{1000} v^2 \pm \frac{1000}{n} + 2 \frac{0,65}{R-55} 1000.$$

Движущая работа паровоза. Если Z средняя сила тяги, дѣйствующая на окружности ведущихъ колесъ въ килогр.

p ; полезное среднее давленіе на поршень въ атмосферахъ (за вычетомъ давленія мятаго пара) d діаметръ и l ходъ поршня въ сантиметр.; D діаметръ ведущаго колеса въ сантиметр., то: $Z = \alpha p \frac{d^2 l}{D}$

гдѣ α обозначаетъ коэффиціентъ тренія въ механизмѣ и = 0,7 до 0,8; смотря по степени расширенія пара отъ $\frac{1}{10}$ до $\frac{7}{10}$.

Если p обозначаетъ давленіе впуска пара въ цилиндры, то при среднихъ обстоятельствахъ при наполненіи

въ 0,2 0,3 0,4 0,5

$$\frac{p_i}{p} = 0,4 \quad 0,5 \quad 0,6 \quad 0,7.$$

Для товарныхъ паровозовъ p = давленію въ котлѣ и для курьерскихъ (скорыхъ) паровозовъ $\frac{9}{10}$ давленія въ котлѣ.

Разность сил тяги во время одного оборота ведущих колес. Необходимый вѣсъ—трѣнія паровоза для сил тяги опредѣляется максимумомъ сил тяги во время одного оборота. Сила поршня H принимается неизмѣняемою за все время хода. Если обозначаетъ

l ходъ поршня, D діаметръ ведущаго колеса L длину шатуна.

минимумъ сил тяги бываетъ въ тотъ моментъ когда одинъ изъ кривошиповъ на мертвой точкѣ и тогда $Z = K \cdot \frac{l}{D}$.

максимумъ бываетъ всегда, когда оба кривошипа образуютъ уголъ въ 45° съ горизонтомъ или стоять на срединѣ одной изъ четвертей круга.

Если I обозначаетъ правую четверть круга выше горизонтали и II, III и I слѣдующіи за тѣмъ четверти оборота колеса (впередъ) то:

Кривошипынаходятся въ четвертяхъ круга.	$Z =$	Кривошипынаходятся въ четвертяхъ круга.	$Z =$
I и II	$K \frac{l}{D} \sqrt{2}$	III и IV	$K \frac{l}{D} \sqrt{2}$
II и III	$K \frac{l}{D} \left(\sqrt{2} + \frac{l}{2L} \right)$	IV и I	$K \frac{l}{D} \left(\sqrt{2} - \frac{l}{2L} \right)$

Z_{max} значить при положеніи кривошиповъ подъ 45° противъ стержня, если оба шатуна стоять въ сторону цилиндра.

Увеличиваніе сил тяги при отходѣ поезда. Чтобы стронуть поѣздъ, нужно увеличить силу тяги.

Если: Z_a средняя сила тяги при отходѣ поѣзда въ kg .

W_a сопротивленіе въ kg . въ началѣ движенія при малой скорости.

W сопротивленіе въ kg . во время стоянкіи.

v скорость въ m въ сек. въ началѣ движенія.

Q вѣсъ поѣзда въ kg . (паровозъ, тендеръ и вагоны).

t число секундъ нужныхъ до полного хода.

g ускореніе тяжести— $9,81 m$.

s длина пути до достиженія полного хода, то:

$$Z_a = \frac{Q}{g} \cdot \frac{v}{t} + \frac{1}{2}(W + 2W_a) \quad \text{или} \quad v = \frac{Qv}{g(a + \frac{1}{2}W + 2W)}$$

Причемъ въ началѣ движенія предположено равнопеременно ускоренное движеніе или принято $v = \frac{at}{2}$. Для болѣе точнаго вычисленія:

$$v = \frac{Q}{2g\sqrt{bQ(Z-aQ)}} \log. nat. \frac{\sqrt{Z-aQ} + v}{\sqrt{Z-aQ} - v}$$

Причемъ переменное сопротивленіе $W = (a + bv^2)Q$, гдѣ a и b коэффициенты, не зависящіе отъ скорости.

t_m обозначаетъ максимумъ сил тяги во время одного оборота ведущих колесъ то въ началѣ движенія максимумъ Z_{am} и должно быть если Q_r обозначаетъ необходимую для трѣнія нагрузку ведущихъ колесъ

$$Z_{am} < fQ_r$$

гдѣ f коэффициентъ трѣнія ведущихъ колесъ по рельсамъ.

Цилиндры. Діаметръ d цилиндровъ $d = \sqrt{\frac{Z \cdot D}{\alpha p l}}$.

Цилиндры прикрѣпляются къ рамнымъ брусамъ помощью болтовъ съ гайками. Если цилиндры внутри рамы, то они отливаются вмѣстѣ.

Поршни. Такъ называемые шведскіе поршни съ самораздвигающимися чугунными кольцами оказываются выгодными при умѣнномъ упо-

треблени и рекомендуются по простотѣ своей, дешевой ремонтности и большей надежности во время движенія.

Пѣлесообразно смазывать поршни при закрытіи пара.

Поршневой стержень иногда проходит сквозь переднюю крышку цилиндра.

Распределение пара. Въ локомотивахъ обыкновенно употребляется кулисное распределение съ однимъ золотникомъ по системѣ Стефенсона, Туча, Аллана и Гейзингера ф.-Вальдегга (Walschaert). Больше всего употребляется кулисса Аллана.

Средніе размѣры первыхъ 3 распределеній: эксцентриситетъ=50 до 80 м.м.; внешнее перекрытіе=15 до 30 м.м.; внутреннее=0 до 10 м.м.; уголъ предускоренія=10 до 35°.

Попер. сѣченіе впускныхъ оконъ при золотникахъ съ каналами $\frac{1}{20}$ и при обыкновенныхъ $\frac{1}{15}$ площади пароваго поршня.

Ширина оконъ на 6 м.м. больше наибольшаго открыванія золотника, а длина оконъ около 50 до 80 м.м. меньше діаметра цилиндра.

Золотники бывають мѣдные или чугунные: чугунные оказались отличными при достаточной твердости матеріала, мѣдные дороги; золотники, обложенные композиціею, оказываются не прочными, особенно при большихъ уклонахъ пути. Для золотниковъ необходима непрерывная смазка.

Кулисомъ обохъ паровыхъ цилиндровъ должны быть переставляемы съ мѣста стоянки машиниста. Это дѣлается посредствомъ:

- а) Кулиснаго рычага съ зубчатою горизонт. дугою.
- б) Винта.
- в) Соединенія обохъ упомянутыхъ системъ.

Измѣненіе хода посредствомъ винта самое удобное для всѣхъ паровозовъ, за исключеніемъ паровозовъ для станціонной службы, для которыхъ рычагъ удобнѣе.

Дабы имѣть въ обѣ стороны одинаковыя сопротивленія при передвиженіи рычага употребляются противовѣсы, уничтожающіе при передвиженіи вліяніе вѣса отдѣльныхъ частей механизма. На американскихъ паровозахъ въ замѣнъ противовѣсовъ употребляются пружины.

Что касается мѣста установки кулисы, то имѣются внутреннія и наружныя. При первыхъ всѣ части распределения находятся внутри рамъ, тогда золотничное зеркало вертикальное. При второмъ расположеніи части распределения лежатъ снаружи рамъ и золотничное зеркало имѣть горизонтальное или немного наклонное положеніе. На американскихъ паровозахъ иногда встрѣчаются размѣщенія эксцентриковъ и кулисы внутри, а золотники снаружи.

Рамы (Швеллера). Различаютъ главныя и второстепенныя рамы.

Главная рама обыкновенно накрѣпо связана съ котломъ впереди у дымовой камеры. Второстепенныя рамы могутъ измѣнять свое положеніе относительно котла и служатъ для установки отдѣльныхъ группъ колесъ. Смотря по размѣщенію рамъ, внутри ли снаружи ли колесъ, различаютъ внутреннія и наружныя рамы.

Рамы составляются или изъ одного, или изъ двухъ жел. листовъ. Если изъ одного листа, толщина 25 до 35 м.м.; при составленіи изъ двухъ листовъ, каждый толщиною 8 м.м. и склепываются, вмѣстѣ на разстояніи 50 мм. другъ отъ друга. Въ углахъ во избѣжаніе поломокъ слѣдуетъ дѣлать хорошее закругленіе.

Рамы накрѣпо связываются въ переднемъ концѣ съ дымовою камерою, но съ наружною тонкою такимъ образомъ чтобы было возможно передвиженіе толки въ рамѣ вдоль котла. Высота рамъ надъ буксами осей не меньше 250 до 300 мм. Вращающіяся второстепенныя рамы или тѣлѣжки употребляются въ случаѣ большаго разстоянія крайнихъ колесъ или при крутыхъ кривыхъ. Вращающіяся тѣлѣжки встрѣчаются у паровозовъ 3-хъ разныхъ системъ:

1. Центр вращенія или между обими осями или на одной изъ осей.
2. " " передъ или за осями тѣлѣжки.
3. Комбинація предыдущихъ системъ вращающейся тѣлѣжки.

Оси. Различаютъ ведущія, связныя и бѣговныя оси. На первыя передается непосредственно работа поршня посредствомъ шатуновъ. Если одна ось не достаточна

для движенія относительно сопротивленія тренія колесъ на рельсахъ, то связываютъ вторую или нѣсколько осей съ первою и называютъ послѣднія связными осями. Всѣ остальные оси называются бѣговыми.

Шейки осей могутъ быть по наружной или внутренней сторонѣ колесъ.

Толщина осей (при наружныхъ шейкахъ діаметръ ступицы и при внутреннихъ шейкахъ діаметръ шейки) приблизительно для стали

$$d \text{ въ мм. } = 0,7\sqrt[3]{QD},$$

гдѣ Q нагрузка оси въ кило, D —діаметръ колеса въ мм.

Рессоры. Обыкновенно листовые; для лучшаго уравниенія толчковъ, а также для лучшаго распредѣленія груза, рессоры соединяются балансирами одна съ другою.

Если обозначаетъ:

P грузъ въ кило, дѣйствующій на одномъ концѣ рессоры.

l половину длины рессоры въ мм.

n число

b ширину

h толщину

листовъ въ мм. и k прочное сопротивленіе рессорной стали въ кило, на кв. мм. то:

$$P = \frac{k}{6} \frac{nbh^2}{l} \text{ или } n = \frac{6P \cdot l}{k \cdot b \cdot h^2}.$$

Прогибъ δ , если E обозначаетъ коэффициентъ упругости стали:

$$\delta = \frac{6Pl^3}{Ebh^3}$$

k можно принимать=40 до 50 кило (для литой стали).

Длина рессорныхъ листовъ отъ 750 мм. до 1100 мм. при шир.: 90 мм. и толщинѣ въ 13 мм.

Противовѣсы. Въ паровозахъ для уравниванія вращающихся частей и ползающихъ взадъ и впередъ массъ придѣлываются въ движущихъ колесахъ противовѣсы. Простая, данная Штокеромъ, формула для вычисленія необходимаго противовѣса, слѣдующая:

Если Q величина противовѣса,

G вѣсъ для одной машины массъ кривошипа и его пальца, двигающаго и связнаго шатуновъ, ползуна, поршня и поршневого стержня, отнесенныхъ къ радіусу кривошипа (обыкновенно уравниваются совершенно только вращающіяся массы и только $\frac{1}{4}$ до $\frac{1}{2}$ двигающихся взадъ и впередъ массъ, а именно для пассажирскихъ паровозовъ $\frac{1}{4}$ и для товарныхъ $\frac{1}{2}$. Изъ вѣса шатуна причисляется $\frac{3}{5}$ къ вращающейся массѣ).

r радіусъ кривошипа.

r_1 разстояніе центра тяжести противовѣса отъ оси

a разстояніе плоскости колеса отъ (плоскости уравниваемыхъ массъ) п. т. вѣса G , причемъ a при внутреннихъ цилиндрахъ берется съ минусомъ.

b разстояніе плоскостей колесъ одной отъ другой, то:

$$Q = \frac{r}{r_1} G \left(1 \pm \frac{a}{b}\right).$$

Противовѣсъ не слѣдуетъ ставить диаметрально противъ кривошипа, а на уголъ γ впередъ, гдѣ $tg\gamma = \frac{a}{a+b}$.

При этомъ слѣдуетъ обратить вниманіе на то, чтобы при наружныхъ цилиндрахъ опережающій кривошипъ получилъ на уголъ γ опережающій противовѣсъ, а отстающій кривошипъ—на тотъ же уголъ γ отстающій противовѣсъ. При внутреннихъ цилиндрахъ наоборотъ. Для машинъ съ наружн. цилиндрами G —почти 0,28 F кило, гдѣ F площадь поршня въ кв. ст.

Примѣчаніе. Разстояніе крайнихъ колесъ. Для паровозовъ, смотря по обстоятельствамъ, это разстояніе какъ можно больше.

Для сбереженія матеріала рекомендуется для желѣзн. дорогъ гдѣ много кривыхъ

При радіусѣ: 250 м.	3,5 м.	При радіусѣ: 500 м.	5,3 м.
" 300 "	3,9 "	" 550 "	5,6 "
" 350 "	4,3 "	" 600 "	5,8 "
" 400 "	4,7 "	" болѣе 600 " ..	6,0 "
" 450 "	5,0 "		

но не болѣе.

Тендеръ служить для помѣщенія необходимаго на время ѣзды количества топлива и воды.

Величина резервуара для воды отъ 8 до 11 куб. метр.

помѣщенія для топлива, зависитъ отъ удѣльнаго его вѣса.

Если топятъ каменнымъ углемъ, то рассчитываютъ обыкновенно на помѣщеніе 3000 до 4000 кило угля.

Тендеръ снабжается всегда тормазомъ такъ какъ онъ тяжелъ и вмѣстѣ съ тѣмъ при немъ имѣется прислуга.

Нижняя часть желѣзная, а именно употребляются: или какъ у паровозовъ рамы (листовое желѣзо гдѣ буксовая рамка и рамный брусъ изъ одного куска) или продольные брусъ изъ тавроваго желѣза какъ у вагоновъ.

Тендеръ бываетъ 4 или 6 колесный, 4 колесные рекомендуютъ при тихой, 6 колесные при скорой ѣздѣ.

II. Вагоны.

Общес. Различаютъ по службѣ ихъ или по конструкціи кузова:

1. Пассажирскіе вагоны; 2. почтовые и багажные вагоны; 3. товарные вагоны (открытые и крытые); 4. вагоны для постройки и для ремонта пути (баластные).

Каждый вагонъ составляется изъ тѣлѣжки и кузова.

Тѣлѣжка состоитъ изъ рамныхъ брусевъ, буферныхъ брусевъ съ буферами, сѣпленіями, буксовыхъ рамокъ для буксовъ (лонъ осевыхъ), рессоръ и осей съ колесами; еще принадлежатъ сюда и тормазъ.

Согласно постановленія прусскаго министерства путей сообщенія предписываются:

а) 3 длины между буферными брусъями въ 5, 6 и 7,0 м. (съ соответствующимъ разстояніемъ крайн. колесъ 3, 5 и 4 м.).

б) 2 профиля для долевыхъ балокъ: Γ и $\square$ формы; высотой 235 мм. толщина стѣнки 10 мм., толщина поясовъ 12 мм. и шир.: 90 мм.

в) 3 профиля для буферныхъ брусевъ $\square$ формы: длина: 2,6 м. высота: 300, 260 и 235 мм. толщина стѣнки 10 мм., ширина поясовъ 75 и 90 мм.

г) 3 профиля для внутреннихъ сквозныхъ долевыхъ и поперечныхъ балокъ въ формѣ $\square$: высотой въ 145, 117, 5 и 105 мм., толщ. стѣнки 8 и 10 мм., шир. поясовъ 60 и 65 мм.

Для деревянных рамных брусев берутся слѣдующ. размѣры:

	Долевые рамные бруссы.	Буфферные бруссы.	Попереч. бруссы въ серединѣ.	Остальн. попер. дер. части.	диагон. раскосы.	
Высота.....	250—300	280—350	250—280	140—200	70—90	mm.
Толщина.....	100—130	100—130	90—100	90—100	75—150	mm.

Рама составляетъ прямоугольникъ, продольные бока коего состоятъ изъ 2 доле-выхъ брусевъ и концевые изъ 2 буфферныхъ или поперечныхъ брусевъ. Чтобы ихъ соединеніе оставалась въ одномъ и томъ же положеніи прибавляются еще по-перечныя связи и діагональные раскосы.

Размѣры долевыхъ брусевъ или балокъ опредѣляются величиною нагрузки, кото-рая обыкновенно равномерно распределѣна; только въ одиночныхъ случаяхъ какъ напримѣръ для перевозки длиннаго лѣса, сосредоточивается грузъ въ центрѣ доле-выхъ брусевъ.

Рама бываетъ: 1) деревянная; 2) желѣзная; 3) частью деревянная, частью желѣзная.

Обыкновенно устраиваются рамы совсѣмъ желѣзныя изъ фасоннаго желѣза.

Буксовыя рамки (вилки, лопы) служатъ для помѣщенія и направленія буксовъ, которые должны имѣть опредѣленное движеніе въ вертикальномъ направленіи. Бук-совыя рамки соединяются долевыми тягами; а если возможно то и поперекъ телѣжки. Нынѣ буксовыя рамки дѣлаются б. ч. изъ одного куска и приклепываютъ ихъ къ долевымъ брусамъ (швеллерамъ). Въ той части буксовой рамки гдѣ помѣщается бугасъ и гдѣ происходитъ изнашиваніе вълѣдствіе ползанія внизъ и вверхъ, приклеп-ывается часто отдѣльный кусокъ, легко замѣняемый послѣ изнашиванія.

Вращающія телѣжки въ послѣднее время много испытываются.

Буксы. Въ отношеніе смазки можно различить:

- буксы для смазки сверху;
- сверху и снизу;
- сверху и съ боку;
- сверху и снизу;
- сверху и съ боку.

Обыкновенно бугасъ состоитъ изъ двухъ частей, изъ которыхъ верхняя служитъ для помѣщенія подшипника, а нижняя для помѣщенія смазочнаго матеріала или смазочнаго аппарата. Сама бугасъ обыкновенно чугунная, подшипникъ или бронзовый или изъ оловянной композиціи. Поверхность подшипника, которая собственно при-нимаетъ давленіе, составляетъ 1/4 половинной поверхности шейки.

Для смазки болѣе всего идетъ репейное, а также минеральное масло.

Рессоры.

Вдоль листовъ желобъ и возвышеніе, чтобы помѣщать движенію въ сторону.

Для пассажирскихъ почтовыхъ и багажныхъ вагоновъ длина рессоръ 1,7 до 1,75 м.

Прогибъ рессоръ для пассажирскихъ вагоновъ 120 до 160 mm., для товарныхъ около 50 mm. Для рессоръ товарн. вагоновъ предписано въ Пруссіи: длина 1100 mm., шир. 90 mm., толщина 13 mm., 8 слоевъ; высота стрѣлки на нагруженной рессоры 130 mm., диаметръ очка 30 mm. Кроме того на срединѣ рессорнаго листа полукруглое углубленіе и соответствующее возвышеніе высотой 5 до 4 mm.

Оси и колеса. Оси подвижнаго состава жел. дор. нынѣ почти всѣ стальныя. Для опредѣленія размѣровъ осей, прежде всего въ ступицѣ слѣдуетъ обратить вни-маніе на то, что во время движенія опирающійся на шейку грузъ (Q) увеличивается, а именно приблизит. на

$$p = 0,4Q \cdot \frac{h}{L}$$

гдѣ p обозначаетъ прибавку нагрузки, h разстоянія центра тяжести вагона отъ середины осей и L разстояніе между серединами обѣихъ шеекъ.

