690
3.25
1904 г. КVI 215
Инв. №
Отд.
Политехнич.

АРХИТЕКТУРА.

КРАТКІЙ КУРСЪ

ПОСТРОЕНІЯ ЧАСТЕЙ ЗДАНІЙ,

ЧИТАННЫЙ

ВЪ ИМПЕРАТОРСКОМЪ МОСКОВСКОМЪ ТЕХНИЧЕСКОМЪ УЧИЛИЩѢ

АДЪЮНКТЪ-ПРОФЕССОРОМЪ

В. Г. Залѣсскимъ,

СЪ ДОПОЛНЕНІЕМЪ ПОПУЛЯРНАГО ИЗЛОЖЕНІЯ СПОСОБОВЪ ПРОВѢРОЧНАГО РАСЧЕТА И ОПРЕДѢЛЕНІЯ РАЗМѢРОВЪ КОНСТРУКЦІЙ.

Кромѣ чертежей въ текстѣ, прилагается еще 27 хромолитографированныхъ таблицъ въ особой папкѣ.

Инвент. № 2442
Р 2 39399
Провер. 1935
ПРОВЕРЕНО 1945
ПРОВЕРЕНО 1952
Библиотека Московского Технического Училища

Типо-литографія Т-ва И. Н. Кушнеревъ и К°. Пименовская улица, соб. домъ.
Москва—1904.

ОГЛАВЛЕНІЕ.

Ст. 1. Основаніе зданій.

Стр.

§ 1. Осадка зданій. Номенклатура частей основанія. Материкъ 7

§ 2. О грунтахъ. A. Три разряда грунтовъ. B. Развѣдка ихъ. Буреніе. C. Способы опредѣленія сопротивленія грунтовъ сжатію. D. Вліяніе на коэффиціентъ сопротивленія грунтовъ глубины заложенія подошвы фундамента . 10

§ 3. Общія замѣчанія относительно устройства подошвы фундаментовъ: a) горизонтальность подошвы, b) форма и размѣры подошвы, c) уширеніе подошвы основанія и d) глубина заложенія ея 34

§ 4. Укрѣпленіе и расположеніе подошвы фундаментовъ при различныхъ грунтахъ: I, при грунтахъ перваго разряда, II—второго разряда: a) углубленіе фундаментовъ, b) устройство обратныхъ сводовъ или арокъ, c) отдѣльные фундаменты, d) временная нагрузка и e) лежни, ростверкъ и бетонный слой 41

§ 5. Укрѣпленіе подошвы фундаментовъ при грунтахъ третьяго разряда. Первый случай, когда материкъ располагается на доступной глубинѣ. Деревянныя сваи; ихъ число и размѣры. Металлическія сваи. Производство работъ при устройствѣ деревяннаго ростверка. Бетонный ростверкъ . . . 46

§ 6. Каменные столбы. Опускные столбы: a) устройство каменныхъ опускныхъ столбовъ, b) деревянныхъ и c) металлическихъ. Кессонное основаніе. Металлическіе, каменные и деревянные кессоны 56

§ 7. Второй случай грунтовъ третьяго разряда, когда материкъ залегаетъ на неопредѣленной глубинѣ: a) уплотненіе подошвы щебнемъ, b) забивкой свай частокомъ, c) свайное основаніе, d) песчаное основаніе и e) бетонный слой 78

§ 8. Фундаменты—сплошные и въ видѣ стѣнъ. Фундаменты подъ котлы и паровыя машины. Устройство подвальныхъ этажей и предохраненіе ихъ отъ сырости 89

Ст. 2. Стѣны строеній.

§ 9. a) Цоколь зданія, b) опредѣленіе размѣровъ каменныхъ стѣнъ по отношенію къ ихъ прочности, устойчивости и теплопроводности. Кладка кирпичныхъ стѣнъ. Желѣзныя связи 106

§ 10. Лѣса и подмости. Приспособленія для подъема и передвиженія строительныхъ матеріаловъ 131

§ 11. Деревянныя стѣны. Общія замѣчанія о деревянныхъ постройкахъ. A. Заборы. B. Стѣны нежилыхъ строеній и фахверковыя. C. Примѣненіе фахверковыхъ стѣнъ къ жилымъ строеніямъ. D. Стѣны изъ желѣза и камня. 139

Стр.

§ 12. Перегородки: изъ накатника, дощатыя, обшивныя брусчатыя и шпренгельныя 156
§ 13. Карнизы, пояса, обрамленія, фронтоны и аттики 161

Ст. 3. Отдѣльныя подпоры.

§ 14. Опредѣленіе отдѣльныхъ подпоръ. A. Каменныя подпоры. B. Кирпичныя колонны и столбы. C. Металлическія подпоры: чугунныя и желѣзныя. D. Деревянныя подпоры 177

Ст. 4. Своды.

§ 15. Опредѣленіе сводовъ и номенклатура ихъ частей 217
§ 16. Формы сводовъ и начертаніе кривыхъ направляющихъ 222
§ 17. Общія правила для устройства кружалъ для сводовъ 231
§ 18. Краткое изложеніе теоріи сводовъ. Начертаніе кривой давленія 235
§ 19. Толщина свода въ замкѣ 247
§ 20. Соображенія, на которыхъ основана повѣрка устойчивости опоръ сводовъ. Забутка пазухъ и приготовленіе пятъ сводовъ. Графическіе пріемы для опредѣленія толщины опоръ свода 252
§ 21. Купольный сводъ и провѣрка его устойчивости и прочности. Парусный сводъ 257
§ 22. Крестовый сводъ. Его устройство и графическіе пріемы расчета 269
§ 23. Устройство арокъ и перемычекъ 276

Ст. 5. Потолочныя покрытія.

§ 24. Достоинство и недостатки потолочныхъ покрытій сравнительно со сводами 289
§ 25. A. Несгораемыя потолочныя покрытія: a) чугунныя балки, b) желѣзныя балки 290
§ 26. Желѣзнодорожныя рельсы, какъ балки 298
§ 27. Двутавровыя прокатныя желѣзныя балки 299
§ 28. Желѣзныя клепаныя балки 301
§ 29. Расположеніе металлическихъ балокъ. Подкладки подъ концы балокъ . . . 303
§ 30. Практическія данныя для расчета желѣзныхъ балокъ: балки, задѣланныя однимъ концомъ въ стѣну. Балки, лежащія на двухъ опорахъ. Способы закрѣпленія концовъ 307
§ 31. Заполненіе промежутковъ между желѣзными балками: деревянное и несгораемое 319
§ 32. Заполненіе кирпичной кладкой 320
§ 33. Бетонные потолки 323
§ 34. Провѣрка размѣровъ бетонныхъ и кирпичныхъ сводиковъ 326
§ 35. Поперечныя связи и ихъ размѣры 330
§ 36. Плоское бетонное покрытіе 332
§ 37. Желѣзо-бетонное покрытіе по системѣ Monier: плоское и сводчатое 333
§ 38. Опредѣленіе толщины желѣзо-бетонныхъ плитъ 338
§ 39. Ребристое желѣзо-бетонное покрытіе 342
§ 40. Плоское желѣзо-бетонное покрытіе по системѣ Könen'a 347
§ 41. Желѣзо-бетонное покрытіе по системѣ Heunebique 353
§ 42. Кирпиче-желѣзныя покрытія 363
§ 43. Система плоскаго потолочнаго покрытія изъ трепельнаго кирпича 365
§ 44. B. Смѣшанная по матеріалу система потолочныхъ покрытій 371
§ 45. C. Деревянные потолки. Общія понятія 373

Стр.
§ 46. Построеніе деревянныхъ потолковъ 375
§ 47. Деревянныя балки 375
§ 48. Размѣщеніе балокъ 380
§ 49. Заполненіе промежутковъ между деревянными балками 383
§ 50. Междуэтажное покрытіе въ жилыхъ строеніяхъ 384
§ 51. Смазка и засыпка черныхъ половъ 386
§ 52. Внѣшняя отдѣлка потолковъ 391
§ 53. Чистые полы: a) общія условія, которымъ они должны удовлетворять; b) деревянные чистые полы; c) каменные полы 392

Ст. 6. Крыши со стропилами.

§ 54. Крыши и ихъ назначеніе 401
§ 55. Формы и названія крышъ 404
§ 56. Стропила 407
§ 57. Деревянныя стропила. Наслонная система 409
§ 58. Опредѣленіе размѣровъ частей стропилъ наслонной системы 413
§ 59. Шпренгельная система 416
§ 60. Висячая система деревянныхъ стропилъ 417
§ 61. Палладіева система 421
§ 62. Подкосная или треугольная система 423
§ 63. Многоугольная система стропилъ 426
§ 64. Смѣшанная конструкція стропилъ 429
§ 65. Американская система висячихъ стропилъ смѣшанной конструкціи 432
§ 66. Растяжная система стропилъ смѣшанной конструкціи 433
§ 67. Кружальная система стропилъ 434
§ 68. Стропила металлическія 437
§ 69. Скрѣпленіе стропильныхъ частей 440
§ 70. Подушки 449
§ 71. Опредѣленіе размѣровъ частей стропильныхъ фермъ висячей конструкціи. 451
§ 72. Опредѣленіе напряженія стержней 453
§ 73. Графическій способъ разсчета стропилъ по методу Кремона. Общій способъ 455
§ 74. Примѣненіе метода Кремона къ опредѣленію напряженій частей стропильныхъ фермъ висячей конструкціи 459
§ 75. Подробности о металлическихъ стропилахъ: 1) англійская система; 2) система французская (Polonceau); 3) бельгійская система и 4) русская система стропилъ (В. Г. Шухова) 464
§ 76. Опредѣленіе напряженій частей стропильныхъ фермъ по методу Риттера . 478
§ 77. Устройство свѣтовыхъ покрытій 480
§ 78. Сравненіе силы свѣта при различныхъ системахъ свѣтовыхъ покрытій . . 484
§ 79. Зубчатыя крыши (шедъ). Общія понятія 487
§ 80. Конструкція зубчатыхъ крышъ 489
§ 81. Опредѣленіе размѣровъ частей зубчатой крыши 493
§ 82. Графическій расчетъ частей зубчатой крыши 495
§ 83. Смѣшанная система зубчатыхъ крышъ 496
§ 84. Кровли. Общія понятія. Преимущества желѣзныхъ кровель; ихъ устройство. Кровли изъ цинкованнаго желѣза 496

Ст. 7. Лѣстницы.

§ 85. Лѣстницы. Общія понятія 505
§ 86. Формы лѣстницъ 506
§ 87. Опредѣленіе размѣровъ ступеней 508

Стр.

§ 88. Раздѣленіе лѣстницъ и ихъ общій видъ 511
§ 89. Устройство каменныхъ лѣстницъ. Крыльца 515
§ 90. Внутреннія и междуэтажныя каменныя лѣстницы 518
§ 91. Лѣстницы на желѣзныхъ балкахъ и косоурахъ 520
§ 92. Разбивка лѣстницъ и опредѣленіе размѣровъ ступеней, маршей и лѣстничной клѣтки 520
§ 93. Желѣзные косоуры и площадочныя балки 522
§ 94. Размѣры поперечныхъ сѣченій косоуровъ и площадочныхъ балокъ 523
§ 95. Висячія каменныя лѣстницы 531
§ 96. Цементно-бетонныя ступеньки, ихъ приготовленіе и расчетъ 534
§ 97. Лѣстницы на сводахъ. Бетонныя и желѣзо-бетонныя лѣстницы 537
§ 98. Лѣстницы со ступеньками, задѣланными обоими концами въ стѣны . . . 542
§ 99. Металлическія лѣстницы. Чугунныя лѣстницы. Желѣзныя лѣстницы на косоурахъ. Висячія желѣзныя лѣстницы 544

Ст. 8. Заполненіе оконныхъ и дверныхъ отверстій.

§ 100. Двери. Дверныя колоды. Простыя и филенчатыя двери. Сопряженіе обвязокъ въ углахъ и съ филенками. Двупольныя двери 553
§ 101. Оконныя заполненія. Оконныя колоды и рамы. Сопряженіе оконныхъ створокъ въ притворѣ и съ колодою 560

Приложеніе.

Таб. 1. Двутавровыя желѣзныя прокатныя балки 571
„ 2. Швеллерное желѣзо 572
„ 3. Равностороннее угловое желѣзо 573
„ 4. Не равностороннее угловое желѣзо 574
„ 5. Зетовое желѣзо 575
„ 6. Однотавровое желѣзо 576
„ 7. Трапеціодальное желѣзо 577
„ 8. Квадрантное желѣзо 577
„ 9. Чугунныя пустотѣлыя колонны 578
„ 10. Клепаныя желѣзныя балки 579
„ 11. Сопротивленіе деревянныхъ стоекъ 580
„ 12. Деревянныя стойки, квадратнаго поперечнаго сѣченія 580

Введеніе.

Архитектурою называется вообще искусство проектировать и строить различныя зданія. Самое названіе происходитъ отъ латинскаго слова architectura, имѣющее греческіе корни и обозначающее въ буквальномъ переводѣ—высшее строительство.

Всегда и у всѣхъ народовъ архитектура почиталась какъ высшее художественное искусство. Но съ ней тѣсно связана техническая, конструктивная сторона этого дѣла, весьма сложная и разнообразная. Разсматривая архитектуру, какъ систематичсское изложеніе строительныхъ правилъ и научно-техническихъ выводовъ—*она уже* является не какъ искусство, а какъ техническая наука.

Всякая архитектурная постройка, отвѣчая своему назначенію, должна быть прочна, устойчива и долговѣчна при наименьшихъ затратахъ труда и матеріала на ея возведеніе. Подъ прочностью и устойчивостью мы должны разумѣть ту раціональную комбинацію строительныхъ матеріаловъ, которая соотвѣтствуетъ законамъ равновѣсія и сопротивленія тѣлъ дѣйствующимъ на нихъ внѣшнимъ механическимъ силамъ, а подъ словомъ долговѣчность — свойство всѣхъ частей строенія въ теченіе многихъ лѣтъ оставаться безъ измѣненія отъ дѣйствія внѣшнихъ химическихъ и физическихъ дѣятелей. Возможно полное удовлетвореніе этимъ условіямъ и требуетъ отъ строителя цѣлаго ряда техническихъ знаній. Законы устойчивости и прочности какъ всего сооруженія, такъ и его частей разсматриваются въ курсахъ строительной механики и сопротивленія матеріаловъ; свойства же и особенности этихъ матеріаловъ, обдѣлка ихъ, способы добыванія и приготовленія, а также производство строительныхъ работъ составляютъ предметы курса общихъ началъ строительнаго искусства; всѣ эти знанія должны предшествовать изученію архитектуры.

Отъ внѣшняго вида и свойствъ строительныхъ матеріаловъ зависятъ и архитектурныя формы. Древніе греки и римляне изучали очень внимательно свойства камня и дерева и заботились о самомъ тщательномъ приготовленіи растворовъ: совѣты Витрувія, дошедшіе до насъ, служатъ тому доказательствомъ. Равнымъ образомъ и въ Средніе Вѣка строители знали

во всѣхъ подробностяхъ свойства строительныхъ матеріаловъ и относились къ выбору и обдѣлкѣ ихъ съ большимъ вниманіемъ; благодаря этому многіе памятники старины уцѣлѣли и до нашихъ дней. Древніе строители въ особенности внимательно изучали тѣ свойства камней, которыя опредѣляютъ ихъ стойкость относительно внѣшнихъ атмосферныхъ дѣятелей, какъ-то: относительно вліянія воздуха, влаги, температуры и проч. Только при полномъ и обстоятельномъ знаніи всѣхъ свойствъ строительныхъ матеріаловъ, можно достигнуть долговѣчности возводимаго сооруженія.