Боковые толчки дѣйствующіе на окружности колеса принимаются не болѣе 0,4Q. Ось выходитъ достаточно сильна, если ея размѣры опредѣляются согласно предъ-идущему, а остальные причины какъ наприм. скручиваніе пренебрегаются.

Длина шейки около 1 1/2 до 2 1/4 разъ діаметра ея. Острыхъ угловъ при заточкѣ шеекъ слѣдуетъ избѣгать.

Расстояние от середины до середины шпек осей 1,956 м. и диаметр на средних оси 0,120 м.

Колеса бывают со спицами или сплошные. При колесах со спицами ободъ всегда образуетъ отдѣльную часть колеса и называется шиною, а въ сплошныхъ колесахъ ободъ и колесо составляютъ б. ч. одно цѣлое.

Колеса со спицами на европейскихъ жел. дорогахъ выдѣлываются большею частью изъ желѣза; сплошные же колеса, изъ литой стали, чугуна и желѣза.

Внѣшній диаметръ колесъ съ отдѣльными ободами по прусскимъ министерскимъ постановленіямъ 0,85 м.

Сцепленія и буфера должны быть упругія съ достаточно сильными стальными пружинами. Нынѣ больше всего въ употребленіи спиральныя пружины изъ полосовой стали, шириною 100—130 мм., толщ. 5—8 мм. диаметръ внутр. шипа 40—60 мм. Самый большой діам. пружины 120 до 170 мм.; высота 190 до 250 мм. Онѣ дѣйствуютъ какъ растяжныя и какъ ударныя рессоры.

Тормоза. Смотря по службѣ имѣются тормоза для станціонной службы и для поѣздовъ; но тормозъ можетъ быть устроенъ для всѣхъ службъ одинаковый.

Поѣздные тормоза можно раздѣлить по обращенію съ ними и ихъ дѣйствію на ручные, скорые и самодѣйствующие. У первыхъ они приводятся въ дѣйствіе рукою, у вторыхъ только приведеніе въ дѣйствіе ручное, а самое дѣйствіе производится уже другими силами (давленіемъ воздуха, инерціе поѣзда и т. д.) Самодѣйствующие тормоза приводятся въ дѣйствіе и дѣйствуютъ независимо отъ поѣздной прислуги, wohl скоро явится необходимость тормозить.

Если тормоза нѣсколькихъ вагоновъ такъ соединены между собою, что они приводятся въ дѣйствіе съ одного мѣста, то называютъ ихъ непрерывными.

Въ обыкновенныхъ желѣзо-дорожныхъ тормозахъ надавливается одна или двѣ колоды въ окружности колеса и этимъ препятствуютъ движенію. Тормозныя колоды дѣлаются изъ дерева, чугуна или изъ литой стали. Дерево скоро изнашивается, а при употребленіи колоды металл. скоро изнашивается ободъ колеса.

По опытамъ, добытымъ до сихъ поръ, литая сталь самый удобный матеріалъ. Промежутокъ между колесомъ и колодкою при открытомъ тормозѣ около 5 до 6 мм.

Изъ непрерывныхъ тормозовъ слѣдуетъ упомянуть тормозъ Вестинггауза дѣйствующій давленіемъ воздуха, пневматическій тормозъ Смита, Сандерса и друг. и тормозъ Геберлейна.

Въ тормозѣ Вестинггауза сгущается воздухъ помощью маленькой паровой машины и помѣщается въ отдѣльныхъ маленькихъ резервуарахъ подъ вагонами. Коль скоро нужно тормозить надо уменьшить давленіе воздуха въ трубкѣ соединяющей всѣ резервуары между собою. Черезъ это возможно самодѣйствующее торможеніе при разрывѣ поѣзда.

Въ пневматическихъ тормозахъ выкачивается воздухъ изъ воздухо-провода вдоль всего поѣзда, и посредствомъ наружнаго воздуха нажимаются тормозныя колодки.

Въ тормозахъ Геберлейна на дискъ, наклоненный на ось тендера или вагона, нажимается роликъ, который при движеніи поѣзда начинаетъ вращаться. Круговымъ движеніемъ ролика тормозныя колодки могутъ быть нажаты въ колесахъ.

Въ пассажирскихъ вагонахъ различается: а) англійская или система съ купѣ; б) американская или система съ сообщеніемъ между вагонами. У первыхъ двери по бокамъ, у послѣднихъ въ концахъ вагоновъ и вмѣстѣ съ тѣмъ проходъ по срединѣ или немного къ боку сквозь весь вагонъ.

Чтобы соединить удобства обихъ системъ устраиваютъ проходъ вдоль одной изъ боковыхъ стѣнокъ и изъ него ведутъ двери въ отдѣльныя купѣ.

Высота пассажирскаго вагона въ срединѣ около 2,0 до 2,15 м.

Остовъ кузова обыкновенно деревянный, снабженный въ боковыхъ и концевыхъ стѣнахъ двойною обшивкою, внутри изъ дерева, а снаружи изъ листового желѣза. Полъ обыкновенно тоже двойной. Потолокъ въ I и II классахъ двойной, въ III одинарный.

Почтовый вагонъ имѣетъ обыкновенно 2 отдѣленія, одно для посылокъ другое для писемъ.

Багажные вагоны имѣютъ всегда отдѣльное купѣ для кондуктора, по срединѣ или въ концахъ вагона., или же 2 купѣ по одному на кажд. концѣ.

Товарные вагоны бываютъ крытые и открытые. Конструкція кузова очень разная для открытыхъ вагоновъ; смотря по ихъ назначенію, бываютъ они желѣзные, частью желѣзные, частью деревянные, или только изъ дерева. У крытыхъ вагоновъ кузовъ деревянный или желѣзный. Если оставъ деревянный, различаютъ еще внутреннюю или наружную обшивку; иногда обшивка двойная, но тогда внутренняя не доходитъ до потолка.

Вагоны для ремонта пути, обыкновенно платформы съ низкими бортами, изъ которыхъ продольные откидные, а концевые такъ устроены, чтобы ихъ можно было снять

Конно-железныя дороги.

Ширина колесъ конно-железныхъ дорогъ почти вездѣ нормальная въ 1,435 м. Въ послѣдніе годы построены и колеи поуже, такъ на примѣръ въ 1,10 м. (Любекъ и Брауншвейгъ) въ 1 м. (Хемницъ и Рапполтсвейлеръ) и въ 0,915 м. въ Линцѣ. При узкоколейныхъ ѣздахъ по крутымъ кривымъ (до 10 м. радіусомъ) легче; ширина кузова пассажирскихъ вагоновъ какъ и ихъ внутреннее устройство могутъ быть какъ на нормальныхъ путяхъ, но можетъ также быть уменьшена до 1,75 м. для узкихъ улицъ. Главное преимущество узкой колеи то, что обыкновенныя повозки не могутъ ходить по такой конно-железной дорогѣ и этимъ не могутъ вредить мостовой около ней.

Разстояніе для двойнаго пути или развѣздовъ обыкновенно 2,5 до 2,8 м.; въ Берлинѣ гдѣ это разстояніе прежде было 2,8 м. теперь допущено полиціею въ 2,625 м.

Самый большой подъемъ для конно-железныхъ дорогъ обыкновенно 2,5%, при допущеніи форейторовъ до 5%.

Если t обозначаетъ рабочій день, (при средней величинѣ рабочаго дня въ 8 часовъ, силѣ тяги лошади въ 18 кило, а включая силу для передвиженія собственной тяжести, въ 27 кило) то на километръ при подъемѣ S требуется

$s=0,01 \dots 0,0315 \ t.$ для $s=0,016 \dots 0,0378 \ t.$ для $s=0,03 \dots 0,0755 \ t.$

$s=0,012 \dots 0,0333 \quad " \quad " \quad s=0,020 \dots 0,0437 \quad "$

$s=0,014 \dots 0,0354 \quad " \quad " \quad s=0,025 \dots 0,0553 \quad "$

на горизонтальномъ пути $= 0,0289 \ t.$

Расположеніе пути. Обыкновенно по оси существующей улицы или параллельно ей съ удобными кривыми, гдѣ это требуется. Нынѣ болѣе не употребляется въ кривыхъ прежній плоскій виѣсный рельсъ, а взаменъ его рельсы съ желобомъ. Колея при употребленіи ихъ съуживается въ кривыхъ съ радіусомъ въ 25 м. на 2 мм. и съ радіусомъ въ 15 м. на 5 мм., чтобы облегчить направленіе колеса у виѣснаго рельса. Таковыя кривыя легче и безопаснѣе для ѣзды чѣмъ колеи съ плоскими рельсами.

При кривыхъ съ радіусомъ до 25 м. разстояніе неподвижныхъ осей не можетъ быть болѣе 1,8 м. и съ радіусомъ до 15 м. не болѣе 1,3 м.

Кривыя съ радіусомъ отъ 12 до 15 м. еще допускаются.

Верхнее строеніе. Рельсы плоскіе (съ желобомъ для реборды) разныхъ профилей, частью усиленные долевыми ребрами, нашиваются на долевыхъ подрельсовыхъ деревянныхъ брускахъ. Пришивка рельса не допускается на поверхности, находящейся въ соприкосновеніи съ колесами, а должна быть съ боку. Для подрельсовыхъ брусковъ допускается только дубовый или сосновый лѣсъ и лиственница; они простоятъ въ глинистомъ грунтѣ до 12, въ песчанномъ не болѣе 9 и въ черноземѣ не болѣе 4 лѣтъ. Прочность железныхъ рельсовъ очень разная, такъ въ Берлинѣ рельсы съ завода Бисмарк-гютте уже по истеченіи 5 лѣтъ никуда не годились (слишкомъ мягкій матеріалъ при огромной ѣздѣ), а рельсы съ завода Лаурахгютте по истеченіи 7 лѣтъ еще были годныя.

Стальные рельсы въ Берлинѣ снашиваются въ году на $\frac{1}{2}$ мм. На-

*) По Гейзингеръ фонъ Вальдеггъ.

ружное ребро и здѣсь болѣе всего испортилось; слѣдовательно можно рассчитывать, что стальной рельсъ выдержитъ до 20 лѣтъ.

Хорошее желѣзное верхнее строеніе слѣдуетъ болѣе присовѣтовать чѣмъ описанная система съ деревянными подрельсов. брусьями, тѣмъ болѣе что первоначальная стоимость немного болѣе, а расходы по ремонтнѣ много меньше.

Отъ хорошаго желѣзнаго верхняго строенія требуется слѣдующее:

1) Укладка его должна быть легкая и надежная, безъ большихъ раскопокъ грунта, которые вредятъ мостовой. 2) Вымѣнка рельсъ должна быть легка. 3) Камни для мостовой, покр. мѣръ въ верхней части призматическіе, нигдѣ не должны быть выше верхняго строенія. 4) Слѣдуетъ обратить вниманіе на плотное примыканіе, ихъ къ рельсамъ; лѣніе камней подъ рельсы не д. б. возможно. 5) Желобъ для прохода шинъ долженъ быть достаточно защищенъ и такого устройства что въ немъ не могли увязать подковы лошадей и уличная грязь легко могла быть удалена. 6) Желѣзныя поперечины не должны мѣшать мостовой, отчего онѣ большею частью изъ полосоваго желѣза и лежатъ въ промежуткахъ между камней. 7) Подбивка верхняго строенія должна быть удобная. 8) Отводъ воды долженъ быть хорошій.

Хорошія системы верхняго желѣзнаго строенія:

Гейзингеръ ф.-Вальдэгга. Вѣсъ такого верхняго строенія при высотѣ 125 мм. и подошвѣ шириною 120 мм. на погонный метръ 49 кило.; а при высотѣ 144 мм. и подошвѣ въ 140 мм. 58 кило.

Демерба изъ литой стали, вѣсъ пог. метра 76 кило.

Гарманна изъ литой стали, высота 180 мм., вѣсъ пог. метра, включая тяги и скрѣпленія, 74 кило.

Переводы конно-желѣзныхъ дорогъ, если можно, съ неподвижными стрѣлками, ибо всѣ подвижныя части въ уровнѣ улицъ трудно беречь и выступающія части д. б. избѣгаемы.

Главный принципъ неподвижныхъ стрѣлочныхъ перьевъ основывается на томъ что внутренний рельсъ того пути по которому долженъ идти вагонъ въ стрѣлкѣ немного ниже внутр. рельса другаго пути, такъ что послѣдній дѣйствуетъ въ родѣ контръ-рельса.

Пересѣченія съ желѣзн. дорогъ для паровозовъ должны быть, сколько возможно не подъ прямымъ угломъ; при косомъ пересѣченіи имѣется то преимущество что, такъ какъ паровую жел. дорогу нельзя прерывать, въ одно и тоже время только одно колесо конной дороги бываетъ безъ направленія.

Скорость ѣзды на конно-желѣзн. дорогахъ отъ 9 до 12 километр. въ ч. При подъемахъ начиная отъ 30% уменьшается скорость до 0,8 м. въ секунду. Самыя удобныя скорости въ городахъ 160 до 180 м. въ минуту, внѣ городовъ 200 до 220 м. въ минуту.

Коэффициентъ сопротивленія для конно-желѣзныхъ дорогъ по Рюльманну $= \frac{1}{150}$.

Количество лошадей опредѣляется вѣрнѣе всего если дѣлить число километровъ ѣзды на пробѣгъ одной лошади. Въ Вѣнѣ выдержала лошадь въ день 25 километровъ въ Берлинѣ 26,8 километровъ. Обыкновенно считаютъ при двухъ-конныхъ вагонахъ 8 лошадей на вагонъ въ день къ этому прибавляется 10 до 15 $\frac{1}{4}$ резервныхъ.

Вагоны. Очень удобные завода П. Хербрандъ и К^о въ Эренфельдъ около Кельна. Длина кузова 4,9 м., длина площадокъ 1,43 м., ширина кузова 2,0 м., высота надъ рельсами 3,25 м., вѣсъ 2700 *kg*. Внутри 20, на палубѣ 24 мѣста; таковые безъ мѣстъ на крышѣ вѣсомъ 2300 *kg*. Разстояніе осей 1,52 м. и 1,38 м.

Другія фирмы Ноелль въ Вюрцбургѣ, Вейтцеръ въ Грацѣ, Мильде и К^о въ Вѣнѣ. Кромѣ того имѣются для улицъ и паровозы напр. завода Крауссъ и К^о въ Мюнхенѣ.

Въ Америкѣ начинаютъ передвиженіе вагоновъ по улицамъ помощью проволочныхъ канатовъ, наприм. въ С.-Франциско, въ Германіи помощью электричества.

Проволочныя канатныя дороги. *)

Имѣютъ то большое преимущество передъ другими путями сообщенія что почти воевъ не зависятъ отъ мѣстности. Новѣйшія состоятъ изъ 2 проводныхъ и 1 ведущаго безконечнаго каната, послѣдній приводится въ движеніе помощью паровой машины. Покуда проволочноканатная дорога прямая, движеніе простое, но съ каждою кривою она дѣлается сложнѣе и дорожее. Сильное изнашиваніе проводныхъ канатовъ привело отъ желѣзныхъ—къ стальнымъ проволочнымъ канатамъ и отъ послѣднихъ къ гладкимъ желѣзнымъ полосамъ (въ Страссбургѣ).

Проводные канаты висятъ на 2 подпертыхъ роликахъ, получая дугообразный провѣсъ отъ собственной своей тяжести. Если принять кривую каната за параболу и если обозначаетъ: α уголъ образуемый канатомъ около ролика съ горизонталью; V вертикальную и H горизонтальную силу въ этомъ мѣстѣ; G вѣсъ половины каната между 2 роликами; Q вѣсъ тележки; e разстояніе между 2-мя роликами и f стрѣлку натянутого каната, l длину каната между 2 роликами; то:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{4f}{e}; \quad l = \frac{e}{2} \left[1 + \frac{2}{3} \left(\frac{2f}{e} \right)^2 \right]$$

если далѣе для ненагруженнаго каната

$$V = G; \quad H = G \cdot \cotg \alpha; \quad S = \frac{G}{\sin \alpha}$$

и для каната нагруженнаго тележкой

$$S_1 = \frac{Q + \frac{G}{2}}{\sin \alpha}$$

Напряженіе каната S_1 въ кило не должно превышать $\frac{1}{3}$ часть прочнаго сопротивленія. Если d въ *см.* диаметръ каната; δ въ *см.* диаметръ проволоки; n число проволокъ составляющихъ канатъ; B полное сопротивленіе каната въ кило на кв. сантим., то:

$$\delta = \sqrt{\frac{4S_1}{\pi \pi B}} \text{ въ сантим.}$$

если $n=36$ и $\begin{cases} B=2400 & \text{для желѣзной проволоки} \\ B=4400 & \text{„ стальной} \end{cases}$

*) По Гейзингеръ фонъ Вольдегъ.

$$\delta = \frac{\sqrt{S_1}}{260} \text{ и } d = 10 \delta = \frac{\sqrt{S_1}}{26} \text{ въ см. для жел. проволоки.}$$

$$\delta = \frac{\sqrt{S_1}}{350} \text{ и } d = 10 \delta = \frac{\sqrt{S_1}}{35} \text{ въ см. для стальн. проволоки.}$$

Колеса для каната для натяженія проводныхъ канатовъ должны имѣть діаметръ въ 70 разъ болѣе діаметра каната. Колеса же для ведущаго каната діаметръ въ 200 до 300 разъ болѣе діаметра каната. Скорость каната не болѣе 2,5 м. въ сек.; обыкновенно только 1,3 до 1,5 м.

Величину движущей силы можно принимать въ 1 лош. силу на километръ длины каната при прямой и горизонтальной линіи, на каждую кривую прибавляется $\frac{1}{2}$ лош. силы. Большіе подъемы тоже должны быть приняты въ расчетъ. Слѣдующая таблица показываетъ размѣры существующ. кон. дорогъ.

	Длина линіи въ метрахъ.	Разница высотъ мѣста нагрузки и выгрузки.	Количество ежедневной перевозки въ тоннахъ.	Объемъ перевоз. посуды гектолитровъ.	Число лош. силъ.	Діаметръ.		Скорость каната въ мину.
						Проводн. канатъ.	Ведущ. канатъ.	
						Въ мм.		
Ганноверъ	1125	горизонт.	200—300	3 hl (250 kg)	4	25—28	14	1,3
Айхъ около Карлсбада	810	—	75	1,5 hl	1	9	—	—
Гратценъ	4360	горизонт.	100—500	50 kg	10	15	—	1,9—2,5
Метцъ	2500	+ 42 м.	400	2 hl (300 kg)	12	30—25	51	1,6
Сайтъ	2150	+ 18 м.	70—100	1 hl (200 kg)	3—4			
Ау на Сигъ	1560	— 21 м.	20 въ час.	1,3 hl (275 kg)	1			
Лавръ около Рурта	2022	+ 123 м.	100—200	200 kg	8—9			
Страссбургъ	900	8 м.	30 к.м. въ ч.	2,5 hl (400 kg)				

Проволочныя канатныя дороги, для перевозки кам. угля, имѣютъ телѣжки объемъ которыхъ 1,5 до 3,0 гектолитра или 125 — 250 кило, для торфа около 50 кило, для рудъ 1 до 1,3 гектолитра или 200 — 300 кило, для перевозки земли и камня 2,5 гектолитра. Въсь телѣжекъ 80 до 90 kg. грузъ до 400 кило нетто.

Канаты поддерживаются обыкновенно на разстояніи 50—120 м. роликами на дерев. козлахъ. Въ такихъ же разстояніяхъ ставятся телѣжки.