Кромѣ этихъ общихъ требованій прочности, устойчивости и долговѣчности, каждое зданіе должно отвѣчать своему спеціальному назначенію—будетъ ли то фабрика, больница, школа и т. п. Совѣты и правила по проектированію спеціальныхъ зданій составляютъ предметы особыхъ статей по разнымъ отраслямъ архитектуры и мы ихъ въ нашемъ курсѣ касаться не будемъ, тѣмъ болѣе, что въ сущности правила раціональнаго примѣненія той или другой архитектурной конструкціи остаются одни и тѣ же—возводятся ли зданія для спеціальныхъ или общихъ цѣлей.

Одно изъ существенныхъ условій, которое должно быть соблюдено при возведеніи всякаго жилого зданія — это удовлетвореніе такъ наз. санитарнымъ требованіямъ. Если художественная сторона зодчества удовлетворяетъ чувству изящнаго, если правила прочности и устойчивости обезпечиваютъ увѣренность въ долговѣчности сооруженія и въ неподвижности всѣхъ его частей, то, съ другой стороны не менѣе важны тѣ правила, которыя клонятся къ сохраненію здоровья человѣка и вліяютъ на продолжительность его жизни. Всякое жилое строеніе должно быть снабжено свѣтомъ, тепломъ, чистымъ воздухомъ и водою, а также должны быть устроены приспособленія для быстраго удаленія отработанныхъ водъ и отбросовъ. Въ настоящее время вопросы по устройству отопленія и вентиляціи зданій, домовой канализаціи и водоснабженія, а также электрическаго и газоваго освѣщенія настолько разработаны, что составляютъ предметъ спеціальныхъ курсовъ преподаванія—поэтому мы ихъ тоже касаться не будемъ.

Итакъ, какимъ же путемъ мы можемъ пріобрѣсти умѣніе проектировать и строить различнаго рода зданія? Путемъ изученія строительныхъ матеріаловъ со стороны ихъ долговѣчности и прочности; строительныхъ работъ, въ смыслѣ комбинаціи, сочетанія и скрѣпленія этихъ матеріаловъ въ одно цѣлое; законовъ устойчивости частей сооруженія по отношенію къ внѣшнимъ дѣйствующимъ усиліямъ; архитектурныхъ конструкцій отдѣльныхъ частей зданія; устройства приспособленій, отвѣчающихъ санитарнымъ требованіямъ; наконецъ изученіемъ архитектурныхъ формъ, пропорцій и украшеній на лучшихъ памятникахъ и произведеніяхъ какъ минувшей, такъ и современной архитектуры.

Очевидно, что умѣніе художественно выражать свои идеи есть не что иное, какъ талантъ, которому научиться нельзя, но, съ другой стороны, путемъ внимательнаго изученія художественныхъ произведеній и памятниковъ можно развить эстетическій вкусъ и достигнуть правильнаго пониманія красоты и изящества.

Разсматривая какое-либо зданіе, мы видимъ, что оно состоитъ изъ отдѣльныхъ частей, имѣющихъ свое опредѣленное назначеніе, конструкцію и размѣры; такъ, напр.: фундаменты, стѣны, потолки, крыша и проч., поэтому эти части могутъ быть изучаемы отдѣльно, независимо отъ цѣлаго. Зная конструкціи отдѣльныхъ частей строенія, намъ остается еще скомбинировать ихъ въ одно цѣлое, чтобы имѣть законченное зданіе, соотвѣтствующее своему назначенію; поэтому общую архитектуру мы можемъ раздѣлить на слѣдующіе отдѣлы:

1) Изученіе внѣшнихъ архитектурныхъ формъ.

2) Изслѣдованіе и изученіе способовъ построенія частей зданія, съ указаніемъ достоинства и недостатковъ той или иной конструкціи, ихъ назначеніе и размѣры достаточно обезпечивающіе устойчивость и прочность ихъ.

3) Композиція, или составленіе проектовъ, т.-е. общія правила соединенія частей зданія въ одно цѣлое, съ указаніемъ на задачи такъ наз. спеціальной архитектуры.

Мы въ нашемъ курсѣ ограничимся только вторымъ отдѣломъ, при чемъ замѣтимъ, что законы сопротивленія матеріаловъ и устойчивости частей зданія разсматриваются въ строительной механикѣ, изученіе которой должно непремѣнно предшествовать курсу архитектуры. Мы укажемъ лишь въ нѣкоторыхъ случаяхъ на приложеніе этихъ знаній при опредѣленіи вопросовъ, касающихся размѣровъ и конструкцій главныхъ частей зданія, къ изученію которыхъ мы и переходимъ, при чемъ относительно послѣдовательности будемъ держаться того порядка, которому слѣдуютъ на практикѣ при производствѣ строительныхъ работъ.

Надо замѣтить, что при составленіи проектовъ и чертежей каждой отдѣльной части зданія, размѣры ихъ должны непремѣнно опредѣляться на основаніи расчетовъ, а не „на глазокъ“, какъ это часто у насъ бываетъ. Въ этомъ отношеніи намъ слѣдуетъ поучиться у американскихъ строителей, у которыхъ выработаны несложныя формулы, таблицы, графики, памятныя книжки и т. п., дающіе возможность быстро, съ точностью, вполнѣ достаточною для практики, опредѣлять размѣры всѣхъ частей строенія. Съ этою же цѣлью и мы укажемъ на нѣкоторыя данныя, которыми можно руководствоваться для быстрыхъ и несложныхъ расчетовъ.

Настоящій курсъ раздѣляется на VIII статей, а именно:

Ст. I. Основаніе зданій.
„ II. Стѣны и перегородки.
„ III. Отдѣльныя подпоры.
„ IV. Своды.
„ V. Потолочныя покрытія.
„ VI. Крыши со стропилами и кровлей.
„ VII. Лѣстницы.
„ VIII. Заполненіе оконныхъ и дверныхъ отверстій.

1-е іюня 1903 г.
Москва.

Основаніе зданій.

Ст. 1. Основаніе зданій.

§ 1.

Первая часть строенія, съ которой начинается его постройка, есть основаніе; необходимость въ его устройствѣ вызывается слѣдующими соображеніями.

Какъ бы хорошо ни было возведено каменное сооруженіе, однако по окончаніи или даже во время работы оно проявляетъ въ цѣломъ или въ отдѣльныхъ своихъ частяхъ различныя движенія: строеніе осѣдаетъ, т.-е. погружается въ грунтъ, или уменьшается въ своихъ измѣреніяхъ повысотѣ. Погруженіе происходитъ главнымъ образомъ отъ сжатія грунта, на который давитъ вѣсъ строенія. Изъ всѣхъ матеріаловъ, служащихъ для каменной кладки, наиболѣе сжимается растворъ, не успѣвшій совершенно закрѣпнуть (осадка на швахъ); слѣдовательно, чѣмъ толще слой раствора и чѣмъ больше число рядовъ кладки, тѣмъ сжатіе будетъ больше.

При деревянныхъ строеніяхъ осадка происходитъ въ пазахъ отъ недостаточно тщательной вырубки продольнаго сопряженія вѣнцовъ, отъ смятія дерева, отъ гніенія и т. п.

Но осадка, происходящая въ самомъ строеніи, почти не опасна, такъ какъ она происходитъ довольно равномѣрно.

Бываютъ однако случаи, когда осадка на швахъ можетъ вызвать довольно серьезныя поврежденія въ зданіи. Такъ, напримѣръ, не слѣдуетъ забывать, что каменная кладка, сложенная на цементномъ растворѣ, даетъ самую ничтожную осадку, такъ какъ цементъ затвердѣваетъ очень быстро, превращаясь въ твердую несжимаемую массу; при известковомъ же растворѣ затвердѣваніе происходитъ весьма медленно и осадка кладки достигаетъ 0,01 на сажень. Это обстоятельство надо имѣть въ виду при устройствѣ узкихъ простѣнковъ въ зданіяхъ, имѣющихъ широкіе оконные и дверные пролеты. Такіе простѣнки несутъ сосредоточенный грузъ и для большаго сопротивленія требуютъ кладки на растворѣ изъ портландскаго цемента. Чтобы въ такихъ случаяхъ достигнуть равномѣрной осадки на швахъ, необходимо и остальныя части стѣнъ, въ уровнѣ съ простѣнками, выводить на томъ же растворѣ.

Точно такъ же не слѣдуетъ при кладкѣ стѣнъ на известковомъ растворѣ облицовывать ихъ внутренныя поверхности кирпичной кладкой на цементѣ, перевязывая ее съ основной массой стѣны. Если такія стѣны поддерживаютъ значительный грузъ, напр., междуэтажныя покрытія, то весьма возможно, что весь этотъ грузъ распредѣлиться только на облицовку, сложенную на цементѣ и не дающую осадки. Вслѣдствіе этого облицовочный кирпичъ можетъ не выдержать и раздавится и это раздавливаніе будетъ продолжаться до тѣхъ поръ, пока вслѣдствіе сжатія облицовки грузъ покрытія не расположится на основную, сложенную на извести, массу стѣны.

Гораздо опаснѣе для устойчивости сооруженій осадка, происходящая отъ сжимаемости грунта или отъ неудовлетворительнаго устройства основанія. Первая, т.-е. осадка отъ сжимаемости грунта, бываетъ временная, обнаруживающаяся почти тотчасъ же по возведеніи зданія, и постоянная, вслѣдствіе которой сооруженіе постепенно и очень медленно, почти незамѣтно погружается въ грунтъ. Подобной осадкѣ, строго говоря, подвержены всѣ строенія вообще, такъ какъ въ природѣ нѣтъ грунтовъ абсолютно несжимаемыхъ.

Если осадка отъ сжимаемости грунта незначительна или происходитъ равномѣрно по всей площади фундамента, то очевидно, что такая осадка не можетъ повредить устойчивости зданія, такъ какъ не влечетъ за собой относительнаго перемѣщенія частей зданія. Неравномѣрная же осадка отъ недоброкачественности фундамента или неправильнаго его устройства всегда опасна, а иногда влечетъ за собой полное разрушеніе зданія.

Осадка отъ неудовлетворительно устроеннаго основанія обыкновенно очень рѣзко проявляется въ теченіе короткаго времени, даже въ періодъ самой стройки, и обнаруживается въ видѣ вертикальныхъ или наклонныхъ трещинъ въ стѣнахъ или въ слабыхъ мѣстахъ стѣнъ, гдѣ легче произойти перелому, напр. надъ перемычками и арками оконныхъ и дверныхъ пролетовъ. Такія поврежденія могутъ вызвать внезапное обрушеніе частей строенія.

По статистическимъ даннымъ, въ большинствѣ несчастныхъ случаевъ паденія или разрушенія частей вновь возведенныхъ зданій причиною оказывалось не дурное качество матеріаловъ или плохая кладка, а неправильно устроенное основаніе, не соотвѣтствующее качеству грунта, который не былъ предварительно достаточно изслѣдованъ.

Изъ сказаннаго ясно, насколько важно изучить эту часть строенія, такъ какъ отъ устройства основанія зависитъ главнымъ образомъ дальнѣйшее прочное существованіе какого бы то ни было сооруженія.

Цѣль устройства основанія заключается не въ томъ, чтобы совершенно избѣжать осадки, но въ томъ, чтобы ее уменьшить, а главное, сдѣлать по возможности равномѣрною.

Въ виду разнообразія сооруженій по своимъ размѣрамъ, назначенію и конструкціи статья объ устройствѣ основаній по своей обширности можетъ служить темой для отдѣльнаго курса въ ряду техническихъ наукъ; но мы разсмотримъ лишь устройство основаній для гражданскихъ, фабричныхъ и заводскихъ зданій и сооруженій, находящихся въ связи съ послѣдними; при чемъ замѣтимъ, что въ сущности общія правила устройства осно-

ваній остаются одни и тѣ же для всевозможныхъ сооруженій; разница бываетъ лишь въ пріемахъ самаго производства работъ.

Желающимъ подробно ознакомиться съ этимъ предметомъ рекомендую сочиненія: Инж. Карловича, — „Основанія и фундаменты"; А. Бреннека,—„Устройство основаній и фундаментовъ" въ переводѣ А. И. Никольскаго; L. Klasen—„Handbuch der Fundirungs—Methoden;"„Fundamente" v. Dr. Eduard Schmitt (Handbuch der Architectur, III Theil, II Abtheilung).

Прежде всего замѣтимъ, что:

Фундаментомъ называется та часть строенія, которая располагается ниже поверхности и земли, и предназначена для непосредственнаго воспріятія груза строенія и передачи этого груза на грунтъ.

Подошвой фундамента называется оголенная часть грунта, на которой располагается нижняя поверхность фундамента.

Основаніемъ зданія называется въ совокупности фундаментъ и его подошва.

Слѣдовательно, работы по устройству основанія могутъ быть раздѣлены на два отдѣла: на работы по возведенію самаго фундамента и на приготовленіе для него подошвы.

Принятая нами номенклатура исключаетъ возможность разсмотрѣнія въ отдѣльности основанія отъ фундамента, ибо послѣдній есть часть основанія. Карловичъ называетъ основаніемъ искусственно подготовленную подошву фундамента; но это неудобно, такъ какъ строеніе, основанное на хорошемъ грунтѣ, не требующемъ никакой подготовки подошвы, будетъ, стало быть, строеніе безъ основанія, что не можетъ быть допущено.

Для избѣжанія неравномѣрной осадки строенія фундаментъ его долженъ быть расположенъ на однородномъ и плотномъ грунтѣ, сопротивленіе котораго могло бы противостоять грузу строенія. Если такимъ условіямъ удовлетворяетъ дѣвственный грунтъ на глубинѣ ниже линіи промерзанія почвы, т.-е. не наносный или насыпной, а плотно слежавшійся и еще нетронутый лопатою, то грунтъ этотъ носитъ названіе материка (отъ слова матёрый, старый грунтъ, не новаго образованія; по нѣмецки gewachsene Boden, т.-е. какъ бы естественно выросшій геологическимъ путемъ; по-французски terre vierge—(дѣвственная почва).

Не равномѣрною и наибольшею сжимаемостью отличаются въ особенности грунты насыпные, которые имѣютъ самый разнообразный составъ, а слѣдовательно и самое неопредѣленное сопротивленіе. Такіе грунты обыкновенно встрѣчаются въ большихъ городахъ.

Всякій, даже самый плохой, грунтъ все же имѣетъ нѣкоторое сопротивленіе и можетъ выдержать извѣстный грузъ, поэтому если принять, что материкомъ называютъ такой грунтъ, на который можно безопасно передать грузъ строенія, то понятіе о материкѣ будетъ относительное, зависящее отъ груза предполагаемаго къ постройкѣ зданія, слѣдовательно такое понятіе о материкѣ будетъ не точно. Если со-

оруженіе незначительнаго вѣса, то оно можетъ быть поставлено и не на материкѣ, а на насыпномъ или разрыхленномъ грунтѣ, сопротивленіе котораго однако можетъ противостоять грузу строенія.