Максимумъ подъема канатныхъ дорогъ въ иск. случаяхъ 1:4, обыкновенно не болѣе 1:10.

Высота козелъ зависитъ отъ мѣстности, но не бываетъ ниже 3 м. При переходѣ черезъ дороги козлы не ниже 6 м.; для предупрежденія паденія тяжестей изъ телѣжекъ на улицу (проѣзжую дорогу) устраивается подъ канатомъ легонькій мостикъ.

XVII. М о с т ы. *)

Об щ е е.

Попер. сѣченіе для прохода воды зависитъ отъ самого большого количества пропускаемой воды.

Ширина мостовъ для проѣзжихъ дорогъ; для проѣзда одного экипажа 3—4 м., съ отдѣльными тротуарами 5—6 м., для проѣзда 2 экипажей рядомъ 6—8 м., включая тротуары 9—11 м. Наибольшая нагрузка есть повозка вѣсомъ 10 тоннъ при разстояніи осей въ 4 м.

Ширина жемъно-дорожныхъ мостовъ. Для 2 путей 7,47 м., для 1 пути 4,014 м.

Мостовая настилка всегда должна быть на 1 м. выше самаго высокаго уровня воды, при мостахъ арочныхъ считаютъ замокъ на 0,6 м. выше уровня высокой воды. Уклонъ $\frac{1}{18}$ до $\frac{1}{30}$.

Быки $\frac{1}{3}h + 0,52$ м. гдѣ h высота быка.

Устои. Самая низкая точка вехняго края всетаки выше уровня высокой воды. Крылья подъ угломъ въ 45^0 къ оси моста съ откосомъ въ $\frac{1}{18}$ при кирпичной кладкѣ и $\frac{1}{24}$ изъ тесаннаго камня.

Деревянные мосты.

При обыкновенныхъ условіяхъ, если разстояніе балокъ 0,6 до 0,9 м. и если принимается нагрузка людьми (400 до 500 кило. на кв. м.) слѣдующіе размѣры балокъ достаточны:

Свободная длина балокъ.	Б А Л О К Ъ.	
	высота.	ширина.
3—6 м.	30 ст.	24 ст.
7 "	35 "	30 "
9 "	50 "	30 "
10 "	60 "	30 "
12 "	70 "	30 "

Каменные мосты.

Форма свода: полукруглые, пологіе, стрѣльчатые, (или готическіе) коробовые своды.

Стрѣла или подъемъ свода для отверстія — до 10 м. $= \frac{1}{12}$ }
 " " " " " " " 10 " 20 м. $= \frac{1}{10}$ } пролета.
 " " " " " " " 20 " 30 м. $= \frac{1}{8}$ }
 " " " " " " " 30 " 60 м. $= \frac{1}{6}$ }

Пять сводовъ, при сильно (пологихъ) сжатыхъ аркахъ помѣщаютъ на горизонт. высокой воды; для менѣе сжатыхъ на $\frac{1}{2}$; для коробовыхъ на $\frac{3}{4}$, для полукруглыхъ и готическихъ на $\frac{2}{3}$ стрѣлки подъ уровнемъ высокой воды.

*) По календарю Uhland'a

Мостовой настилъ. Подъемъ къ срединѣ 2—3%. Уклонъ водостокъ $\frac{1}{3}$ до $\frac{1}{2}$ ‰. Подъ мостовой надъ сводомъ слой песку въ 26 ст. толщины.

Перила высоту 1 до 1,25 м., толщиной 0,3 до 0,6 м.

Желѣзные мосты.

Наибольшая нагрузка посредствомъ поѣздовъ, разстояніе колесъ и длина буфферовъ которыхъ небольшая, но за то грузъ на колесѣ великъ. Считаютъ, что каждое колесо паровоза нагружено 13 тоннами и колесо тендера 11 тоннами, сильно груженного вагона 9 тоннами.

Вычисленіе статическое. Шведлеръ принимаетъ для статическихъ изчисленій собствен. грузъ $p=800+25.l$.килогр. (для отверстія 10—60 м.)
 $p=800+30.l$.килогр. (" " до 100 м.)
 l обозначаетъ длину отверстія въ метрахъ. 400 килограммъ вѣса p приходятся на рельсы, шпалы и настилку:

Для пролета длиною. $l=$	10	15	20	30	40	60	100
На прогон. метръ пути $p=$	1,44	1,66	1,88	2,32	2,76	3,66	5,40 тоннъ.
" " " " $z=$	8,0	6,8	6,4	6,0	5,8	5,2	4,1 "

если z равномерно распредѣленная нагрузка, производящая max. на-
 пряженія какой-либо части конструкціи.

$$\text{По Лаунхардту } z = \frac{260+2.l}{30+l} T \quad (T=\text{тонна}).$$

Для очень маленькихъ мостовъ слѣдующій общій вѣсъ на 1 путь:

Для $l=$	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	6,5	7,0	8,0 м.
Желѣзныхъ частей въ $T...$	0,3	0,4	0,8	1,1	1,3	1,6	1,8	2,1	2,6	2,6	3,2	3,9 т
Чугунныхъ въ T .	0,13	0,13	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,24	0,24	0,24	0,30 т

До пролетовъ въ 5 м. можно употреблять прокатныя Γ балки.

Высота балокъ. При параллельныхъ балкахъ $\frac{1}{12}$ — $\frac{1}{7}$, чаще всего $\frac{1}{10}$, при раскосныхъ балкахъ съ гнутыми поясами $\frac{1}{10}$ до $\frac{1}{7}$, чаще всего $\frac{1}{8}$ пролета. Толщина желѣзныхъ листовъ средн. числомъ 1 ст. Диаметръ заклепокъ=2-ой толщ. листовъ; дѣленіе заклепокъ если ихъ діам. 2—3 ст. 14 до 20 ст., длина заклепки не болѣе 10 до 12 ст. Сопротивленіе матеріала 750 килограммъ на кв. сантим.

Опорныя площади такой величины, чтобъ на кв. сантим. камня нагрузка не была бы болѣе 30—60 килограммъ. Изъ чего вычисляется размѣръ быка. Быки устраиваются всегда на 2 пути, изъ которыхъ укладывается только 1 для желѣзн. дороги въ 1 путь.

XVIII. Строительное искусство *).

1. Грунтъ для построекъ.

1. Скалистый надеженъ при толщинѣ слоя въ 3 м. и при достаточномъ его распространеніи..
2. Песчаный допускается при толщинѣ слоя въ 4 до 6 м.
3. Глинистый и мергелевый надеженъ только въ совершенно сухомъ состояніи (толщ. 2,5—3 м.).
4. Болотистый и торфяной грунтъ слѣдуетъ уплотить искусственно, если нельзя достичь твердаго грунта.
5. Насыпная земля даже послѣ долгихъ годовъ не надежный грунтъ.
6. Черноземъ слѣдуетъ всегда снять.

2. Фундаментъ.

Вычисленіе объема земли при основаніи фундаментовъ можно произвести такъ, что къ вычисленному объему каменнаго бута прибавляютъ $\frac{1}{3}$ на откосы и еще $\frac{1}{3}$ на разрыхленіе.

Стѣны фундамента (буть) должны быть такой ширины, чтобъ нагрузка ими грунта не была болѣе 25000 *kg.* на кв. м.

Фундаментъ начинается на глубинѣ въ $1\frac{1}{2}$ до 3 арш. отъ поверхности, дабы земля подъ нимъ не промерзала; полы подваловъ, если не употребляются особенные мѣры, около 30 *см.* выше уровня самой высокой грунтовой воды.

Поколь въ каждую сторону 7,5 до 10 *см.* шире стѣны зданія и покр. мѣръ 50 *см.* выше поверхности земли (не болѣе $\frac{1}{10}$ и не менѣе $\frac{1}{30}$ всей высоты зданія). Даже промежуточные стѣны въ подвалѣ на $\frac{1}{2}$ кирпича толще.

Если фундаментъ съ уступами, то каждый уступъ выш. 0,3 до 0,5 м. и шире на $\frac{1}{2}$ кирпича или на 15 *см.* если изъ бутоваго камня.

Банкетъ вышиною 0,2 до 0,3 м. и вообще 10 до 20 *см.* шире остальнаго фундамента.

3. Стѣны и простѣнки.

Нѣмецкая нормальная форма кирпича:

Длина . . .	= 25 <i>см.</i>	} кубическое содержаніе = 1950 куб. сантим.
Ширина . . .	= 12 "	
Толщина . . .	= 6,5 "	
Толщина шва . . .	= 1 "	

Толщина стѣнъ основывается на слѣдующихъ размѣрахъ:

Толщ. въ 1 кирп. = 25 *см.* въ $2\frac{1}{2}$ кирп. = 64 *см.* въ 4 кирп. = 102 *см.*

" " $1\frac{1}{2}$ " = 38 " " 3 " = 74 "

" " 2 " = 51 " " $3\frac{1}{2}$ " = 90 "

На 1 кв. м. стѣны толщиной въ 1 кирпичъ требуются 100 кирпичей.

" 1 " " " " $\frac{1}{2}$ " " " 50 "

" 1 куб. м. сплошной стѣны требуются 400 "

Прочное сопротивленіе раздавливанію на кв. сантим.:

Пористыхъ слабо обожженныхъ кирпичей 3 до 5 *kg.*

" хорошо " " 7 "

*) По календарю Uhland'a.

Кирпичной кладки на извести.	3 до 7 <i>kg.</i>
„ „ „ цементѣ.	14 „
Красный песчаникъ.	16 „
Свѣтлый „	30 до 35 „
Гранитъ „	45 „
Базальтъ „	75 „
Цементовый камень (2 ч. песку, 1 ч. цементу, сушен.).	3 „
„ „ 3-хъ мѣсячный	9 „

Толщина стѣнъ. Противъ атмосферныхъ вліяній стѣны должны были бы быть не менѣе $1\frac{1}{2}$ кирпичей. Эта толщина дается верхнему этажу, каждый этажъ по ниже на $\frac{1}{2}$ кирпича (на 12,5 ст. при тесанномъ камнѣ) толще ближайшаго верхняго (фиг. 27).

Если стѣны не кирпичные, а изъ друг. матеріала, то толщины въ слѣдующихъ цифровыхъ отношеніяхъ изъ:

Тесаннаго камня : 5 до 6; кирпича : 8; плитоваго бута : 10, неправильн. бута : 15.

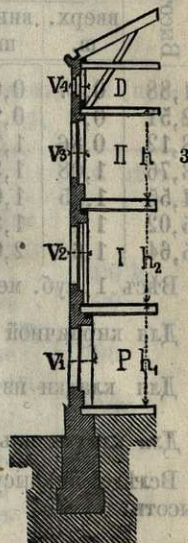
Толщина тогда должна быть при тщательной работѣ: тесаннаго камня : 20 *см.*, плитоваго бута : 45 *см.*, неправильн. бута : 65 *см.*

По Редтенбахеру:

Толщины v_3 v_2 v_1 стѣнъ для жилыхъ и фабричныхъ строеній, если t ширина и h_3 h_2 и h_1 высота этажей.

$$v_3 = \frac{t}{40} + \frac{h_3}{25}; v_2 = \frac{t}{40} + \frac{h_3 + h_2}{25}$$

$$v_1 = \frac{t}{40} + \frac{h_3 + h_2 + h_1}{25}$$



Фигура 27.

Слѣдовательно при высотѣ этажей въ 4 м.:

Э т а ж ъ.	Толщина стѣнъ при ширинѣ зданія.			
	6 м.	8 м.	10 м.	12 м.
1 (верхній)	0,31	0,36	0,41	0,46
2 этажъ.	0,47	0,52	0,57	0,62
3 „	0,63	0,68	0,73	0,78
4 „	0,79	0,84	0,89	0,94
5 „	0,95	1,00	1,05	1,10
6 (подвалъ).	1,11	1,16	1,21	1,26

Боковыя стѣны и фронтоны дѣлаются въ 1, лучше въ $1\frac{1}{2}$ кирпича въ нижнихъ этажахъ въ 2 кирпича.

Простѣнки въ верхнемъ этажѣ въ $\frac{1}{2}$ кирпича, въ нижнихъ этажахъ въ 1 кирпичъ.

Отдѣльно стоящія стѣны толщиной $\frac{1}{12}$ до $\frac{1}{8}$ высоты.

Подпорная стѣна дѣлается толщиною, какъ показываетъ слѣдующая таблица; предположено, что задняя поверхность стѣны вертикальна.

При большой высотѣ устраиваются контрфорсы, которые (если h обозначаетъ высоту подпорной стѣны), стоять въ разстояніи h до $1\frac{1}{2}h$ (никогда не болѣе 5,5 м.). Толщина подпорной стѣны внизу или при сильныхъ сотрясеніяхъ въ срединѣ $= 0,14 h$.

Высота м.	Ширина подпорн. стѣны.		Контрфорсы.		Высота м.	Ширина подпорн. стѣны.		Контрфорсы.	
	вверх. м.	внизу м.	шир. м.	толщ. м.		вверх. м.	внизу м.	шир. м.	толщ. м.
1,88	0,47	0,63	—	—	6,28	1,75	2,26	1,88	1,02
2,51	0,7	0,95	—	—	7,7	2,12	2,75	2,2	1,18
3,12	0,86	1,11	1,26	0,78	9,4	2,66	3,3	2,51	1,31
3,76	1,08	1,33	—	—	11,0	—	—	2,82	1,41
4,55	1,25	1,6	1,56	0,94	12,6	3,52	4,54	3,14	1,57
5,02	1,4	1,83	—	—	15,7	4,4	5,64	3,77	1,88
5,64	1,6	2,0	—	—	18,8	5,0	6,44	4,4	2,00

Всѣхъ 1 куб. метра въ килограммахъ.

Для кирпичной кладки . . . { свѣжей 1600—1700 килогр.
сухой 1500—1600

Для кладки изъ известняка { свѣжей 2450—2600 "
сухой 2400—2500 "

Для кладки изъ песчаника { свѣжей 2100—2300 "
сухой 2000—2100 "

Вслѣдствіи высушиванія высота стѣнъ уменьшается на $\frac{1}{200}$ до $\frac{1}{150}$ высоты.

4. Перемычки, своды и потолки.

По Ронделе толщина d сводовъ, если l длина пролета:

Для полукруглыхъ кирпичныхъ сводовъ, забученныхъ въ пазухѣ до половины высоты $d = \frac{1}{36} l$.

Для полукруглыхъ кирпичныхъ сводовъ, забученныхъ до половины высоты и отсюда до замка выровненныхъ: $d = \frac{1}{48} l$ (въ пятахъ $d = \frac{1}{32} l$.)

При бутовомъ камнѣ слѣдуетъ взамѣнъ каждой длины кирпича считать 0,4 м. Толщина устоевъ:

При стрѣльчатомъ сводѣ $\frac{1}{6}$ до $\frac{1}{7}$ пролета.

„ полуциркульномъ сводѣ $\frac{2}{11}$ „ $\frac{1}{6}$ „

„ плоскихъ сводахъ, съ стрѣлою по кр. мѣрѣ въ $\frac{1}{4}$ пролета $\frac{1}{4}$ „ $\frac{2}{9}$ „

„ плоскихъ сводахъ съ стрѣлою по кр. мѣрѣ въ $\frac{1}{8}$ пролета $\frac{1}{3}$ „ $\frac{3}{10}$ „

Если устой выше 2,5 до 5 м., то выше данная толщина устоя увеличивается на $\frac{1}{6}$ до $\frac{1}{8}$ высоты.

Прусскій сводъ образуетъ часть плоскаго цилиндра, (фиг. 28) забутка пазухи дѣлается до высоты шваперелома около котораго слабѣ своды ломаются (а именно 50°).

Самыя меньшія допускаемыя толщины, если



Фигура 28.

таковые своды должны поддерживать только тонкую насыпку и тяжесть обыкновенной комнаты.

До пролета въ 2 м. (безъ нагрузки) $\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{12}$ стрѣлки.
 „ до 2,5 м. $\frac{1}{8}$ — $\frac{1}{10}$ „
 „ „ 3 м. $\frac{1}{6}$ — $\frac{1}{8}$ „
 „ „ 4 м. — $\frac{1}{6}$ „

При нагрузкѣ (товаромъ, зерномъ) и при кладкѣ на цементъ $\frac{1}{6}$ стрѣлки.

Таблица нагрузки потолковъ.

а) Въ частныхъ домахъ и въ фабрикахъ съ легкими машинами (придильныхъ, ткацкихъ и пр.). Полезная нагрузка = 200 kg.

Способъ устройства.	Весъ вѣсь.
Сводчатый потолокъ толщ. въ $\frac{1}{4}$ кирпич.: между желѣзн. балками: пролеты въ 1—1,5 м. включая штукатурку и полы	500 kg.
Сводчатые потолки, $\frac{1}{2}$ кирпича, остальное какъ выше	600 „
„ „ $\frac{1}{2}$ „ пролеты въ 2—3 м. остальное какъ выше	700 „
Потолки изъ волнистаго листов. желѣза съ бетономъ (толщ. 13 см.) между балками	450 „
Деревян. потолокъ съ простымъ поломъ	280 „
„ „ съ двойнымъ „ или съ однимъ поломъ и со штукатуркою	300 „
„ „ съ накатомъ изъ половинокъ, поломъ и штукатур. потолка	500 „
„ „ „ круглымъ накатомъ остальное какъ выше	600 „

б) Въ фабрикахъ съ тяжелыми машинами (въ амбарахъ).

Способъ устройства.	Собств. вѣсь.	Полезная нагрузка.	Весъ грузъ.
Деревянный потолокъ съ накатомъ изъ половинокъ для танцов. залъ, театровъ	350 kg.	350 kg.	700 kg.
Деревянный потолокъ съ накатомъ изъ досокъ для соляныхъ амбаровъ	200 „	600 „	800 „
Деревян. потолокъ съ накатомъ изъ досокъ для купеческихъ амбаровъ	250 „	750 „	1000 „
Сводчатые потолки, въ $\frac{1}{2}$ кирпича, между желѣзн. балками для пролетовъ въ 1—1,5 м. въ фабрикахъ или складахъ	450 „	500 „	950 „
Сводчатые потолки въ 1 кирпичъ, пролеты 2—3 м., остальн. к. выше	650 „	500 „	1150 „
Потолокъ изъ волнистаго листов. желѣза засыпанный бетономъ (толщ. 20 м.) остальное какъ выше	350 „	500 „	850 „

5. Деревянные балки.

Разстояние балокъ отъ середины до середины обыкновенно 0,9 м.; при большихъ нагрузкахъ до 0,75 м. при малыхъ до 1,2 м. Самое лучшее отношеніе для прочности балки прямоугольнаго сѣченія 5 : 7.

Размѣры свободно лежащихъ на опорахъ балокъ при обыкновенной нагрузкѣ:

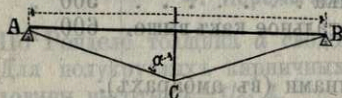
Пролѣтъ балки.	Балокъ.		Примѣчаніе.
	шир.	вышин.	
3,5	18	18	
4,0	18	20	
4,5	18	22	
5,0	18	26	При разстояніи балокъ въ 1 до 1,1 м.
5,5	22	26	принимается при пролѣтѣ l , высота
6,0	26	26	h (16+2 l м.) сантим.
6,5	26	29	
7,0	29	29	
8,0	38	32	

Связи необходимы при каждой 3 или 4 балкѣ (желѣзн. шир. 5 см. толщ. 1,5 см.

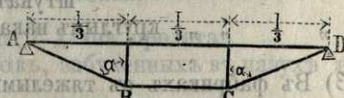
Мауерлаты дѣлаются 12 см. въ квадратъ.

Полы толщиной 3,5—4,5 см.

Составныя балки, (съ зубами) высотой h слѣдуетъ вычислять какъ обыкновенныя балки, только прочность ихъ равна лишь $\frac{3}{4}$ прочности цѣльной балки.



Фигура 29.



Фигура 30.

Составныя балки съ подкосами. При равномерно распределенной нагрузкѣ въ p кило на погон. метръ наибольшій сгибающій моментъ по фиг. 29 будетъ M_0 .

$$\text{Давленіе на опоры } A \text{ и } B \dots \dots \dots = \frac{1}{32} pl^2.$$

$$\text{Давленіе на среднюю опору } C \dots \dots \dots = \frac{8}{16} pl.$$

$$\text{Давленіе по направленію } AB \dots \dots \dots = \frac{5}{16} pl \cdot \tan \alpha.$$

$$\text{„ по направленію } AC \text{ и } BC \dots \dots \dots = \frac{5}{16} \frac{pl}{\cos \alpha}.$$

$$\text{Для фиг. 30 наиб. моментъ} \dots \dots \dots = \frac{1}{90} pl^2.$$

$$\text{Давленіе на опоры } A \text{ и } D \dots \dots \dots = \frac{4}{30} pl.$$

$$\text{„ „ среднія подпоры } B \text{ и } C \dots \dots \dots = \frac{11}{30} pl.$$

$$\text{„ по оси=растяженію въ } DC \dots \dots \dots = \frac{11}{30} pl \cdot \tan \alpha.$$

$$\text{Растяженіе въ } AD \text{ и } CD \dots \dots \dots = \frac{1}{30} \frac{pl}{\cos \alpha}.$$

6. Крыши.

Ригели дѣлають, если они безъ подкосовъ, дл.: 5 м. съ двумя подкосами дл.: 7—7,5 м., съ 3-мя подкосами дл.: 10 м.

Главная балка, связь или затяжка безъ подставокъ дѣлается 4 до 4 1/2 м.

Поперечины ставятся при черепичныхъ крышахъ въ разстояніи 3,5 до 4 м. отъ середины до середины, при желѣзныхъ крышахъ 4—4,5 м.

Рѣшетины ставятся на разстояніи:

При драчевыхъ крышахъ = 1,25—2 м.

„ металлическихъ крышъ = 1,25—1,4 м.

„ крышахъ изъ плитъ = 1,25—1,5 м.

„ асфальтовыхъ крышъ = 1,25—1,75 м.

Черепица { простой = 1,0—1,25 м.

двойной = 1,0—2 м.

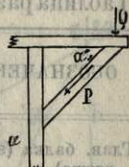
Таблица вѣса разныхъ кровельныхъ матеріаловъ и нагрузки на кв. м. поверхности крыши:

Кровельный матеріалъ и способъ покрытія.	Нагрузка въ кило на кв. м. поверхности при скатѣ крыши въ									
	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	1/8	1/9	1/10	1/11
Вѣсъ въ кило										
Черепица { двойная } крыша	290	260	244	—	—	—	—	—	—	—
{ одиночная }	264	233	218	—	—	—	—	—	—	—
Асбидная плита { англійская	238	208	193	183	—	—	—	—	—	—
{ нѣмецкая	258	225	218	196	—	—	—	—	—	—
Асфальтъ { съ глин. смазкою подъ нимъ	238	208	193	183	178	175	173	170	168	168
{ съ плитами	264	233	218	208	203	200	198	195	193	193
Листовой цинкъ или желѣзо	203	173	157	147	142	140	137	135	132	132
Кровельный толь (смоленый)	193	168	147	137	132	130	127	125	123	123
Солома или камышъ { съ глиною	238	208	—	—	—	—	—	—	—	—
{ безъ глины	223	193	—	—	—	—	—	—	—	—

Подвѣсныя и шпренгельныя системы.

При нагрузкѣ Q , давленіе въ подкосъ $P = \frac{Q}{\sin \alpha}$:

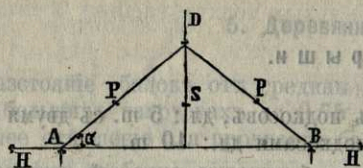
Если Q нагрузка раздѣлена равномерно по всей длинѣ балки, то для простой подвѣсной системы, бабка которой получаетъ давленіе D (фиг. 32): давленіе на опоры A и B . будетъ $R = \frac{1}{2} D + \frac{5}{16} Q$, Растяженіе въ бабкѣ $S = \frac{5}{8} Q$; растяженіе $P = \frac{1}{2} D + \frac{5}{16} Q$; $H = \frac{1}{2} D + \frac{5}{16} Q \cdot \cotg \alpha$.



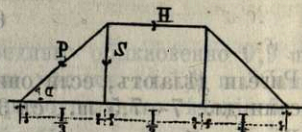
Фигура 31.

Для двойной подвѣсной системы: (фиг. 33).

$$S = \frac{11}{30} Q; \quad P = \frac{11}{30} \frac{Q}{\sin \alpha}; \quad H = \frac{11}{30} \frac{Q}{\tg \alpha}$$



Фигура 32.



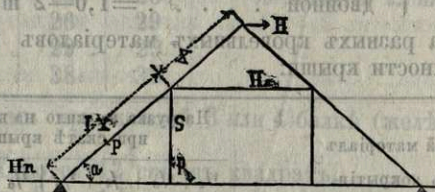
Фигура 33.

Въ простомъ строилѣ съ однимъ ригелемъ (фиг. 34), бабки котораго стоятъ отвѣсно:

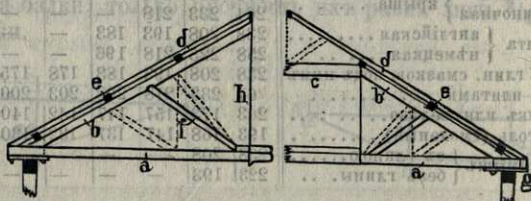
$$H = \frac{3}{16} Q \cdot \cotg \alpha; H_1 = \frac{3}{16} Q \cdot \sin 2\alpha;$$

$$H_n = \frac{1}{16} Q \cdot \cotg. (3 + 10 \sin^2 \alpha) \text{ (растяжение въ затяжкѣ).}$$

$$P = \frac{1}{16} Q \left(\frac{3}{\sin \alpha} + 10 \sin \alpha \right); S = \frac{3}{8} Q \cdot \cos^2 \alpha$$



Фигура 34.



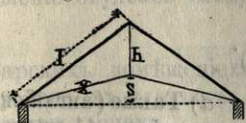
Фигура 35—36.

Таблица размѣровъ деревянныхъ частей для строилъ отъ 9 до 24 метр. *)

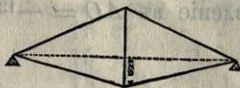
ОБОЗНАЧЕНІЯ.	ПРОЛЕТЪ ВЪ МЕТРАХЪ								
	9 м. см.	10 м. см.	12 м. см.	14 м. см.	15 м. см.	17 м. см.	18 м. см.	21 м. см.	24 м. см.
Глав. балка (затяжка).....	a 13×18	15×18	15×20	18×20	20×23	20×30	23×28	25×28	25×30
Главн. стр. ноги.....	b 13×13	13×15	15×18	18×18	20×20	20×23	23×23	23×25	25×28
Ригель.....	c 13×13	13×15	15×18	18×20	20×20	20×23	23×23	23×25	25×28
Обрѣшетка.....	d 5×13	5×13	5×15	5×15	5×15	5×18	5×18	6×20	8×23
Поперечины.....	e 13×15	13×15	13×15	15×18	15×20	15×20	15×23	15×23	15×23
Подкосы.....	f 8×10	8×13	8×15	10×18	10×20	13×20	13×23	15×23	15×23
Струны.....	h 2,5	2,5	2,5	3	3	3,5	4	4,5	5
Болты.....	2	2	2	2	2	2,5	3	3	3,5

*) Эта таблица заимствована изъ "Pocket book of Mechanics and Engineering by f. W. Nystrom".

8. Желѣзныя крыши.



Фигура 37.



Фигура 38.

а) Фиг. 37 и фиг. 38, послѣдняя для плоскихъ крышъ, удобны для пролетовъ до 10 м. При нагрузкѣ Q силы:

$$X = \frac{Qx}{2h}; \quad H = \frac{Q \cdot s}{h}; \quad L = \frac{Q \cdot l}{2h}$$

если $s=0$, то и $H=0$, Q —равномѣрно раздѣлен. грузъ на половину фермы.

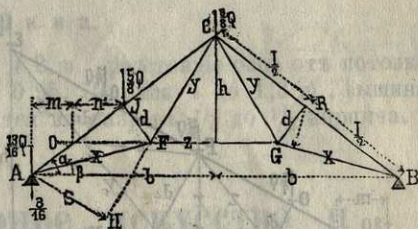
б). Простое строило системы Ролонсеау, удобное для пролетовъ до 15 м. строится такъ, какъ дано на фиг. 39.

$r \perp$ отъ R къ GB .

OF продолженіе линіи FG .

FH " " CF .

$s \perp$ къ FH .



Фигура 39.

При длинѣ ската $= l$ и пролетѣ $= 2b$; $X = \frac{13}{32} Q \cdot \frac{b}{r}$

$$Y = \frac{Q}{16s} (13 \text{ м.} + 10 \text{ н.}); \quad Z = \frac{Q \cdot b}{2h}; \quad D = -\frac{5}{8} Q \cdot \frac{b}{l}$$

$$\text{Сжатіе въ } AJ = -X \cdot \frac{\cos \beta}{\cos \alpha}; \quad \text{въ } JC = -Y \frac{\sin(2\alpha - \beta)}{\sin \alpha}$$

с. Эта система (фиг. 40) употребляется для пролетовъ до 20 м.

$$AO = OB = BC = \frac{l}{3};$$

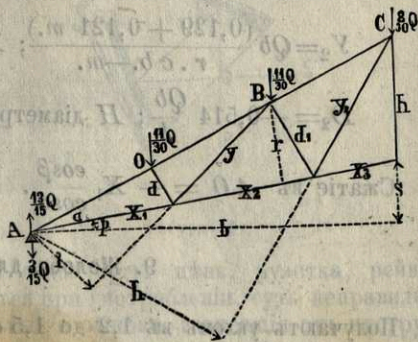
$$X_1 = \frac{52}{90} Q \cdot \frac{b}{r}$$

$$X_2 = \frac{41}{90} Q \cdot \frac{b}{r};$$

$$Y = \frac{11}{90} Q \cdot \frac{b}{t};$$

$$D = -\frac{22}{60} Q \cdot \frac{b}{l};$$

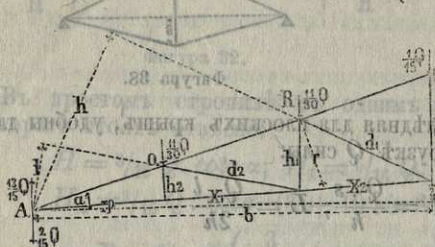
$$H = \frac{2}{3} Q \cdot \frac{b}{r} \sin \beta$$



Фигура 40.

$$X_3 = 30/90 Q \frac{b}{r}; \quad Y_1 = 11/30 Q \frac{b}{t_1}; \quad D_1 = -33/60 Q \frac{b}{l};$$

$$\text{Давление въ } AO = -13/13 Q \frac{\cos \beta}{\sin(\alpha - \beta)}.$$



Фигура 41.

д) Также (английскія стропила) фиг. 41 употребляется для пролетов до 20 м.

При тѣхъ же данныхъ какъ въ предыдущемъ.

$$X_1 = 52/90 Q \frac{b}{r}; \quad X_2 = 41/90 Q$$

$$H_1 = 11/60 P;$$

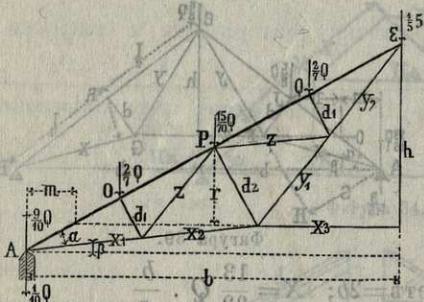
$$H = \frac{Q}{15h} (11h + 15s)$$

h_2 діаметромъ 1,5 см. и служить для подвѣшиванія X_2

$$D = 11/90 Q \frac{b}{t}; \quad D_1 = 11/30 Q$$

Сжатіе въ $AO =$

$$-13/13 Q \cdot \frac{Q \cdot \cos \beta}{\cos(\alpha - \beta)} = X_1 \frac{\cos \beta}{\cos \alpha}$$



Фигура 42.

е). Болѣе сложное строило Ролонсеау употребляется для пролетов въ 25 до 30 метр. (фиг. 42).

При совершенно симметрическомъ расположеніи узловыхъ точекъ:

$$X_1 = 0,45 Q \frac{b}{r}; \quad Y_1 = Qb \frac{(0,20 - 0,05 m.)}{r(b - m.)}; \quad X_1 = 0,379 Q \frac{b}{r};$$

$$Y_2 = Qb \frac{(0,129 + 0,121 m.)}{r \cdot c b - m.}; \quad X_3 = \frac{Qb}{2h}; \quad D_1 = -0,285 \frac{Qb}{l}$$

$$D_2 = -0,514 \frac{Qb}{l}; \quad H \text{ діаметромъ отъ 1,5 до 2,5 сантиметр.}$$

$$\text{Сжатіе въ } AO = -X_1 \frac{\cos \beta}{\cos \alpha}.$$

9. Желоба для крышъ.

Получаютъ уклонъ въ 1,2 до 1,5 ст. на погон. м.; въ разстояніяхъ 12—15 м. устраиваются водосточныя трубы діаметромъ въ 7 до 15 см.

10. Лѣстницы.

Отношеніе ступеней слѣдующее: 2 подъема + 1 ширина ступени = 62 см.

	Шир. ступени.	Подъемъ 1 ступ.	Шир. лѣстн.
Въ барскихъ помѣщеніяхъ.	32 ст.	15 ст.	2—3 "
„ публичныхъ зданіяхъ.	32 "	15 "	1,5—2 "
„ жилыхъ домахъ.	26 "	18 "	1 до 1,25 "
„ подвал., для лѣстн. на черд.	20 "	21 "	0,5 до 0,75 "

11. Двери.

Ширина: къ высотѣ = 1 : 2 или 1 : 2 $\frac{1}{4}$.

Ширина для жилыхъ комнатъ 0,9 — 1,25 м.

„ дверей въ 2 раствора 1,25—1,5 "

„ „ наружныхъ 1,5 — 2,3 "

„ „ сараевъ и амбаровъ 2,5 — 4 "

12. О к н а.

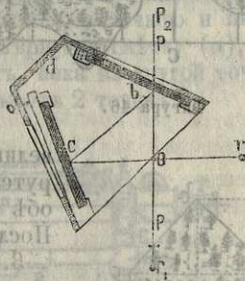
При высотѣ комнаты въ 3 до 4,2 м., разстояніе окна отъ потолка 0,3 до 0,5 м., отъ полу 0,7 до 0,95. Ширина 1 до 1,3 м., высота 2 до 2,7 м. Оконныя рамы кладутся въ пазу въ $\frac{1}{4}$ до $\frac{1}{2}$ кирпича.

XIX. Землемѣрное искусство и нивелировка.

По опытамъ средняя длина шага 20-лѣтн. человѣка 80 см., причемъ можетъ быть ошибка въ 5%. Разность шага одного и того же человѣка бываетъ 1 до 2%. Скорость хода человѣка съ цѣлью измѣренія шагомъ 5 км. въ часъ; при продолжительномъ занятіи 5,5 км.



Фигура 43.



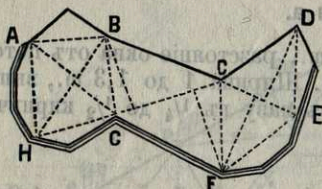
Фигура 44.

1. Инструменты для измѣренія линіи суть: цѣпь, рулетка, рейки и колеса. Ошибки, могущія являться при употребленіи, суть неправильныя положительныя и отрицательныя и ошибки, зависящія отъ инструмента.

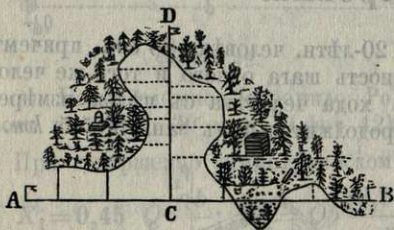
Колеса для измѣренія линіи при окружности въ 2 м. даютъ неточность въ 0,019 м. Средняя величина неточности при другихъ инструментахъ на 50 м. около $+0,02\%$; при длинѣ 100 м. около $+0,03\%$.

2. Инструменты для разбивки прямыхъ угловъ: а) эккеръ или угловой мѣрный барабанъ, смотри фиг. 43, для разбивки угловъ въ 90° и въ 45° ; б) угольное зеркало для разбивки угловъ въ 90° фиг. 44. Если требуется съ помощью этого инструмента провести перпендикуляръ изъ r къ прямой $p_1 p_2$; то занятый этимъ наблюдатель двигается отъ p_1 , держа инструментъ предъ глазами, до тѣхъ поръ пока вѣшка видна въ зеркалѣ и вмѣстѣ съ тѣмъ закрываетъ вѣшки p_1 и p_2 , тогда o есть искомая точка, ибо уголъ $por = 90^\circ$.

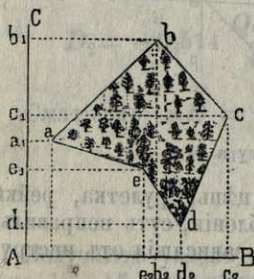
Правильность инструмента испытывается тѣмъ, что, провизировавъ отъ p_1 и отъ p_2 , слѣдуетъ въ обоихъ случаяхъ получить одну и ту же точку o , въ противномъ случаѣ вывѣряется разница посредствомъ вывѣрочнаго винта.



Фигура 45.



Фигура 46.



Фигура 47.

Чтобы съ помощью этихъ инструментовъ измѣрять маленькую площадь, мѣсто для постройки или землю можно: во 1) раздѣлить всю площадь на множество треугольниковъ, площадь которыхъ вычисляется изъ основной линіи и высоты треугольника. Сумма отдельныхъ треугольниковъ составляетъ общую площадь; во 2) вѣшаютъ прямую линію и другую къ ней перпендикулярную такъ что можно взять перпендикуляры изъ угловъ площади, такимъ образомъ получается нѣсколько трапецій, сумма которыхъ составляетъ всю площадь; въ 3) земля которую слѣдуетъ измѣрить помѣщается въ координатную систему (если же она не слишкомъ

велика, то въ одной четверти) и теперь берутся перпендикуляры отъ каждого угла на ось координатъ, записываютъ длины. Послѣ чего легко вычислить площадь.

3. Инструменты для измѣренія разности высотъ.

1) Ватерпасъ съ отвѣсомъ. Для изслѣдованія горизонтальной линіи, ватерпасъ кладется на нее и если отвѣсъ сходится съ черточкою ватерпаса, то горизонтальность линіи достигнута. Взамѣнъ ватерпаса употребляется и уровень.

2) *Водяной уровень*. Горизонтальная линия определяется, по принципу сообщающихся трубок, уровнем крашенной воды, который долженъ быть одинаковъ въ обѣихъ вертикальныхъ трубкахъ.



Фигура 48.



Фигура 49.

3) *Нивелиръ*. Зрительная труба соединена съ уровнемъ такъ, что ихъ оси параллельны. Обѣ вмѣстѣ вращаются на вертикальной оси, и по установкѣ пузырекъ не долженъ колебаться.