Очиведно, что устройстро фундамента и приготовленіе для него подошвы является въ прямой зависимости не только отъ груза строенія, но и отъ качества и свойства грунта, поэтому мы и остановимся первоначально на разсмотрѣніи различныхъ грунтовъ.

§ 2.

А) Грунты по ихъ способности сопротивляться давленію могутъ быть раздѣлены на три разряда:

1) грунты несжимаемые, которыхъ сопротивленіе на сжатіе не меньше камня или вообще того матеріала, изъ котораго устраивается фундаментъ;

2) грунты сжимаемые, но плотные и однородные, т.-е. мало и равномѣрно сжимаемые, которые въ большинствѣ случаевъ представляютъ изъ себя материки, и

3) грунты слабые, т.-е. сильно и неравномѣрно сжимаемые.

Къ первому разряду относится грунтъ скалистый, состоящій изъ горной породы, какъ-то: базальтъ, гранитъ, известнякъ и т. п.

Ко второму разряду принадлежатъ слѣдующіе грунты:

а) Чистый гравій или хрящъ, безъ примѣси глины, обладаетъ самой ничтожной и вполнѣ равномѣрной сжимаемостью, поэтому можетъ противостоять грузу массивныхъ и монументальныхъ зданій. При этомъ однако замѣтимъ, что если подъ слоемъ гравія находится слабый грунтъ, то толщина гравія должна быть не менѣе $1^1/_2$ сажени.

b) Песчаный грунтъ можетъ считаться надежнымъ основаніемъ для весьма грузныхъ строеній, если онъ чистъ и состоитъ изъ крупныхъ зеренъ. Примѣсь глины дѣлаетъ песокъ болѣе сжимаемымъ. Точно такъ же если имѣется грунтовая вода, то и откачка воды при вырытіи рвовъ для фундаментомъ можетъ повліять на плотность такого грунта и нарушить его уплотненную самой природой массу. Замѣчено, что вода, проникая черезъ песчаный грунтъ снизу вверхъ, разрыхляетъ его плотно слежавшіеся слои; наоборотъ, при движеніи воды сверху внизъ замѣчается обратное явленіе, т.-е. грунтъ уплотняется. Грунтовая стоячая вода не уменьшаетъ сопротивляемости чистаго, средней крупности песка, тогда какъ проточная вода, если онъ содержитъ примѣсь мелкаго песка, можетъ его разрыхлять путемъ вымыванія мелкихъ частицъ.

При устройствѣ основаній для грузныхъ зданій весьма важно знать толщину песчанаго грунта и ту подошву, на которой онъ расположенъ. Толщина въ 3 метр. во всякомъ случаѣ можетъ считаться достаточной. Если подпочва глинистая, то при отсутствіи воды это не вредитъ; если же имѣются грунтовыя воды, то при наклонномъ положеніи глиняной подпочвы возможенъ сдвигъ.

Если подъ песчанымъ слоемъ значительной толщины имѣется слабый грунтъ, то фундаменты слѣдуетъ закладывать на возможно меньшую глубуну, ибо песокъ, какъ извѣстно, распространяетъ давленіе въ стороны подъ угломъ 45°, распредѣляя его на бо́льшую площадь; слѣдовательно, чѣмъ большій слой песка заключается между подошвой фандамента и слабымъ грунтомъ, тѣмъ меньшее давленіе на единицу поверхности будетъ передаваться на этотъ грунтъ.

Иногда устройство водостоковъ или дренированіе почвы вызываетъ разрыхленіе песчанаго грунта, и строенія, на немъ основанныя, проявляютъ неравномѣрную осадку.

Кромѣ того, встрѣчаются грунты въ видѣ мелкаго песка, совершенно пропитаннаго водой; это такъ называемый плывучій грунтъ. Онъ можетъ считаться хорошимъ грунтомъ, если расположенъ въ котловинѣ и находится въ совершенно неподвижномъ состояніи, т.-е. вода не имѣетъ никакого стока. Если же такой грунтъ перерѣзается, хотя бы даже и на значительномъ разстояніи отъ возведеннаго сооруженія, канавой, наприм. для прокладки дренажа, водопроводныхъ или канализаціонныхъ трубъ, то этимъ немедленно нарушается его плотность, и возведенное зданіе можетъ дать неравномѣрную осадку, ибо уголъ естественнаго откаса плывуна равенъ 0. На этомъ основаніи грунтъ этотъ съ одинаковымъ правомъ можетъ быть отнесенъ и къ 3-му разряду и лишь въ исключительныхъ случаяхъ съ большою осторожностью признается несжимаемымъ.

c) Плотно слежавшіяся глинистыя или песчано-глинистыя напластованія въ сухомъ состояніи или въ состояніи естественной влажности, которая обыкновенно обнаруживается уже на глубинѣ $1^1/_2$—2 футъ отъ поверхности земли, обладаютъ весьма значительнымъ сопротивленіемъ давящимъ усиліямъ (до 8 kg. на кв. см.) и могутъ служить весьма надежнымъ грунтомъ. Одинаковость сжимаемости такого грунта зависитъ отъ равномѣрности его состава, поэтому при значительной площади плана строенія необходимы точныя изслѣдованія глинистаго грунта, чтобы убѣдиться въ одинаковости его состава.

Присутствіе воды въ глинистомъ грунтѣ совершенно его измѣняетъ: размокшая глина легко уступаетъ давленію. Поэтому если встрѣчаются грунтовныя воды на глинистомъ слоѣ грунта, то мѣстность слѣдуетъ дренировать и по удаленіи воды углубиться подошвой фундамента ниже размокшаго слоя, такъ какъ глина имѣетъ способность пропитываться водою лишь до извѣстнаго предѣла, на опредѣленную толщину слоя и далѣе уже становится водонепроницаемой.

Свойства глины. Землистое, очень тонкое, порошкообразное вещество, состоящее изъ мельчайшихъ минеральныхъ частицъ, называется *глиною*. Въ этомъ веществѣ различаютъ 3 главныя составныя части: глиноземъ, тонкій кварцевый песокъ и минеральная пыль (Schluff).

Будучи продуктомъ разрушенія полево-шпатовыхъ горныхъ породъ глина встрѣчается въ природѣ въ сухомъ и уплотненномъ видѣ, представляя изъ себя довольно крѣпкую массу, такъ какъ плотно слежавшіяся подъ давленіемъ верхнихъ слоевъ грунта частицы глины удерживаются не прилипаніемъ другъ къ другу, какъ въ увлажненномъ пескѣ, а сближаются настолько, что входятъ, по видимому, въ сферу частич-

наго притяженія и вся масса глины въ общемъ напоминаетъ сплошную горную породу, при чемъ стѣнки вырытой ямы на глубину 3-хъ и болѣе саженъ удерживаются безъ всякихъ измѣненій и обваловъ. Но стоитъ только кусокъ глины опустить въ воду, какъ въ ней тотчасъ же проявляются землистыя свойства: частицы теряютъ всякую связь, глина разсыпается и бока массы укладываются подъ очень пологимъ естественнымъ откосомъ. Внѣ воды глиняная стѣнка отъ дѣйствія атмосферныхъ перемѣнъ и влаги тоже постепенно разрушается, осыпается, при чемъ образуетъ естественный откосъ подъ угломъ отъ 40 до 60°. Но этотъ откосъ весьма непостояненъ; отъ дѣйствія дождей глина пропитывается водой, коэффиціентъ тренія между частицами измѣняется и она начинаетъ сползать и измѣнять свой естественный откосъ доводя его до тройнаго и даже четвернаго.