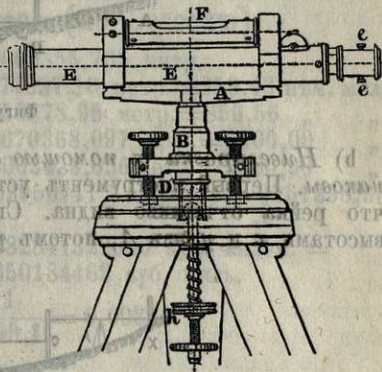
Инструментъ имѣетъ трехножникъ съ установочными винтами и крѣпко привинчивается къ стиву.

Существуютъ нѣсколько конструкций нивелировъ.

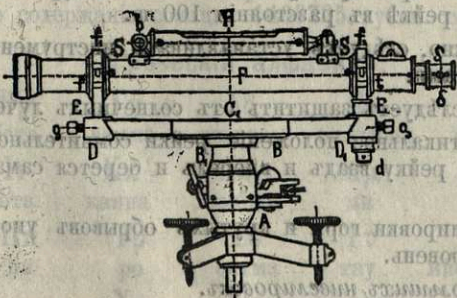
1. *Уровень и зрительная труба* прочно соединены съ станкомъ нивелира.

а) Ось уровня подъ прямымъ угломъ къ вертикальной оси вращения. Слѣдуетъ по глазомеру ставить инструментъ какъ можно горизонтальнѣе, послѣ чего уровень надъ 2 винтами ставится горизонтально. Если поворачивать инструментъ на 180° , то половина отклоненія уровня исправляется винтами подъемными, а другая винтами приуровнѣ.

б) Ось уровня параллельна къ оптической оси. Слѣдуетъ установиться гдѣ либо между двумя удаленными пунктами *A* и *B*, и посредствомъ трубки записываютъ отмѣтки на рейкѣ. Потомъ подходятъ столь близко къ одной изъ точекъ, что ошибку отъ разстоянія между точкою и инструментомъ можно пренебречь и записываютъ вѣрную отмѣтку (*a*), потомъ слѣдуетъ передвигать волосяной крестъ, пока на другой точкѣ прочтутъ отмѣтку $= a \pm h$, если *h* разность высотъ 2 точекъ.



Фигура 50.



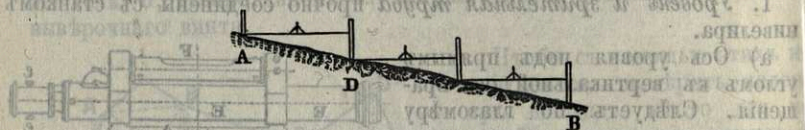
Фигура 51.

2. *Конструкция.* Трубка соединена съ уровнемъ, но ее можно вынимать и переставлять въ подшипникахъ. Если можно предполагать, что наружныя кольца трубы въ подшипникахъ одинаковыя, то проверяется уровень тѣмъ, что онъ ставится горизонтально, трубка переключается; если пузырекъ отойдетъ отъ середины, то половины его отклоненія исправляютъ винтами при уровнѣ, а другую — подъемными винтами. Если этого нельзя предполагать, то проверка таже, какъ въ конструкции 1; но не слѣдуетъ перемѣшивать подшипниковъ.

3. Правила при употребленіи нивелировочныхъ инструментовъ:

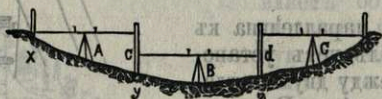
а) Чтобы нивелировать на маленькомъ разстояніи съ помощью ватерпаса, поступаютъ слѣдующимъ образомъ:

Если слѣдуетъ измѣрить разницу въ высотѣ между *A* и *B*, то ставится рейка и замѣряется въ высотѣ между *A* и *D* и т. д. покуда дойдутъ до *B*.



Фигура 52.

б) *Нивелировки съ помощью водяного уровня и нивелиры одинаковы.* Первый инструментъ устанавливается въ такомъ разстояніи, что рейка отчетливо видна. Сперва опредѣляютъ разницу между высотами *x* и *y* изъ *A*, потомъ *y* и *z* изъ *B* и т. д. до конца.



Фигура 53.

в) При прививке нивелиромъ слѣдуетъ обратить вниманіе на то, чтобы:

1. Остановки не были бы слишкомъ далеки и какъ можно въ одинаковомъ разстояніи.
 2. Слѣдуетъ сперва проверить неточность въ уровнѣ, если таковая находится, по рейкѣ въ разстояніи 100 м.
 3. Если можно, слѣдуетъ устанавливать инструментъ на срединѣ между 2 пикетами.
 4. Уровень слѣдуетъ защитить отъ солнечныхъ лучей.
 5. Если вертикальное положеніе рейки сомнительно, то пусть рабочий двигаетъ рейку назадъ и впередъ и берется самая большая отмѣтка.
 6. Для нивелировки горъ и крутыхъ обрывовъ употребляется ватерпасъ или уровень.
- д) *Затѣсь болшихъ нивелировокъ.*

Мѣстностьнаблюденія числа и мѣсяца.

№	О т м ѣ т к а.			В ы с о т а.		Примѣчан.
	Назадъ.	Насредин.	Впередъ.	Отмѣтки.	Пикета.	

е) *Запись маленькихъ нивелироковъ.*

Мѣсто стоянки.	О т м ѣ т к а.		Примѣчанія.
	Назадъ.	Впередъ.	

Если сумма отмѣтокъ назадъ больше чѣмъ впередъ, то вы имѣете дѣло съ углубленіемъ.

Размѣры земнаго шара (по Бесселю).

Длина четверти меридіана . 10000855,765 метр.
 Радиусъ у экватора . . . = 6377397,16 метр.=859,43 нѣм. миль.
 " у полюсовъ . . . = 6356078,96 метр.=856,56 " "
 Окружность у экватора. . = 40070368,097 метр.=5400,00 "
 " въ меридіанѣ. . = 40003423,056 метр.=5390,98 "
 Поверхность земнаго шара.= 509950741,3 кв.килом.=9261238,3□
 миль.

Объемъ " " . = 1082841322500 куб. килом. =
 2650184468 куб. миль.

Сплюснутость " " . = $\frac{1}{299,1} = 0,00334$.

Эксцентриситетъ=0,081697.

Отношеніе воды къ твердой землѣ на земн. шарѣ 73,90% : 26,10%.

Разстояніе луны отъ земли=60 радиусовъ земнаго шара.

Диаметръ луны=0,27234 диаметра земли=688,635 нѣм. миль.

Поверхность луны= $\frac{1}{14}$ поверхности земли.

Кубическое содержаніе луны=0,0201611 куб. сод. земли.

Разстояніе солнца отъ земли=20682000 нѣм. миль.

Диаметръ солнца=112,05 діам. земли=192600 нѣм. миль.

Поверхность солнца 12557 поверхности земли.

Кубическое содержаніе солнца=1409725 кубич. содерж. земли.

Греческій алфавитъ.

Αα	Ββ	Γγ	Δδ	Εε	Ζζ	Ηη
альфа	бета	гамма	дельта	эпсилонъ	цѣта	эта
Θθ	Ιι	Κκ	Λλ	Μμ	Νν	Ξξ
тѣта	іота	каппа	ламбда	ми	ни	кси
Οο	Ππ	Ρρ	Σσ	Ττ	Υυ	Φφ
омікронъ	пи	ро	сигма	тау	ипсилонъ	фи
		Χχ	Ψψ	Ωω.		
		хи	пси	омѣга.		

Сокращенія.

km = километръ.

m = метръ.

cm = сантиметръ.

mm = миллиметръ.

cvt = кубическій метръ.

hl = гектолитръ.

l = литръ.

t = тонна.

kg = килограмъ.

ПРИБАВЛЕНІЕ.

XX. Газовое освѣщеніе.

1) *Выходъ газа* изъ 100 *klg*.

Выходъ кокса:

Уголь изъ Цвикау	24,7—25,2	куб. м.	63—70	вѣс. проц.	91—101	об. пр.
„ Рурскій	23,6—32,0	„	60—76	„	120—165	„
„ нижнесилезк.	28, —	„	65—70	„	120—150	„
„ верхнесилезк.	28,2—29,0	„	55—60	„	120—145	„
Богедь(Ньюкестль)	33,4—37,6	„	66—75	„	150—170	„

2. *Побочные продукты:*

1. Смола: удѣл. вѣсъ среднее 1,2; выходъ 3,5—6 вѣсов. проц.; 1 *hl* смолы вѣсомъ около 115 *klg*.

2. Амміачная вода: выходитъ 6—9⁰/₀ въ 1—8⁰ Боме, смотря по способу полученія и 1—5⁰/₀ содержанія чистаго амміака.

3. *Свойства свѣтильнаго газа:*

а. Удѣльный вѣсъ среднимъ числомъ—0,4

в. Сила свѣта. Для измѣренія служитъ *) фотометрическая свѣча изъ возможно чистаго парафина въ 20 мм. діаметромъ (свѣтильня изъ 24 бум. нитей) и такой длины, что 6 свѣчъ вѣсятъ 1¹/₂ *klg*. Для измѣренія пользуются правиломъ: „Сила (интесивность) свѣта обратно пропорціональна квадратамъ разстояній отъ источника свѣта“.

с. Составныя части неочищеннаго газа, ухудшающія его, суть: углекислота до 4⁰/₀; амміакъ 5⁰/₀; сѣрнистый водородъ до 2⁰/₀. Чѣмъ болѣе содержитъ газъ углекислоты, тѣмъ длиннѣе пламя; углекислота мутитъ известковую воду и черезъ это узнается.

д. Отъ примѣси воздуха уменьшается сила свѣта, а именно:

при 1 ⁰ / ₀ воздуха на	6 ⁰ / ₀	При 9 ⁰ / ₀ воздуха на	64 ⁰ / ₀
„ 2 „ „	11 „	„ 10 „ „	67
„ 3 „ „	18 „	„ 20 „ „	93
„ 4 „ „	26 „	„ 30 „ „	98
„ 6 „ „	44 „	„ 40 „ „	99
„ 8 „ „	58 ⁰ / ₀	„ 45 „ „	100

е. Нагрѣвательная сила газа: 1 куб. м. газа даетъ 3000 калорій и 30 литровъ газа доводятъ до кипѣнія 1 литръ воды; къ нагрѣваемому газу долженъ быть примѣшано 45 до 40⁰/₀ воздуха (по объему).

4. *Аппараты.* Сырой матеріалъ подвергается сухой перегонкѣ въ герметически закрытыхъ аппаратахъ; отдѣленіе газовъ замѣтно начинается при 100⁰; нагрѣваютъ до 1000⁰ (свѣтлокрасное каленіе). Время перегонки 4—6 часовъ, при усиленномъ производствѣ 3 часа.

*) Въ Германіи. Во Франціи Карсельская лампа, діаметръ свѣтильни 30 мм., жигаетъ въ часъ 42 грамма сурьиннаго масла.

а. *Ретортныя печи* либо овалныя, либо полукруглаго попер. сѣченія. Въ слѣдующей табличкѣ даны нормальныя формы установленныя обществомъ специалистовъ газоваго дѣла въ Германіи.

Овальное поперечное сѣченіе.

Полукруглое поперечное сѣченіе.

№	Ширина мм.	Высота мм.	Вѣсъ реторты въ килогр.	№	Ширина мм.	Высота мм.	Вѣсъ реторты въ килогр.
I	525	980	560—620	V	525	365	510—565
II	525	315	525—580	VI	525	315	490—540
III	570	380	550—600	VII	470	350	490—545
IV	430	350	490—540	VIII	430	815	475—540

Длина ретортъ 2,4—2,8 м.; толщина стѣнокъ 60—65 мм.; въ Реторты средней величины заряжаютъ среднимъ числомъ:

при 5 часовомъ времени перегонки 90—125 килогр.
 „ 4 „ „ „ 75—100 „

Каждая реторта производитъ среднее въ 24 часа изъ вестфальскаго газоваго угля 120—170 кило газа. На потерю газа въ трубахъ считаютъ около 70%.

При перегонкѣ вестфальскій уголь даетъ:

Въ 1-й 2 3 4 часъ.
 124 куб. м. 85 куб. м. 48 куб. м. 13 куб. м. Сумма 270 куб. м.
 0533 уд. в. 0,410 уд. в. 0,327 уд. в. 0,268 уд. в.

Каждая печь производитъ среднимъ числомъ въ 24 часа:

При 3 ретортахъ 435 куб. метр.

5—”

725 ” ”

6 ”

950 ” ”

7 ”

1100 ” ”

в. *Конденсаторъ*. На 100 куб. газа необходимо по кр. мѣрѣ 1,5 кв. м. охлаждающей поверхности.

с. *Скрубберъ*. Его величина опредѣляется такъ, чтобъ газъ проходилъ его въ теченіи 8—10 минутъ; слѣд. его объемъ д. б. равенъ наибольшему полученію газа въ теченіи 8—10 минутъ.

д. *Экстаусторъ*. Самые употребительные экстаусторы *Beale*'я. При 0,3 м. длины и діаметра одинъ такой экстаусторъ достаточенъ на 112 куб. м.; при 0,6 м. діаметра на 560 куб. м., при 100 и 55 оборот.

е. *Очищающіе аппараты*. Масса Ламинга состоитъ изъ смѣси купороса, гидрата извести и древесныхъ опилокъ. Составъ: 1 кило дрѣв. опилокъ смѣшивается съ 1 кило просѣянной извести (погашенной въ порошокъ) обливается растворомъ зеленого желѣзнаго купороса и остается лежать на воздухѣ до тѣхъ поръ, пока масса получитъ краснобурный цвѣтъ. На 100 куб. м. выработки газа въ 24 часа общая площадь бываетъ 0,35 кв. м., при чемъ масса кладется слоемъ 0,3 м. толщиною; скорость газа около 5 мм. При очищеніи известковымъ молокомъ на 100 куб. м. газа необходимо 8 кило негашенной извести, объемъ которой при гашеніи увеличивается вдвое; считаютъ на 100 куб. м. газа до 32 квадр. сантим. площади.

5. *Газомедеръ*. Отношеніе высоты къ діаметру=1:2. Полезное пространство колокола газомедера д. б. 70—75%, наименьшее 50%, наибольшего расхода газа въ 24 часа.

Толщина желѣза	Боковая поверхность	Потолокъ.
для газомедероу въ 30 куб. м.	9, 9 кило на кв. м.	11,0 кило на кв. м.
" " отъ 30 до 150 " "	12,1 " " " "	11,0 " " " "
" " " 150 " 900 " "	13,2 " " " "	12,1 " " " "
" " " болѣе 900 " "	14,6 " " " "	13,2 " " " "

Давленіе въ газомедерѣ 56—74 мм. водянаго столба.

Зазоръ газомедера 300 мм. на діаметръ при малыхъ, 600 мм. на діаметръ при большихъ газомедерахъ. Толщина направляющихъ столбовъ для газомедероу опредѣляется по давленію вѣтра, которое составляетъ 0,57 полного давленія на кв. м. вертикальной прямой поверхности.

при ураганѣ это послѣднее давленіе бываетъ 196 кило на кв. м.

" штормѣ " " " " 110 " " " "

6. *Газопроводныя трубы*. Обозначимъ d діаметръ трубъ въ cm , Q часовой расходъ въ куб. м. и L длина газопровода, то

$$d=0,354 \sqrt[3]{QV \sqrt{L}}$$

Для предварительнаго расчета можно принимать скорость газа въ трубахъ=3 м. при $Q>100$ куб. м. и=0,3 (1+0,1 Q) м. при $Q<100$ куб. м.

Въ главной газовой линіи давленіе газа д. б. не менѣе 17 мм. водянаго столба. На 1 метръ разности уровней можно считать 0,8 мм. разности давленій.

7. *Расходъ газа*. Освѣщеніе улицъ. Разстояніе между фонарями 25—30 м., въ переулкахъ до 45 м. Высота пламени надъ уровнемъ улицъ 3—3,6 м. Среднимъ числомъ считаютъ 0,15 куб. м. газа въ часъ при давленіи 12 мм. водянаго столба на каждую горѣлку или рожокъ.

Освѣщеніе закрытыхъ пространствъ. Употребляются рожки въ 0,11—0,28 куб. м. часоваго расхода. Для большаго пламени предпочитаютъ разрывныя горѣлки; если пламя окружено колакомъ (стекломъ), то давленіе м. б. уменьшено до 5—6,5 мм.

Аргандова горѣлка требуетъ давленіе 5—10 мм., имѣетъ 32—40 отверстій шириною 0,8 мм.; діаметръ круга, по которому расположены отверстія, равенъ 18—20 мм.

XVI. Электрическое освѣщеніе *).

Эдисону принадлежитъ заслуга построенія первыхъ практически годныхъ къ употребленію лампъ съ накаливаніемъ; ему же вмѣстѣ съ Сименсомъ и другими принадлежатъ многочисленныя улучшенія въ электрическомъ освѣщеніи, въ лампахъ и въ динамо-электрическихъ машинахъ.

Электрическое освѣщеніе вообще имѣетъ предъ газовымъ преимуществъ полной безопасности отъ пожара, не портитъ воздухъ въ освѣ-

*) Составилъ В. И. Ребиковъ.

щаемых пространствах, нагреваетъ его въ весьма незначительной степени, даетъ мягкій пріятный для глаза свѣтъ и при этомъ возможно лучшее общее освѣщеніе. Свѣтъ отъ накаливанія, какъ свѣтъ раздѣленный, пригоденъ для освѣщенія театровъ, вокзаловъ (станцій) прядильнъ, типографій, писчебумажныхъ и сахарныхъ заводовъ и вообще закрытыхъ пространствъ; свѣтъ отъ дуги, доставляющій дешево большіе источники свѣта, употребляется преимущественно тамъ, гдѣ большое раздѣленіе свѣта не нужно, но должно быть освѣщено очень большое пространство изъ одного или нѣсколькихъ пунктовъ.

Работа потребляемая вольтовой дугой, а также и сила свѣта лампы пропорціональны силѣ тока.

При переменномъ токѣ угли сгораютъ равномерно; при постоянномъ положительный уголь (верхній) сгораетъ вдвое скорѣе отрицательнаго (нижняго).

Наивыгоднѣйшая высота привѣса лампъ $= 0,7$ радіуса освѣщаемой поверхности.

В. Лампы съ накаливаніемъ.

Спротивленіе угля въ горячемъ состояніи вдвое меньше, чѣмъ въ холодномъ.

Сила свѣта лампы пропорціональна кубу потраченной работы т. е. $L = \alpha q^3$ гдѣ α — коэффициентъ, представляющій силу свѣта, даваемую однимъ уаттомъ въ лампѣ, q — работа въ уаттахъ (вольтъ-амперахъ) и L — сила свѣта.

Коэффициенты $\left(\alpha = \frac{L}{q^3} \right)$ различныхъ лампъ.

Эдисонъ.	Свань.	Максимъ.	Ланъ-Фоксъ.	Сименсъ.	Мюллеръ.	Круто.
0,000136	0,000074	0,000066	0,000098	0,000026	0,000023	0,000033

Чѣмъ коэффициентъ больше, тѣмъ лампа лучше.

Чѣмъ больше сила тока, требуемая лампой, тѣмъ толще должны быть провода.

При постоянномъ токѣ лампы горятъ ровнѣе и спокойнѣе, чѣмъ при переменномъ.

С. Машины.

Машины съ постояннымъ токомъ выгоднѣе въ работѣ и безопасны. Онѣ должны помѣщаться въ сухомъ мѣстѣ и содержаться въ чистотѣ. Особенное вниманіе должно быть обращено на чистоту коллектора, щетокъ и клеммъ. Коллекторъ никогда не надо мазать масломъ.