Жирная глина имѣетъ способность пропитываться лишь опредѣленнымъ количествомъ воды (около 70% ея вѣса), послѣ чего становится непроницаемой для жидкости; размокать она будетъ только съ поверхности на незначительную глубину. Этимъ свойствомъ пользуются для устройства изъ глины перемычекъ, непроницаемыхъ для воды слоевъ и проч. Тощія глины, съ примѣсью песка или известняка, обладаютъ въ меньшей степени свойствомъ непроницаемости, смотря по количеству этихъ примѣсей.

Какъ было уже сказано, глина въ состояніи естественной влажности имѣетъ видъ вязкой массы, при давленіи способной болѣе чѣмъ песокъ вытѣсняться въ стороны и вверхъ, уступая давленію. На это свойство надо обратить особенное вниманіе, разсматривая глину какъ грунтъ.

Бреннеке въ своемъ сочиненіи «Устройство основаній и фундаментовъ», въ переводѣ А. И. Никольскаго, на стр. 119, по поводу особыхъ свойствъ глинистыхъ, суглинистыхъ и песчанныхъ наслоеній говоритъ: «глина и суглинокъ сходны во многихъ отношеніяхъ съ жидкостями. Сходство это тѣмъ больше, чѣмъ больше они содержатъ воды. Такъ—часто наблюдалось, что глиняный грунтъ, въ который былъ вбитъ свайный ростверкъ, поднимался и поднималъ съ собой прежде вбитыя сваи. Грунтъ, подобно жидкости, расходится во всѣ стороны. Песокъ, напротивъ того, имѣетъ свойство жидкости только при большой мелкости своихъ зеренъ (сыпучій песокъ) и въ насыщенномъ водою состояніи (плывунъ), между тѣмъ какъ сухой средній или крупный песокъ подается только внизъ и только въ этомъ направленіи передаетъ давленіе. Глина обнаруживаетъ свойства вязкихъ жидкостей еще тѣмъ, что выдерживаетъ въ теченіе короткаго времени большую нагрузку, расходясь подъ гораздо меньшею тяжестью, если только она дѣйствуетъ болѣе продолжительное время. Глина и суглинокъ, содержащіе много воды, всегда требуютъ искусственнаго основанія, даже при очень большой толщинѣ пласта. Если суглинокъ содержитъ много песку, то можно, конечно, высушить грунтъ посредствомъ дренажа и увеличить тѣмъ его сопротивленіе. Съ жирной же глиной этого сдѣлать нельзя уже по той причинѣ, что глина сильно сжимается и трескается; сверхъ того, она очень долго сохраняетъ большую часть заключенной въ ней воды». Эти свойства глины и песка весьма интересны; по отношенію выдавливанія въ стороны они идутъ въ разрѣзъ со взглядами, до сихъ поръ существовавшими. Но надо замѣтить, что глина, благодаря своему свойству водонепроницаемости, не встрѣчается въ природѣ въ видѣ размякшихъ напластованій, поэтому все сказанное Бреннеке, относится главнымъ образомъ къ суглинку.

Всѣ указанные грунты въ ихъ естественномъ состояніи влажны, въ особенности тѣ, которые проницаемы водой; вода, замерзая, увеличивается въ объемѣ и этимъ разрыхляетъ и пучитъ грунтъ; поэтому даже материкъ можетъ разрыхляться на глубину его промерзанія и на этой глубинѣ не можетъ считаться надежнымъ грунтомъ. Вслѣдствіе этого подошва основанія во всякомъ грунтѣ должна быть заложена ниже линіи промерзанія почвы. Въ этомъ отношеніи менѣе измѣняемы отъ промерзанія песчаные грунты, хотя и на нихъ отражается вліяніе мороза на-

рушеніемъ ихъ естественной структуры и плотности, что влечетъ за собой и уменьшеніе сопротивленія давленію.

Глубина промерзанія почвы въ разныхъ мѣстностяхъ бываетъ различна; это зависитъ отъ климата и рода грунтовъ. Въ разрыхленныхъ грунтахъ глубина промерзанія болѣе, нежели въ нетронутыхъ и покрытыхъ растеніями. Въ средней полосѣ Россіи глубина промерзанія на открытыхъ мѣстностяхъ, оголенныхъ отъ снѣга, принимается отъ 2 до $2^1/_2$ арш.; въ сѣверныхъ—отъ $3^1/_2$ до 4; въ самыхъ сѣверныхъ странахъ почва промерзаетъ на весьма значительную глубину, на которой она никогда не оттаиваетъ, и мерзлую землю, при устройствѣ фундаментовъ, принимаютъ за материкъ (мерзлота), на которомъ и располагаютъ подошву.

Къ грунтамъ 3-го разряда принадлежатъ слабые, т.-е. сильно и неравномѣрно сжимаемые грунты: торфяные, болотные, наносные изъ мелкаго плывучаго песка, съ глиной и иломъ, растительной земли и т. п. Эти грунты вообще обладаютъ самымъ незначительнымъ сопротивленіемъ и безъ особыхъ искусственныхъ приспособленій и укрѣпленій совершенно не пригодны для устройства на нихъ фундаментовъ даже для самыхъ незначительныхъ строеній. Торфяной грунтъ и разжиженный песокъ кромѣ того обладаютъ подвижностью и въ значительной степени свойствомъ упругости. Если отъ такихъ грунтовъ отвести воду, то они нѣсколько уплотняются.

B) Развѣдка грунта. Приступая къ проектированію основанія подъ какое-нибудь сооруженіе, необходимо первоначально убѣдиться въ благонадежности грунта. Для этого нужно сдѣлать развѣдку, которая имѣетъ цѣлью изслѣдовать качества грунта, сопротивляемость его сжатію, равномѣрность состава, толщину и положеніе пластовъ, количество, качество и положеніе грунтовыхъ водъ.

Для опредѣленія состава грунта и его качества изслѣдованія производятся на глубину отъ 1 до 2 саж. ниже подошвы фундамента, съ цѣлью убѣдиться въ толщинѣ изслѣдуемаго слоя. Если подъ плотнымъ слоемъ залегаетъ слабый грунтъ, то минимальная толщина перваго должна быть:

Для однородной плотной глины, чистой или съ примѣсью песка—отъ 3 до 4 метр.

Для крупнаго песка и хряща—отъ 2 до 5 метр.

Относительно размѣровъ толщины слоя материка укажемъ на выводы по этому вопросу, помѣщенные въ брошюрѣ общества Рязанско-Уральской ж. д. „*Изслѣдованіе грунта для желѣзнодорожныхъ сооруженій и построекъ*“, стр. 23.

Общепризнано, что для самыхъ грузныхъ строеній достаточенъ пластъ материка толщиною отъ 2 до 3 саж. (Бихеле, 1889 г., стр. 13). Положимъ, что грузное строеніе давитъ на поверхность материка 4 пудами на 1 кв. дюймъ и что подъ материкомъ, толщиною въ 3 саж., залегаетъ самый слабый грунтъ, который, будучи со всѣхъ сторонъ замкнутъ и сжатъ, выноситъ въ своемъ положеніи и болѣе того, сколько онъ могъ бы вынести безопасно непосредственно подъ фундаментомъ сооруженія. Положимъ также, что давленіе отъ сооруженія настолько разсѣевается въ грунтѣ, что въ подошвѣ материка оно становится совершенно нечувствительнымъ. На всѣ эти допущенія, согласно общепринятымъ понятіямъ о материкѣ, мы имѣемъ право. Затѣмъ,

не останавливаясь на предположеніяхъ, что давленіе убываетъ сверху внизъ по нѣкоторымъ кривымъ, видъ которыхъ зависитъ отъ рода грунта, и т. п., предположимъ просто, что убыль давленія идетъ во всѣхъ родахъ грунта пропорціонально глубинѣ, чѣмъ, полагаю, не погрѣшимъ въ ущербъ прочности сооруженія, тѣмъ болѣе, что вмѣстѣ съ симъ пренебрегаемъ и возрастаніемъ сопротивленія грунта по мѣрѣ углубленія въ него. Тогда убыль давленія на каждую сажень глубины составитъ $^4/_3$, или 1.333... пуда на квадратный дюймъ. Давленіе же на какой-либо слой метерика, не принимая въ расчетъ собственнаго вѣса вышележащихъ его слоевъ, вообще будетъ:

$$p_1 = p - {}^4/_3 h,$$

гдѣ p_1 — искомое давленіе на поверхности даннаго слоя,
p — давленіе на материкъ въ подошвѣ сооруженія,
h — толщина материка между подошвой сооруженія и нижнею поверхностью даннаго слоя.