Ремни употребляются всегда ординарные и лучше всего шивать въ стыкъ во избѣжаніе толчковъ шивки обѣ шивы.

Внутри зданій никогда не слѣдуетъ употреблять неизолированныхъ проволокъ, въ особенности при машинахъ съ переменнымъ токомъ.

Машины Грамма съ постояннымъ токомъ. *)

Фабричная Марка.	Число лампъ.	Сила свѣта лампъ въ свѣчахъ.	Число оборотовъ маш. въ минуту	Сила тока въ амперахъ	Эл. Воог. сила въ вольтгахъ.	Сопротив- леніе въ омахъ.		Размѣры въ милли- метрахъ.					Вѣсъ въ пудахъ.	Потребная сила въ пар. лошадахъ.	Сопротивленіе кабели, (омы).
						Якоря.	Электрѣ ма- гнитовъ	Шкива.		Машины.					
								Діаметр.	Ширина	Длина.	Ширина	Вышина.			
A ₄₅	2—3	1100	1400	15	120	—	—	150	110	550	400	600	11	3—4	—
A ₁₄	1	4500	1000	24	46	—	—	id	id	id	id	id	id	2	—
F ₄₅	5—6	1100	1500	15	345	1527	3212	200	150	650	500	536	26	7—8	3—5
F ₂	3	450	1400	24	250	—	—	id	id	id	id	id	id	8	—
PF ₄₅	60	16	1400	45	110	1044	0,36	id	id	id	id	id	id	12	0,02
PF ₉₀	120	8	1400	85	60	0,04	0,09	id	id	id	id	id	id	12	0,005

Примѣчаніе. Машины A₂₄ и F₂₄ предназначаются для сильныхъ регуляторовъ; A₁₅ и F₁₅ для дифференціальныхъ лампъ; PF₁₅ и PF₉₀ для лампъ Эдисона. Два послѣднихъ типа имѣютъ двойную ободочку электромагнитовъ и потому измѣненія въ числѣ горящихъ лампъ не имѣютъ никакого вліянія на электровозбудительную силу машины.

Машины Сименса съ постояннымъ токомъ. *)

Фабричная марка.	Сила свѣта ре- гулятора въ свѣчахъ.	Число оборотовъ въ минуту.	Потребная сила въ пар. лошад.	Размѣры въ миллиметрахъ.					Вѣсъ въ пудахъ.
				Шкива.		Машины.			
				Діаметръ.	Ширина.	Длина.	Вышина.	Ширина.	
D ₇	2000	1000	3,2	160	88	670	780	320	10,5
D ₆	900	1200	2	130	65	600	580	260	7
D ₅	500	1300	1,5	110	50	470	440	220	4

Примѣчаніе. Машины эти употребляются какъ возбудители къ машинамъ съ переменнымъ токомъ.

Машины Эдисона.

Фабрич. марка.	Расходъ силъ въ паров. лошад.	Число лампъ по 16 свѣчей.	Число лампъ по 8 свѣчей.	Сопротивленіе якоря въ омахъ.	Сопротивленіе электромагнитовъ въ омахъ.	Число оборотовъ въ минуту.	Размѣры маш. въ миллиметр.			Размѣры шкв. въ мм.		Вѣсъ въ пуд.
							Длина.	Ширина.	Вышина.	Діаметръ.	Ширина.	
E	2,5	17-20	34-40	0,36	96	2200	630	446	675	140	0,075	20
Z	8	60	120	0,14	43	1200	1143	990	1829	254	0,158	78
L	18	150	300	0,069	20	900	1524	990	1829	355	0,228	161
K	32	250	500	0,0325	13,8	900	1776	990	1829	355	0,228	235

*) Машины изготовляются въ мастерскихъ В. И. Ребикова въ Москвѣ.

Лампы Эдисона лит. *A* имѣютъ силу свѣта въ 16, лит. *B* въ 8 свѣчей; однакожъ для освѣщенія улицъ и площадей онѣ доставляетъ лампы въ 32 и въ 100 свѣчей. Лампы *B* почти соотвѣтствуютъ употребляемымъ въ жилыхъ помѣщеніяхъ газовымъ рожкамъ. Лампы различной силы свѣта горятъ въ одной и той же цѣпи и могутъ быть одна другою замѣняемы, за исключеніемъ лампъ *B*, изъ коихъ каждая двѣ должны быть включаемы одна за другою послѣдовательно.

Каждая лампа *A* требуетъ около $\frac{1}{8}$ лш. силы для полученія нормальной силы свѣта, а среднее время горѣнія достигаетъ свыше 800 часовъ.

Машины съ переменнымъ токомъ системы Сименса.

Фабричная марка.	Число лампъ по 250—300 свѣчей.	Чис. ламп. Эдисона.	Марка возбuditеля.	Число оборотовъ въ минуту.	Число оборотовъ возбuditеля.	Чис. катуш. въ якорѣ	Сопротивленіекаждой катушки въ омахъ.	Э. В. сила каждой катушки въ вольтахъ	Сила тока въ цѣпи лампъ въ амперахъ	Размѣры въ миллиметрахъ.					Вѣсъ въ пудахъ.	Потребная сила въ пар. лошадахъ.
										Шкива.		Машины.				
										Діаметр.	Ширина.	Длина.	Ширина.	Вышина.		
11	20—28	200	D ₇	500	100	16	0,32	67	12	300	260	890	800	900	34	18—22
11	8—16	120	D ₆	580	120	12	0,29	57	12	290	180	795	760	820	25	8 11
11	6—10	80	D ₆	65	160	10	0,27	47	12	200	130	750	680	750	22	5 9
11	4—7	60	D ₅	70	100	8	0,27	40	12	200	130	710	530	590	16	4 6

Данныя лампъ съ накаливаніемъ.

Л а м п ы.	<i>R</i>	<i>E</i>	<i>I</i>	<i>EI</i>	<i>n</i>	<i>m</i>
Эдисона въ 16 свѣчей	137,4	89,11	0,651	57,98	12,73	196,4
Ланъ-фоксъ въ 16 свѣчей	27,40	43,63	1,593	69,53	10,61	173,85
Свана въ 16 свѣчей	32,78	47,30	1,471	69,24	10,71	177,92
Максима, 16 „	41,11	56,49	1,380	78,05	9,48	151,27

R—сопротивленіе лампы въ горячемъ состояніи (омы).

E—потребная для горѣнія лампъ электровозбuditельная сила.

I—Сила тока въ лампѣ.

EI—Работа въ Уаттахъ потребляемая лампой

n—число лампъ на паровую силу

m—число свѣчей на паровую силу.

Къ полному освѣщенію Эдисона кромѣ машинъ съ ихъ регуляторами и лампъ съ ихъ арматурою,—принадлежатъ свинцовыя вставки (Bleieinschaltungen), предупреждающія автоматически разгоряченіе проводовъ, проволочные проводники съ несгораемою изолирующею оболочкою, крючки для укрѣпленія проволокъ, изолирующая лента, пропитанная особенною изолирующею массою, для покрыванія мѣстъ соединенія и серія запасныхъ щетокъ, принимающихъ токъ въ машинѣ для передачи его проводникамъ.

Таблица для вычисления діаметра проволоки для проводовъ къ лампамъ Эдисона.

Таблица А.

Потери въ процентахъ.	Коэффициентъ потери.	Потери въ процентахъ.	Коэффициентъ потери.	Потери въ процентахъ.	Коэффициентъ потери.	Потери въ процентахъ.	Коэффициентъ потери.
1	7,326241	6	1,156234	11	0,597005	16	0,387530
2	3,637323	7	0,980354	12	0,541121	17	0,360407
3	2,386233	8	0,848530	13	0,493856	18	0,336197
4	1,771262	9	0,746117	14	0,453507	19	0,314632
5	1,402003	10	0,664095	15	0,418133	20	0,295142

Таблица В.

№ В. wg.	Q.	№ В. wg.	Q.	№ В. wg.	Q.	№ В. wg.	Q.
5	48400	13	9025	21	1024	29	149
6	41209	14	6889	22	784	30	144
7	32400	15	5184	23	625	31	100
8	27225	16	4225	24	484	32	81
9	21904	17	3364	25	400	33	64
10	17956	18	2401	26	324	34	49
11	14400	19	1764	27	256	35	25
12	11881	20	1225	28	196	36	16

(№ В. wg.—№ проволоки по Бирмингемской скалѣ).

(Q.—площадь проводника, выраженная въ $\frac{1}{1,000,000}$ кв. дюйма).

Діаметръ проводовъ къ лампамъ Эдисона въ 16 свѣчей, располагаемыхъ по одной параллельно, опредѣляется формулой:

$Q=N \times 2L \times C$ и по таблицѣ В.—узнають № проволоки.

N—число лампъ.

L—разстояніе отъ машины или отъ магистрали до лампъ въ футахъ.

C—желаемый коэффициентъ потери.

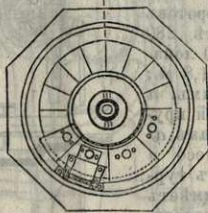
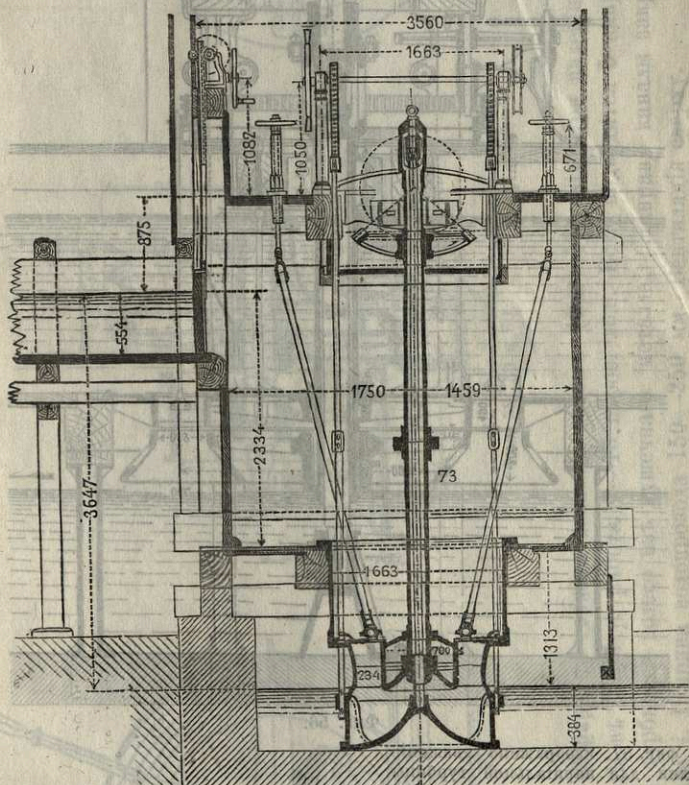
Для 8-ми свѣчныхъ лампъ, располагаемыхъ по одной параллельно употребляется формула: $Q=N \times 2L \times 2C$.

Во время горѣнія лампъ, введенныхъ въ цѣпь, сила тока д. б. постоянна. Но она измѣняется съ числомъ оборотовъ динамо-машинъ и двигателя; а также скольженіе ремня можетъ дѣйствовать на горѣніе лампъ, такъ что при каждомъ установѣ машинъ необходимо ставить инструментъ для постояннаго указанія силы тока; для этого служить измѣритель тока системы Урренова, раздѣленный на амперы. — Далѣе при каждомъ устройствѣ рекомендуется установка регулятора тока, а при большомъ—кромѣ того главный коммутаторъ, дающій возможность соединять каждую машину со всѣми цѣпями.

XXII. Расположеніе турбинъ.

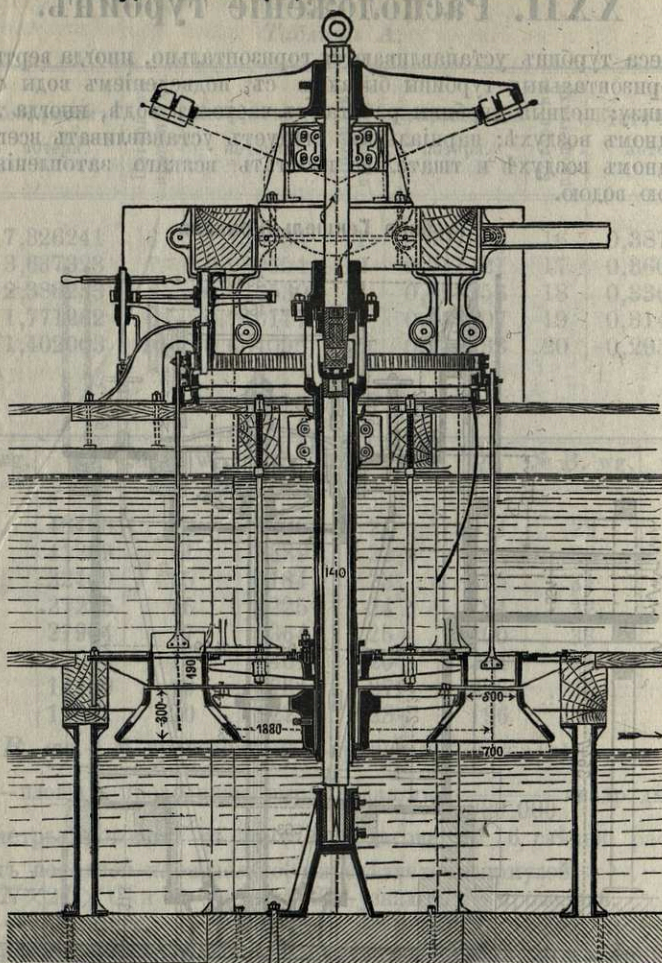
Колеса турбинъ устанавливаются горизонтально, иногда вертикально; горизонтальныя турбины бываютъ съ подведеніемъ воды сверху или снизу; полныя турбины работаютъ часто въ водѣ, иногда же въ свободномъ воздухѣ; парціальныя слѣдуетъ устанавливать всегда въ свободномъ воздухѣ и тщательно избѣгать всякаго затопленія ихъ низовою водою.

Турбина Геншель-Жонваля.



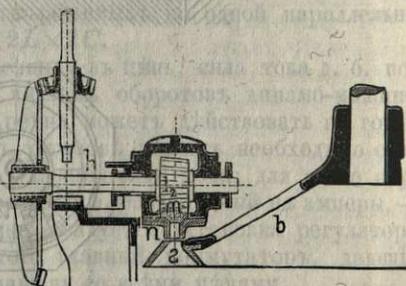
Фиг. 54—55.

Турбина Жирара низкого давления.

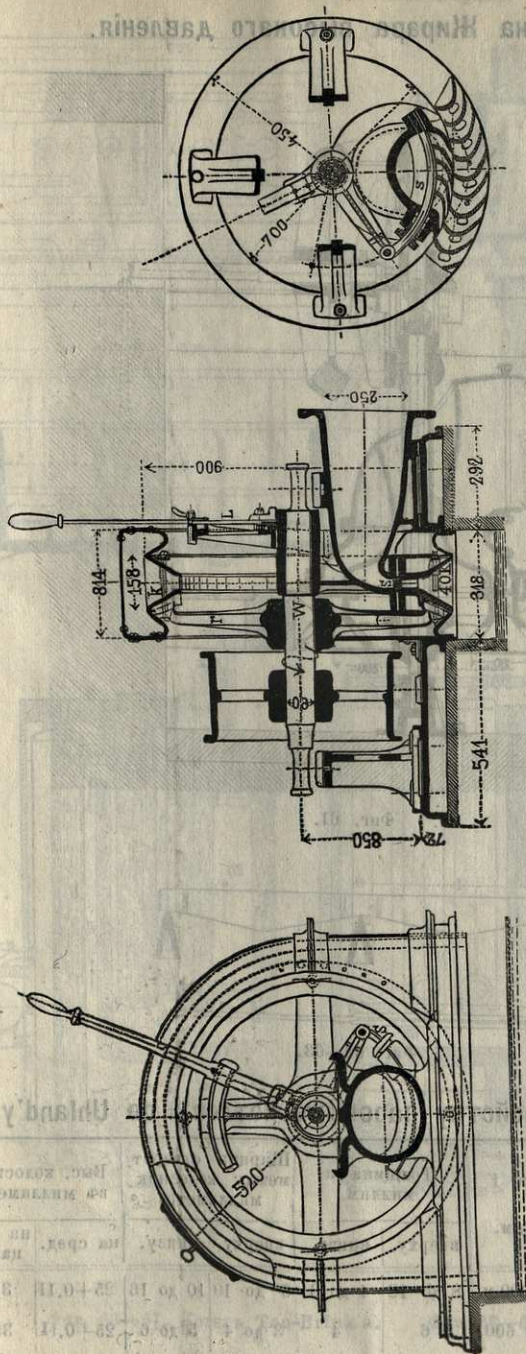


Фиг. 56.

На фиг. 57. изображено движение задвижки для парциальной турбины съ осевым подведением воды при падении 150 метр., количествъ воды 0,250 куб. метр., числѣ оборотовъ 260 въ мин. и дѣйств. работѣ 280 пар. лощ. Турбина имѣетъ 100 лопатокъ при среднемъ діаметрѣ 1,8 м.; вода подводится къ 7 лопаткамъ. и направл. аппаратъ, т. зубчатый круговой ставень, оба (также какъ *a*) изъ пушечнаго металла. Колесо *a* турбины соединено съ валомъ турбины чугунными ручками и имѣетъ вентиляціонныя отверстія. Подведение воды дѣлается трубою 450 мм. въ діаметрѣ.



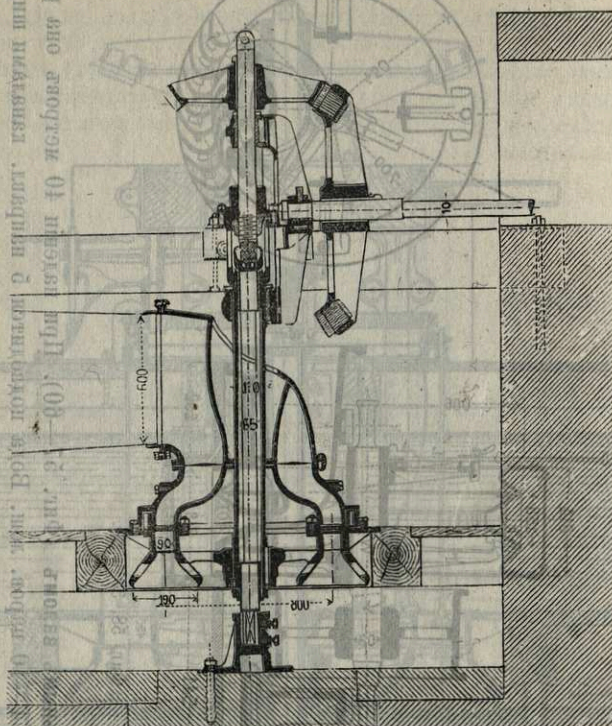
Фиг. 57.



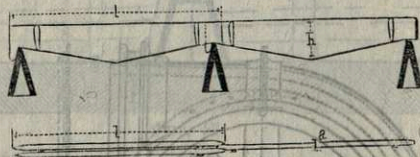
Фиг. 58, 59 и 60.

Парциальная турбина Жирара съ горизонтальнымъ валомъ (Фиг. 57—60). При паденіи 40 метровъ она расходуетъ 10—25 литровъ воды въ секунду; работа 4—10 паров. лощ. Вода подводится 5 направл. каналами шириною 11 мм. и длиною 30 мм.; турбинное колесо изъ пушеннаго металла. Направл. каналы закрываются дугообразнымъ станемъ 8 помощью рычага γ . Ширина водопровода 150—250 мм. Вентиляція сверху.