Такимъ образомъ мы можемъ провѣрить всякій слой материка, и если какой-нибудь изъ этихъ слоевъ окажется ненадежнымъ, то таковой вмѣстѣ съ лежащими надъ нимъ, хотя бы вполнѣ удовлетворительными, слоями теряетъ свое значеніе, какъ основаніе, и долженъ быть исключенъ изъ него, съ тѣмъ чтобы грузъ сооруженія былъ переданъ непосредственно на нижележащіе надежные слои; или же фундаментъ сооруженія долженъ быть настолько уширенъ, чтобы давленіе, передающееся на этотъ слой, не превосходило свойственнаго ему сопротивленія.

Если примемъ $p_1 = 0$, что будетъ соотвѣтствовать подошвѣ материка наименьшей толщины, то $h = {}^3/_4 p$, а подставляя сюда различныя величины p, получимъ соотвѣтственныя наименьшія толщины материка, сопротивленія котораго равны давленіямъ на него.

При	$p = 4$	пуда	$h = 3$	саж.	
„	„ 2	„	„ 1,5	„	
„	„ 1,8	„	„ 1,35	„	
„	„ 1,4	„	„ 1,05	„	
„	„ 1,0	„	„ 0,75	„	
„	„ 0,6	„	„ 0,45	„	
„	„ 0,2	„	„ 0,15	„	т.-е. толщина материка

одинаковая съ предположенной подстилкой (напр., слой щебня).

На основаніи этихъ данныхъ работы по производству буренія можно ограничить извѣстной глубиной, соотвѣтствующей необходимой толщинѣ материка.

Самый простой и лучшій способъ узнать грунтъ состоитъ въ выкапываніи пробныхъ ямъ на мѣстѣ предполагаемаго строенія. При этомъ грунтъ обнаруживается и изслѣдованіе его состава вполнѣ доступно. Но этотъ способъ можетъ быть примѣнимъ лишь въ случаѣ незначительной глубины развѣдки, не болѣе какъ на 3—4 аршина. При большей глубинѣ стѣнки ямы будутъ осыпаться, приходится употреблять распорные лѣса или рубить колодцы, т.-е. стѣнки ямы ограждать деревяннымъ срубомъ. При этомъ грунтовыя воды нерѣдко представляютъ большія затрудненія, требуя постоянной откачки.

При значительной глубинѣ удобнѣе производить развѣдку посредствомъ буренія; этотъ способъ примѣняется и при небольшой глубинѣ изслѣдованія, когда желаютъ по возможности быстро опредѣлить составъ грунта. Для этого употребляется буръ, который даетъ возможность въ любомъ мѣстѣ проникать на различныя глубины въ почву и доставать изъ нея образчики грунта.

Буры состоятъ изъ трехъ главныхъ частей:

1) колѣнъ или штангъ (чер. 1) въ видѣ желѣзныхъ трубокъ, діаметромъ отъ $^1/_2$ до 2″ и длиною—7′ до 10″, которыя можно соединять и разъединять между собою посредствомъ рѣзьбы; эти колѣна, соединенныя вмѣстѣ, составляютъ стержень бура;

2) особой головки (чер. 2), приготовленной отдѣльно и ввинченной въ вершину верхняго колѣна, и

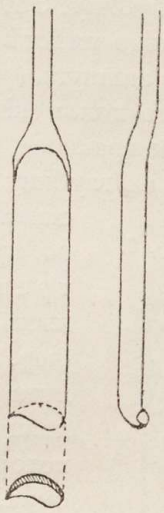
3) оконечности бура, или напарья (чер. 3 и 4).

Чер. 1.

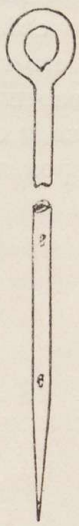
Чер. 2.

Чер. 3.

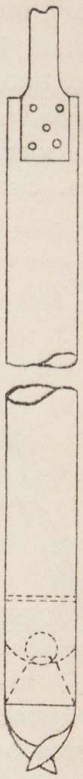
Чер. 4.



Черт. 4а.



Чер. 5.



Мы не станемъ въ подробности разсматривать различныя конструкціи и формы буровъ, а укажемъ только на наиболѣе употребительные, чтобы имѣть понятіе объ этомъ инструментѣ, который несмотря на свою полезность, къ сожалѣнію слишкомъ рѣдко примѣняется у насъ на практикѣ при постройкѣ частныхъ зданій.

При работѣ въ вязкомъ или сыпучемъ грунтѣ (глинѣ, пескѣ) напарье дѣлается въ видѣ ложки или лопаточки съ цѣлью захватить образчикъ грунта. Такъ, на фиг. 4 представлена, въ фасадѣ, боковомъ видѣ и горизонтальномъ разрѣзѣ, ложка, употребляемая для глинистыхъ грунтовъ средней плотности или сыпучихъ, чисто песчаныхъ или смѣшанныхъ съ глиной, насыпныхъ и т. д.,—словомъ, самыхъ обыкновенныхъ.

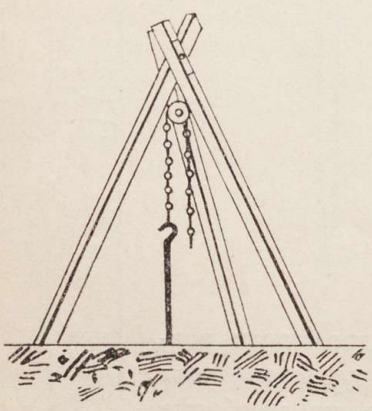
Для полученія образчиковъ грунтовъ, разжиженныхъ водой, служитъ напарье въ видѣ цилиндра (чер. 5), оканчивающагося острымъ закругленнымъ ребромъ, согнутымъ по винтовой поверхности. Въ концѣ цилиндра его внутреннее сѣченіе суживается и надъ этимъ суженіемъ располагается шаръ (показано пунктиромъ). Для того, чтобы при погруженіи бура шаръ поднимался лишь на опредѣленную вышину, надъ нимъ устроены по двумъ діаметрально противоположнымъ направленіямъ двѣ перекладины, которыя

служитъ задержкой шару. Цилиндръ, при погруженіи его въ жидкій грунтъ наполняется этимъ грунтомъ, который при обратномъ движеніи бура удерживается въ немъ шаровымъ клапаномъ и приноситъ образчикъ того грунта, гдѣ буръ остановился.

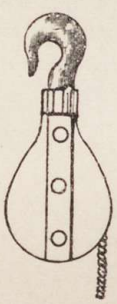
При глубинѣ около 1 саж. достотачно имѣть двуколѣнный ручной буръ съ напарьемъ, показаннымъ на чер. 3. Если случайно подъ буромъ встрѣтится камень, буреніе надо остановить и перемѣнить мѣсто.