Турбина Жирара высокаго давленія.



Фиг. 61.

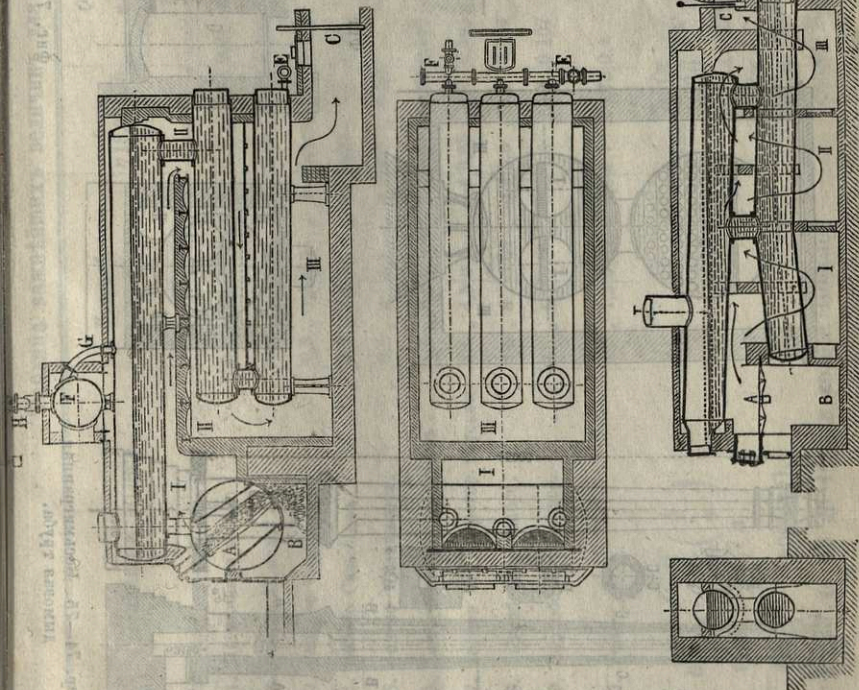
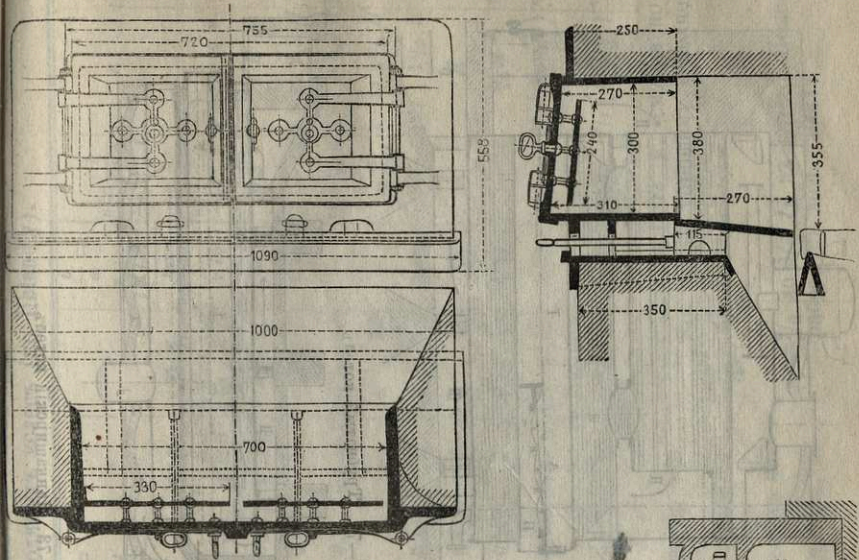


Фиг. 62-63.

XXIII. Къ устройству паровыхъ котловъ по Uhland'у.

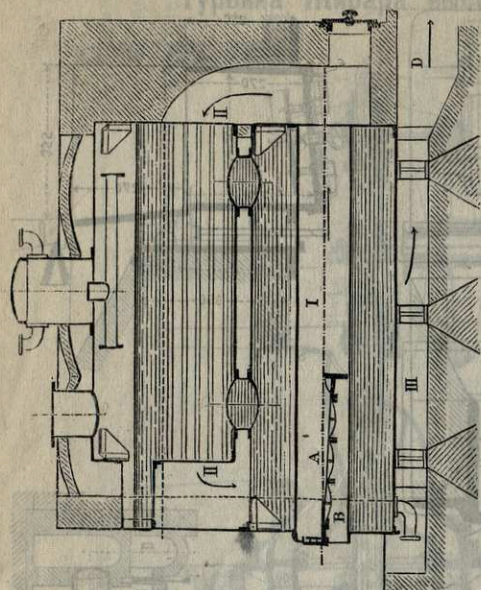
Колосники для	Длина 1 миллим.	Толщина а миллим.		Ширина отверст. между колосник. миллиметр.		Выс. колосн. h. въ миллиметр.	
		вверху.	внизу.	вверху	внизу.	на сред.	на кон. цахъ.
Каменнаго угля.	600 до 900 м.	8 до 12	4 до 6	6 до 10	10 до 16	25+0,11	35
Бураго и спекающ. ком. угля.	300 до 600	6	4	3 до 4	5 до 6	25+0,11	35

Фиг. 64—65 (топочная дверца).

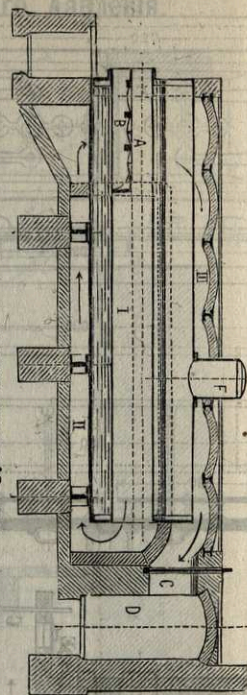


Фиг. 66—67. Котель Теп-Brink'a.

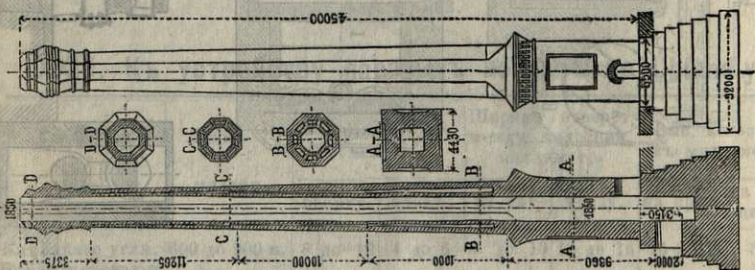
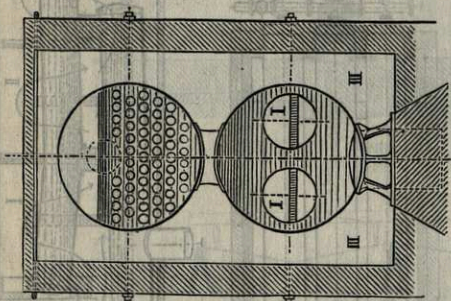
Фиг. 68—69 (вмязка котла по Reiche).



Фиг. 70—71. Трубочный котель.



Фиг. 72—73. Ланкаширский котель.



Фиг. 74—75. Восемьтрубная
дымовая труба.

Таблица важнейших величинъ для водяныхъ колесъ (по Uhland'y).

Названіе колеса.	Употребленіе колесъ для		$L = \frac{1}{\eta} 13,33 Q H;$ $\eta =$		$Q = \frac{L}{p H};$ $p =$		c въ м.	v въ м.	$\frac{b}{a} = \frac{3}{1 \sqrt{L a}};$ $l =$	$a = \left(\frac{b}{a}\right)^3$	R	φ
	Н	въ м.	Q въ куб.м.									
1. Нивойное колесо	0,1	до 1	0,1	до 5	0,3	до 0,35	0,21	до 0,25	$\frac{1}{2} \sqrt{20 H}$	(1,3—1,5 м) 0,35 до 0,4 с	2 м. до 4 м.	0,5
2. Колесо Понсле	0,2	„ 1,7	0,2	„ 4	0,60	„ 0,65	0,125	„ 0,13	$\frac{1}{2} \sqrt{20 H}$	0,55 с	2 H	0,5
3. Зобовое колесо	0,5	„ 1,5	0,1	„ 3	0,4	„ 0,5	0,175	„ 0,187	3	2	1,5 до 2,5 H	0,5
4. Колесо Сажебіена	0,7	„ 2,5	0,7	„ 3	0,75	„ 0,8	0,09	„ 0,1	0,6—0,7	0,5 bis 0,6	$\frac{1}{3} m. + 0,8 H \frac{2}{3}$ до $\frac{1}{3}$	0,5
5. Колесо Циннигера	0,5	„ 2	0,1	„ 6	0,6	„ 0,65	—	—	—	1 „ 1,2	1 до 1 1/2 H	2/3
6. Донатчатое } водосливомъ	1,5	„ 2,5	0,1	„ 2,5	0,6	„ 0,65	0,115	„ 0,125	3	1,2 „ 1,5	1 1/4 „ 1 1/2 H	0,5
7. колесо съ } перетор. впуском	2,5	„ 4,5	0,3	„ 2,4	0,65	„ 0,7	0,105	„ 0,115	3	1,4 „ 1,6	H	0,5
8. Заднебойное колесо	2,5	„ 8	0,09	„ 0,9	0,6	„ 0,7	0,107	„ 0,125	3	1,2 „ 1,5	$\frac{2}{5} H$	1/2 bis 1/4
9. Верхбойное колесо	3	„ 5	0,075	— 0,4	0,6	„ 0,7	0,107	„ 0,125	3 bis 4	1,3 „ 1,5	$\frac{1}{2} (H - 2g)$	1/3 „ 1/4
10. Тоже	5	„ 1,2	0,05	— 0,8	0,7	„ 0,75	0,1	„ 0,107	3	1,5	$\frac{1}{2} (H - 2g)$	1/3 „ 1/4

$\epsilon = 0,015$ до 0,02 м. смотря по болѣе или менѣе хорошему исполненію,

$$d = \frac{Q}{b_1 c},$$

$$= \frac{1}{6} \text{ до } \frac{1}{8} H \text{ въ колесѣ Понсле.}$$

работа въ лош. силахъ

$$i = \frac{2 R \pi}{0,30} \text{ въ малыхъ колесахъ Циннигера.}$$

$$i = \frac{2 R \pi}{0,40} \text{ въ большихъ колесахъ Циннигера.}$$

$$b = \sqrt{\frac{Q}{\varphi v} \left(\frac{b}{a} \right)}$$

$$t = 0,2 + 0,7 a$$

$$i = \frac{2 R \pi}{t} \text{ (вообще),}$$

$$i = 36 \text{ до } 42 \text{ до 48 для колеса Понсле.}$$

Важнѣйшія соотношенія между горючимъ матеріаломъ, нагревательною поверхностію, площадью рѣшетки, паробразованіемъ, потребностію воздуха и проч. въ приблизительныхъ числахъ (по Uhland'у).

Горючий материалъ.	1 килограммъ горючаго материала.										Необходимая площадь рѣшетки на квадрат. метръ нагревательной поверхности.		
	Вѣсъ 1 кубич. метра топлива.	Производить паръ въ килограммахъ.	теор. дѣйств.	Имѣть нагревательную поверхность въ квадрат. метр.	Требуется для горѣнія холоднаго воздуха при 0° въ куб. метр.	Сгораемая въ часъ, требуется площадь рѣшетки въ квадрат. метр.	Низкая температура воздуха, температура разнующаго количества въ 300, въ куб. метр.		Практически достигаемая температура въ топкѣ на рѣшеткѣ 0 Целсій.	Необходимая нагревательная поверхность въ квадрат. метръ.	свободная.	полная.	
							теор. дѣйств.	полная.					
Сухое дерево.	250—450	2,5—3,5	4000	3000	4,5	6,75	0,002	0,006—0,008	15	1200	1,2—1,8	0,015—0,02	0,045—0,06
Торфъ съ 20% воды	500—600	1,5—2	2500	1500	4,5	9	0 002	0,006 0,008	20	1100	1,8—2	0,02	0,06—0,08
Камен. уголь сред. кач.	760—850	6—7	6500	4500	9	18	0,005	0,015—0,02	38	1280	1—1,5	0,01	0,03—0,05
Коксъ съ 15% золы.	400—600	4—7	6500	4500	7,5	16	0,004	0,016—0,02	31	1270	1—1,5	0,012	0,036—0,04
Бурый уголь	600—750	2,5—4,5	3500	2500	6,3	13	0,003	0,009—0,012	27	1200	1,5—2	0,015—0,02	0,045—0,06



ВАЖНО ДЛЯ ФАБРИКЪ
съ паровиками и паровыми аппаратами.
В. БЕРКЕФЕЛЬДА
СУХОЙ СОСТАВЪ



КРЕМНИСТОЙ НАКИПИ

(ИНФУЗОРНАЯ ЗЕМЛЯ).

Превосходѣйшая и дешевѣйшая разобщающая масса для предохраненія отъ испусканія тепла и прониканія холода. Лучшій матеріалъ для покрытія паровыхъ котловъ, трубъ, цилиндровъ, локомотивовъ и т. д.; для аппаратовъ на сахарныхъ заводахъ; при водопроводахъ, резервуарахъ и т. д.—для защиты отъ замерзанія.

Употребленіе простое!

Расходъ малый!

Дѣйствіе несравненное!

Проспекты безвозмездно!

== ОГРОМНОЕ СБЕРЕЖЕНІЕ ТОПЛИВА. ==

Фабричная упаковка въ мѣшкахъ, въ 3 пуда, съ помѣщенной на верху фабричной маркой. Опытные рабочіе для производства работъ всегда къ услугамъ.

Имѣются аттестаты первыхъ русскихъ и заграничныхъ фирмъ. Отзывы въ специальныхъ журналахъ и газетахъ, между прочимъ, въ «Heroldъ», С.-Петербургъ отъ 13-го октября 1882 г., «Южно-Русскомъ Горномъ Листкѣ», Харьковъ отъ 5-го марта 1883 г., «Правительственномъ Вѣстникѣ», отъ 30-го марта 1883 г., и въ «Запискахъ Императорскаго Русскаго Техническаго Общества» 1883 г. 3 выпускъ, стр. 145—148.

Главное Агентство для всей Россіи и Складъ
Эд. ГОППЕ и К^о.

С.-Петербургъ, Вознесенскій проспектъ 53. Складъ въ Москвѣ, у гг. О. Балгаузенъ и Б., Никольская, д. графа Шереметева.

Предостерегается отъ малостоящихъ и малодѣйствующихъ поддѣлокъ состава кремнистой накипи В. Беркефельда.

ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНТОРА

Е. Р. ФИЛИППЪ

Маросейка, д. Леоновыхъ въ Москвѣ.

ИМѢЕТЪ СКЛАДЪ:

Паровыхъ машинъ и Паровиковъ новейшихъ системъ, разныхъ **Станковъ** для обработки металла и дерева и **Машинъ** всякаго рода. **Трубы** чугунныхъ, желѣзныхъ, мѣдныхъ и свинцовыхъ всѣхъ размѣровъ, **Клапановъ, Крановъ и Вентилей** мѣдныхъ и чугунныхъ, **Арматуръ** для паровиковъ, **Болтовъ, Гаякъ и Заклепокъ, Ремней** кожаныхъ и резиновыхъ, **Рукавовъ** пеньковыхъ, **Инструментовъ** всякаго рода, **Напильниковъ** высшаго качества, **Насосовъ** ручныхъ и паровыхъ, **Блоковъ** дифференціальныхъ и всѣхъ принадлежностей для **Газо-Паро-и Водопроводовъ** въ большомъ выборѣ.

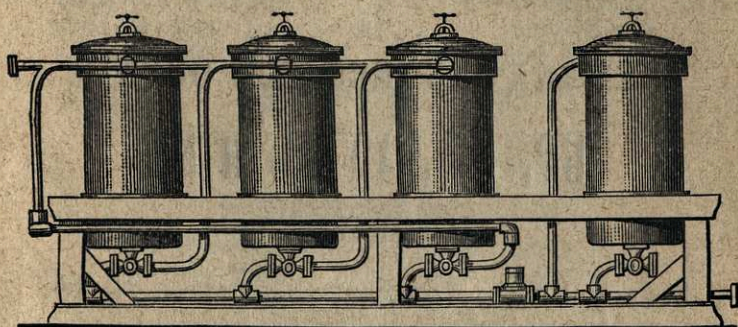
ПРИНИМАЕТЪ ЗАКАЗЫ:

на устройство, **Газовыхъ Заводовъ, Центральныхъ Отоплений, Водопроводовъ и Вентиляцій.**

Прейсъ-Куранты высылаются бесплатно по первому требованію.

САМОДѢЙСТВУЮЩІЙ ВОДООЧИСТИТЕЛЬНЫЙ АППАРАТЪ

системы инженера барона ДЕРШАУ.

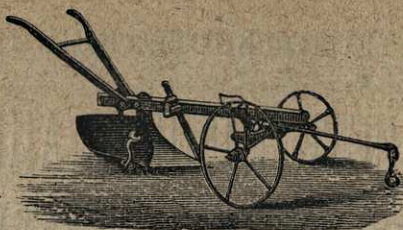


Посредствомъ привилегированнаго Правительствомъ и удостоеннаго награды на Всероссійской Выставѣ 1882 г. магnezіальнаго препарата, вода, идущая для питанія паровыхъ котловъ на фабрикахъ, заводахъ и желѣзныхъ дорогахъ, — освобождается совершенно при безостановочномъ автоматическомъ дѣйствіи прибора какъ отъ минеральныхъ частей, составляющихъ главную массу котельнаго камня (накипи), такъ и отъ всякихъ механическихъ примѣсей и нечистотъ. Выгоды таковой очистки заключаются: а) въ сохраненіи котловъ отъ порчи и въ болѣе долгомъ срокѣ службы ихъ; б) въ уменьшеніи расхода на ремонтъ паровиковъ и устраненіи случаевъ взрыва котловъ; в) въ исключеніи необходимости имѣть запасные паровики и лишнихъ рабочихъ для частной очистки и наконецъ г) въ уменьшеніи расхода на 10 до 20% топлива, чѣмъ не только окупается въ короткое время затрата на аппаратъ и очистку, но и получаются значительныя сбереженія въ пользу заказчиковъ. Водоочистители въ настоящее время уже установлены на нѣкоторыхъ извѣстныхъ фабрикахъ въ Москвѣ и дѣйствіе ихъ можно видѣть, а также получать всѣ свѣдѣнія, относящіяся до устройства аппаратовъ и водоочищенія чрезъ до-вѣреннаго барона Дершау, статскаго совѣтника Альтгаузена, въ Москвѣ, на Покровѣ, въ домѣ церкви Успенія, по каковому адресу иногородніе благоволятъ обращаться письменно. Всякое требованіе будетъ исполнено безъ замедленія.

АДРЕСЪ ДЛ
ТЕЛЕГРАММЪ

БРАТЯ
УРЛАУБЪ

МОСКВА
Телефонъ № 558.



Во время Ни-
жегородской
ярмарки въ
зданіи театра
№ 5 и 6.

ДЕПО МАШИНЪ
И
ЗЕМЛЕДѢЛЬЧЕСКИХЪ ОРУДІЙ
БР. УРЛАУБЪ и К^о

въ Москвѣ.

Мясницкая, д. Тульского Подворья № 14.

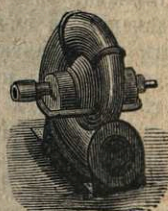
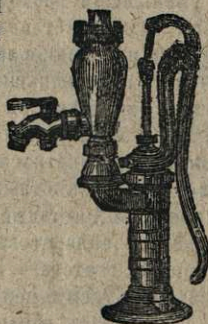
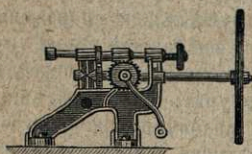
Предлагаетъ со склада:

Земледѣльческія машины и орудія.
Насосы и пожарныя трубы.
Заводскія машины и станки.
Инструменты и матеріалы.

Высылаетъ по востребованію:

Подробные иллюстри
логи съ точными ри
сунками и отзывами

роvanные ката-
сунками, пояс-
бесплатно.



О Б Ъ Я В Л Е Н І Е ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНТОРЫ Д Ж Е М С Ъ К Е Р К Г А М Ъ

Старый Гостинный Дворъ, № 14,

въ Москвѣ.

П Р И Н А Д Л Е Ж Н О С Т И

для ткацкихъ фабрикъ

• прядильныхъ •

• красильныхъ •

для бѣлильныхъ фабрикъ

• апретурныхъ •

и проч. тканей.

Д В И Г А Т Е Л И :

Водяные,

Паровые,

Воздушные,

Газовые,

Э Л Е К Т Р И Ч Е С К О Е О С В ѣ Щ Е Н І Е .

для доковъ,

• площадей,

• фотографій,

• панорамъ,

для цирка,

• фабрикъ,

• литейныхъ,

и проч.

Лампы съ Вольтовой дугой.

Лампы съ накаливаніемъ и прочія принадлежности.

ДИНАМОЭЛЕКТРИЧЕСКІЯ МАШИНЫ для гальванопластики, растворомъ цинка, мѣди, красной мѣди, никеля, серебра и золота. Бани и прочія принадлежности относительно гальванопластики исполняются только по заказу.

СКЛАДЪ ВЪ МОСКВѢ всѣхъ принадлежностей.

для ткацкихъ фабрикъ

красильныхъ

• прядильныхъ •

механическихъ при-

надлежностей и инструментовъ.

КОТЛЫ системы Корнишъ, Кистертона, трубчатые котлы,

Галловей

Адамсъ

} съ трубами Фокса и конусами Галловей.

Эти котлы дѣлаются съ топкой для пней, торфа, дровъ, кокса, угля, нефтяныхъ остатковъ и газа, смотря по желанію.

Заказы на всѣ Шефилдскіе, Бирмингемскіе и Ворингтонскіе товары: чугуны разныхъ сортовъ, коксъ, уголь, англійскій огнеупорный кирпичъ и огнеупорная глина, исполняются подъ личнымъ моимъ наблюденіемъ чрезъ моихъ агентовъ въ Англіи.

Девятилѣтнимъ пребываніемъ въ Россіи я приобрѣлъ опытность и ознакомился вполнѣ съ здѣшними фабриками и требованіями. Письменные заказы изъ внутреннихъ губерній будутъ исполняемы точно и аккуратно.

Москва 1872 г.



Парижъ 1878 г.



Москва 1882 г.



И. М. МИРЗОВА СЫНОВЬЯ

СОБСТВЕННЫЕ НЕФТЯНЫЕ ПРОМЫСЛА ВЪ БАКУ.

НЕФТЬ со сдачею въ Баку на собственной пристани бортъ судна или въ вагонахъ.



ЗАВОДЫ ПРОИЗВОДЯТЪ СЛѢДУЮЩЕ ПРОДУКТЫ:

БЕНЗИНЪ въ жестянкахъ.

КЕРОСИНЪ въ бочкахъ, боченкахъ и наливомъ въ Баку со сдачею на собственной пристани на бортъ судна и въ вагонахъ.

НЕФТЯНЫЕ ОСТАТКИ для добычя свѣтительнаго газа, отопленія паровыхъ котловъ, пароходовъ, локо-

мотивовъ и т. д. со сдачею исключительно въ Баку на собственной пристани бортъ судна или въ вагонахъ.

СВѢТИЛЬНОЕ МАСЛО для освѣщенія въ лампахъ специального устройства.

ГАЗОВОЕ МАСЛО для добыванія свѣтительнаго газа.

СМАЗОЧНЫЕ ПРОДУКТЫ:

СМАЗОЧНОЕ МАСЛО

для промывки шерсти и чистки оружія.

” ” ” ” для веретень и легкихъ механизмовъ.

” ” ” ” для среднихъ механизмовъ.

” ” ” ” для тяжелыхъ механизмовъ.

” ” ” ” для очень тяжелыхъ механизмовъ.

НЕФТЯНОЙ ДЕГОТЬ

для смазки осей и зубчатыхъ приводовъ.

КОНТОРЫ И СКЛАДЫ:

въ Баку, С-Петербургъ Петровскій островъ, Москва Мясницая, Нижній-Новгородъ, Царицынъ и Харьковъ.

РЕЗИНА!
 Никольская, противъ
 подъ № 1, въ
ОПТОВЫЙ И РОЗ-



РЕЗИНА!
 Славянского Базара,
 Москвѣ, подъ № 1.
НИЧНЫЙ СКЛАДЪ
 издѣлій товарищества российско-американской резиновой мануфактуры
 изъ С.-Петербурга.
 подъ № 1 въ Москвѣ.

А. К. СЫЧЕВСКАГО.

Бывшій товарищъ фирмы Пихлау и К^о. На Никольской улицѣ, д. гр. Шереметева,
 прот. „Славянского Базара.“

ПРОДАЖА ОПТОМЪ И ВЪ РОЗНИЦУ ПО ФАБРИЧНЫМЪ ЦѢНАМЪ.

ПРИЕМЪ ЗАКАЗОВЪ.

Прошу обратить вниманіе на адресъ и на № 1 въ Москвѣ.

АСФАЛЬТОВЫЯ РАБОТЫ.

Приемъ заказовъ на всякаго рода работы изъ асфальта въ самыхъ обширныхъ размѣрахъ. Гарантія въ прочности. Имѣются удостовѣренія въ прочности работъ отъ крупныхъ фабричныхъ фирмъ, Московской Городской Управы и жел. дор.

Награды товариществу Сызранскаго асфальтоваго завода.

Въ 1875 г. похвальный отзывъ Министерства Государственныхъ Имуществъ.—Въ 1878 г. Медаль Парижской Выставки бронзовая.—Въ 1882 г. Медаль Всероссийской Мануфактурной Выставки золотая.

Приемъ заказовъ: Биржа, Рыбный пер., д. Купеческаго Общ.
 въ контору агента **А. Д. Ходнева.**

УЗКОКОЛЕЙНАЯ ПЕРЕДВИЖНАЯ ЖЕЛѢЗНАЯ ДОРОГА
 Самая удобная и самая дешевая изъ всѣхъ нынѣ
 извѣстныхъ

ВЪ СОСТАВЪ И УСТРОЙСТВО ЕЯ ВХОДЯТЪ ТОЛЬКО СТАЛЬ.

Изобрѣтатель и строитель ея **Деновиль** въ Пети-бургѣ (Seine-et-Oise)
ФРАНЦІЯ.

Единственный агентъ его въ Москвѣ, **И. Понтигаю.**
 Мясницкая улица, близъ Красныхъ воротъ.

НАГРАДЫ:

22 золот. медалей, 1 серебрян.	за всемірную выставку 1878 г.
медаль, 5 особыхъ наградъ, за	
ж. д. Дено виль.	

И. ПОНТИГАЮ.

Въ Магазины постоянно находятся въ большомъ запасѣ:

Болты, заклепки, гайки, шайбы, винты съ деревянной и металлической рѣзкой. Инструменты, матеріалы, машины и мелкія принадлежности для желѣзныхъ дорогъ. Желѣзныя трубы и принадлежности для газо-водо-и паропроводовъ. Трубы дымогарныя, арматуры.

ТОРФЯНЫЯ МАШИНЫ.

Контора торфяной промышленности инженера Леонгарда Августовича Книпперъ
Москва, Мясницкая, домъ Ермаковыхъ.

Рекомендуетъ торфяныя машины системы Анрель со всеми принадлежностями.
Принимаетъ на себя полное устройство разработки торфяныхъ болотъ со всеми
машинами и аппаратами.

Торфяныя машины системы Анрель, патентованныя въ Россіи, получили на междо-
народной выставкѣ и конкурсѣ машинъ въ Нордкеллингѣ (Шведіи) въ 1876 г.
единственную золотую медаль; въ 1876 году въ Ченкеллингѣ на конкурсѣ—также
золотую медаль, а въ 1883 г. на торфяной выставкѣ и конкурсѣ машинъ съ Биссе-
ревъ (Ниж. ж. д.)—первую премию: ПЕРВУЮ ЗОЛОТУЮ МЕДАЛЬ за торфяныя ма-
шины и серебряную за переносный рельсовый путь.

КНИЖНАЯ ТОРГОВЛЯ ДЛЯ ИНОГОРОДНЫХЪ

НИКОЛАЯ ПАВЛОВИЧА

Москва.

Моховая улица.

д. Г-жи Кохъ.

КАРБАШНИКОВА

Варшава. Улица Берга, № 48.

С.-Петербургъ.

Литейный просп.

№ 5.

Фирма принимаетъ на себя: 1) доставку всевозможныхъ книгъ, нотъ, канцеляр-
скихъ принадлежностей и учебныхъ пособій по цѣнамъ, объявленнымъ другими
книгопродавцами и издателями; 2) составляетъ вновь бібліотеки: общественныя и
частныя, и пополняетъ, по возможности, разрозненные тома сочиненій и номера
журналовъ за прежніе годы; 3) беретъ на себя высылку иностранныхъ книгъ и
журналовъ, по цѣнамъ мѣстныхъ книгопродавцевъ; 4) принимаетъ подписку на всѣ
журналы и газеты, по цѣнамъ объявленнымъ редакціями, не иначе, какъ на налич-
ныя деньги. Затѣмъ разсылка журналовъ и газетъ производится уже редакціями,
чрезъ экспедицію почтамта. Въ доказательство немедленной передачи денегъ ре-
дакціямъ, желающимъ за приложенныя двѣ инородныхъ марки высылаются редак-
ціонные билеты.

Ө. ШВАБЕ



ФИЗИКО-МЕХАНИКЪ И ОПТИКЪ ДВОРА
ЕГО ИМПЕРАТОРСКАГО ВЕЛИЧЕСТВА

ВЪ МОСКВѢ,

на Кузнецкомъ мосту, домъ князя Голицына.

МАГАЗИНЪ

физическихъ, оптическихъ, хирургическихъ, химическихъ,
математическихъ и техническихъ инструментовъ.

Каталоги высылаются желающимъ бесплатно.

УЧРЕЖДЕНІЯМЪ

правительственнымъ и общественнымъ, а также частнымъ лицамъ при-
ходится ежегодно затрачивать БОЛЬШІЯ СУММЫ НА ПЕРЕПИСКУ БУМАГЪ
ВСЯКАГО РОДА. При помощи простаго и дешеваго аппарата „ГЕКТО-
ГРАФЪ“, замѣняющаго цѣлую канцелярію переписчиковъ, можно ВЪ
20—40 МИНУТЪ ИЗГОТОВИТЬ ОТЪ 50 ДО 100 ТОЧНЫХЪ КОПИЙ СЪ
БУМАГЪ, ДОКУМЕНТОВЪ, СЧЕТОВЪ, ЧЕРТЕЖЕЙ, РИСУНКОВЪ, НОТЪ,
ОБЪЯВЛЕНІЙ, ЦИРКУЛЯРОВЪ И ПР. Занимая небольшое мѣсто на пись-
менномъ столѣ, ГЕКТОГРАФЪ представляетъ собою также удобный
дорожный аппаратъ, замѣняющій канцелярскихъ и конторскихъ писцовъ.
Описанія и прейсъ-курранты высылаются за марку. Складъ, Москва,
Лубянка, д. 3-й гимназін, у инженера К. А. Казначеева.

ТОРГОВЫЙ ДОМЪ
ЮЛІЙ ГУКЪ и К^о

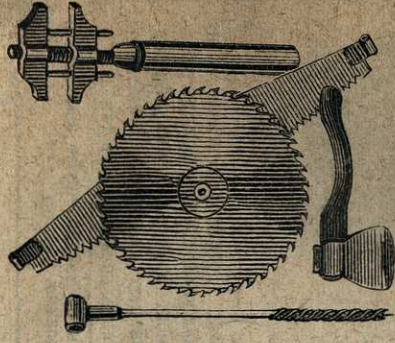
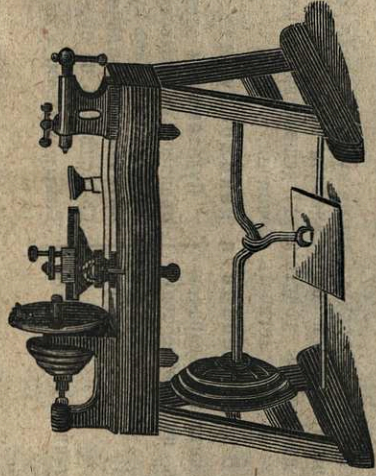
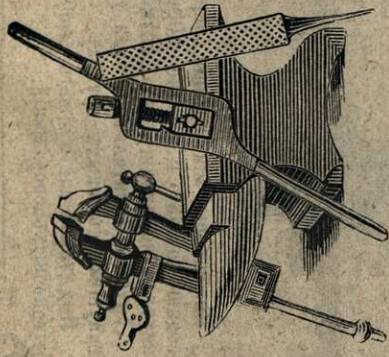
ВЪ МОСКВѢ,
на Мясницкой, въ д. Сытова.

Продажа желѣза всякаго рода,
желѣзныхъ балокъ, рельсъ, чугуна, ка-
меннаго угля, кокса, газовыхъ, дымогарныхъ
и другихъ трубъ и пр.

Контора: на Мясницкой, въ домѣ
Ермаковыхъ.

Складъ: въ Ольховцахъ, Петро-Пав-
ловскій пер., д. Кафтанниковой.

Магазинъ и складъ газовыхъ трубъ
отъ завода Ш. и Г. Шодуаръ, въ
Петербургѣ.



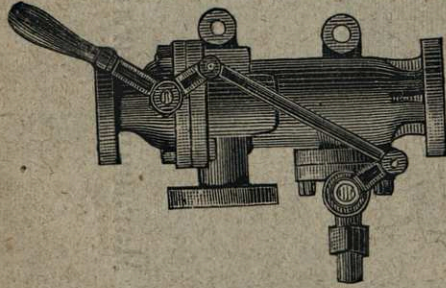
БРАТЯ ЛИНДЕМАНЪ.

Магазинъ английскихъ, токарныхъ, столярныхъ, слесарныхъ и прочихъ
стальныхъ инструментовъ.

МОСКВА,

Мясницкая, домъ Ферстера, № 6, противъ Духовной Консисторіи.

Пароструйный
Инжекторъ Кертинга.



Инжекторы для питания паровыхъ котловъ, горячую воду до 630 Ц. болѣе 8000 штукъ въ употребленіи никогда не откажутся дѣйствовать.

Трубные вентиляторы для усиленія тяги въ худотянувшихъ дымовыхъ трубахъ.

Поддувала для лучшаго сгорания топлива всякаго рода топочныхъ сооружений.

БРАТЯ КЕРТИНГЪ

ПАРОСТРУЙНЫЕ АППАРАТЫ СОБСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ

И

Пульзометры непосредственнаго дѣйствія системы Ульриха.

Устройство всякаго рода отопленія собств., изобрѣтенія.

Главная контора и складъ въ С.-Петербургѣ, по Мойкѣ между Краснымъ и Синимъ мостами Л. Корпуса № 4.

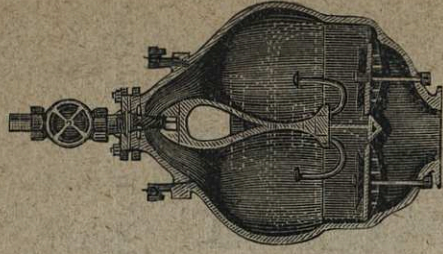
Преимущества пароструйныхъ аппаратовъ:

- 1) Они не имѣютъ никакихъ движущихся частей; 2) они не требуютъ ни двигателей ни ремней ни приводовъ ни смазки; 3) полная надежность дѣйствія; 4) дешевизна устройства; 5) легкость обращенія.

Въ особенноти рекомендуемъ:

Пульзометры сист. Ульриха. Поднимаютъ жидкость на произвольную высоту. Огромное уменьшеніе расхода рабочаго пара противъ пульзометровъ другихъ системъ, при значительномъ увеличеніи полезнаго дѣйствія. Примѣнимы съ успехомъ на водоснабжительныхъ желѣзныхъ дор. и т. д.

Смѣты, чертени, и прейскуранты по востребованію немедленно и безплатно.



Пульзометръ
непосредств. дѣйствія.

РУССКІЯ
МИНЕРАЛЬНЫЯ МАСЛА

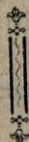
ТОРГОВАГО ДОМА

И. ДАВИДОВЪ, Д. СПИРИДОНОВЪ и К^о.

БЫВШ. Е. И. ГЛЮКЪ и К^о.

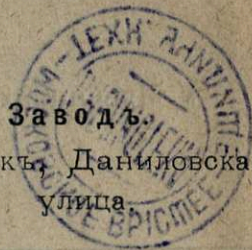
Главная контора.

Мясницкая, д. Спиридо-
нова.



Заводъ

Щипокъ, Даниловская
улица



ВЪ МОСКВѢ.

ГЛАВНЫЯ АГЕНТСТВА



ЕДИНСТВЕННЫЙ Складъ въ МОСКВѢ
настоящаго

ПОРТЛАНДСКАГО ЦЕМЕНТА

ЗАВОДОВЪ:

ПОРТЪ-КУНДА

УДОСТОЕННЫЙ ВЫСШЕЙ НАГРАДОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫМЪ ГЕРБОМЪ

ОБЩЕСТВА

ЧЕРНОМОРСКАГО ЦЕМЕНТНАГО ПРОИЗВОДСТВА.

ПРОДАЖА

огнеупорнаго кирпича, шамота и глины высшаго достоинства.

КАМЕННАГО УГЛЯ для каминовъ, паровиковъ, кузницъ
и проч. и **КОКСА.**

Б. Лубянка, д. Мосолова, при конторѣ Егора Майеръ,

ВЪ МОСКВѢ.

Магазинъ Памятниковъ

Сергѣя Николаевича

МАСЛЕННИКОВА.

ПРИНИМАЮТСЯ ЗАКАЗЫ НА ВСѢ МРАМОРНЫЯ
РАБОТЫ.



У Мясницкихъ воротъ, собственный домъ,
въ Москвѣ.

Гг. АРХИТЕКТОРАМЪ и СТРОИТЕЛЯМЪ

С. И. ШАБАРОВЪ и К^о.

**КУЗНЕЧНО-СТРОИТЕЛЬНАЯ и МЕХАНИЧЕСКАЯ
МАСТЕРСКАЯ.**

Солянка, у Ивановскаго монаст., д. Шнаубертъ.

СТРОИТЕЛЬНЫЯ РАБОТЫ.

Проволочныя рѣшетки для бульваровъ, садовъ и могилъ. Ворота, рѣшетки, пожарныя лѣстницы, печные костыли, связи, навѣсы, зонты, ставни, крыльца, желѣзныя двери, желѣзные стропила, желѣзныя лѣстницы съ чугунными ступеньками, поковки изъ рельсъ и всевозможныя издѣлія изъ желѣза, болты и заклепки всѣхъ размѣровъ.

КОТЕЛЬНЫЯ РАБОТЫ.

Баки, резервуары, половыя и мостовыя балки, вытяжныя трубы и проч.