Когда желаютъ изслѣдовать грунтъ на глубину ниже подошвы фундамента, то прежде всего въ мѣстахъ, гдѣ долженъ быть заложенъ фундаментъ, вырываютъ ямы на эту глубину. Затѣмъ, берутъ ручной одноколѣнный буръ, длиною слѣдовательно вмѣстѣ съ напарьемъ около $4^1/_2 — 5$ фут., продѣваютъ въ его головку аншпугъ (рычагъ) и начинаютъ вращать, удерживая буръ въ вертикальномъ положеніи. Пройдя около 1 фута, буръ вытаскиваютъ, производя обратное вращаніе, и вынимаютъ изъ ложки образецъ. Если буреніе производится на глубину больше сажени, то для вытаскиванія бура должно быть устроено приспособленіе, состоящее изъ тренога (чер. 6) съ прикрѣпленнымъ къ его вершинѣ блокомъ (чер. 7), черезъ который перекинута цѣпь или канатъ. Къ одному концу цѣпи прикрѣпляется крюкъ, который и зацѣпляетъ за головку бура, а за другой конецъ тянутъ рабочіе. Образчикъ получается внутри ложки; его берутъ дли храненія отъ самой нижней части. Если изслѣдуемый грунтъ очень сухъ и нехорошо пристаетъ къ ложкѣ, то въ буровую скважену наливаютъ немного воды. Описанное дѣйствіе повторяется опять, наблюдая, чтобы не углубляться болѣе $1^1/_2$ ф., не увѣрившись предварительно, приподнимая нѣсколько буръ, въ томъ, что онъ свободенъ и что его можно вытащить безъ затрудненія.

Чер. 6.



Чер. 7.



Въ довольно плотномъ грунтѣ для производства буровой скважены глубиною около 1 саж. требуется не болѣе 1 час. времени.

Для быстрыхъ испытаній грунта въ Германіи употребляется щупъ, имѣющій видъ желѣзнаго, въ нижнемъ концѣ заостреннаго, стержня круглаго поперечнаго сѣченія, въ діаметрѣ 3 см. и длиною отъ 1 до 3 м. (чер. 4 *а*). Въ верхней его части имѣется ушко, куда вставляется для вращенія бура рыгачъ. При погруженіи бура, одновременно съ вращеніемъ производятъ удары молотомъ, что заставляетъ его быстро погружаться. Время отъ времени щупъ вынимаютъ и осматриваютъ его конецъ. Такія изслѣдованія, хотя и не даютъ точныхъ указаній на качество группъ, однако при извѣстномъ навыкѣ, съ помощью такого пріема можно получить нѣкоторыя свѣдѣнія о родѣ встрѣчаемыхъ напластованій. Такъ—глинистый грунтъ даетъ себя чувствовать вязкостью и, кромѣ того, на концѣ

щупа онъ оставляетъ голубоватую или желтоватую глинистою окраску. Песокъ — наоборотъ очищаетъ, полируетъ остріе и какъ бы хруститъ при вращеніи щупа. Слабый или торфяной грунтъ характеризуется глухимъ звукомъ. Изготовляемые въ Эльберфельдѣ такіе буры имѣютъ длину отъ 1 до 2 метр. и снабжаются надъ остріемъ желобкомъ; въ немъ задерживается образецъ того грунта, въ которомъ буръ остановился. Желобки могутъ быть замѣнены и небольшими углубленіями, расположенными на разстояніи 25 см. по длинѣ штанги, направленными сверху внизъ.

При глубинѣ болѣе одной сажени или при рыхломъ сыпучемъ грунтѣ приходится прибѣгать къ употребленію обсадныхъ трубъ (чер. 8) и къ бурамъ, составленнымъ изъ колѣнъ. Діаметръ обсадныхъ трубъ долженъ быть такихъ размѣровъ, чтобы напарье бура свободно проходило внутри трубы. Одновременно съ погруженіемъ бура погружается и обсадная трубка. Для этой цѣли конецъ ея, погруженный въ землю, снабжается фрезеромъ (чер. 9).

Чер. 8. Чер. 9. Чер. 10. Чер. 11.

Когда буреніе производится на значительную глубину (болѣе 2 саженъ), то необходимо устроить подмости для рабочихъ и приспособленія для вытаскиванія бура.

Если при буреніи встрѣтится скалистый грунтъ, вообще твердый, то напарье употребляется не вращающееся, а ударяющее, т.-е. ложку замѣняютъ долотомъ (зубило). На фит. 10 представлено такъ называемое коренное долото. Самый простѣйшей формы зубило показано на фиг. 11, оконечность которой имѣетъ форму прямой линіи. Буреніе скалы производится такъ: съ помощью блока, укрѣпленнаго на вершинѣ тренога, поднимаютъ буръ, расположенный въ обсадной трубѣ, на высоту около 1 с. и затѣмъ пускаютъ его, при чемъ онъ падаетъ и долотомъ раздробляетъ скалу. Послѣ каждаго удара надо инструментъ немного поворачивать, чтобы слѣдующій ударъ пришелся по новому мѣсту. Когда пройдутъ буромъ около одного фута, буръ вынимаютъ и въ буровую скважину опускаютъ ложку, чтобы вынуть раздробленную породу. Затѣмъ опять дѣйствуютъ долотомъ и т. д.

При возведеніи городскихъ и фабричныхъ построекъ рѣдко приходится бурить скалу, такъ какъ такой грунтъ принимается за материкъ; но при сооруженіи монументальныхъ и грузныхъ зданій необходимо произвести дальнѣйшую развѣдку и узнать толщину слоя скалы, а также и качество грунта, подъ ней расположеннаго. Въ особенности если подошва фундамента должна нести сосредоточенную нагрузку, напр., фабричной трубы.

При обыкновенныхъ плотныхъ грунтахъ буръ съ долотомъ необходимъ для разбиванія встрѣчающихся камней.

C) Опредѣленіе сопротивленія грунтовъ на сжатіе. Для того чтобы опредѣлить размѣры подошвы основанія, недостаточно знать составъ и толщину материка; необходимо еще имѣть по возможности точный коэффиціентъ сопротивленія грунта на сжатіе. Какъ для опредѣленія толщины стѣны или столба намъ нуженъ коэффиціентъ сопротивленія на сжатіе тѣхъ матеріаловъ, изъ которыхъ предполагаются эти части строенія, такъ точно и ширину подошвы основанія мы можемъ опредѣлить только, зная сопротивленія на то же усиліе даннаго грунта.

Временное сопротивленіе всѣхъ главныхъ строительныхъ матеріаловъ, какъ камня, металловъ и дерева, опредѣлено лабораторными испытаніями довольно точно, и, взявши извѣстную степень надежности, мы съ достаточною увѣренностью можемъ принимать въ основаніе нашихъ расчетовъ уже готовые коэффиціенты. Для грунтовъ дѣло обстоитъ еще далеко не въ такой опредѣленности, во-1-хъ, вслѣдствіе разнообразія въ составахъ и строеніи грунтовъ, а во-2-хъ, по невозможности производства опытовъ въ лабораторіяхъ. Мы поневолѣ должны руководствоваться только приблизительными данными, къ которымъ слѣдуетъ относиться очень осторожно. При возведеніи мало-мальски значительныхъ сооруженій, а въ особенности при постройкѣ большихъ фабрикъ и заводовъ строитель обязанъ сдѣлать болѣе точныя испытанія грунта и опредѣлить коэффиціентъ его сопротивленія сжатію, въ противномъ случаѣ онъ рискуетъ сдѣлать крупную ошибку: или придавая фундаментамъ излишніе размѣры или, обратно, дѣлая ихъ недостаточными.

Существуетъ нѣсколько способовъ опредѣленія сопротивленія грунтовъ на сжатіе, а именно:

a) первый способъ—продолжительной нагрузкой—заключается въ томъ, что въ нѣсколькихъ мѣстахъ оголенной и выровненной подошвы фундамента располагаютъ на опредѣленную поверхность (напр., на 1 кв. м.) грузъ въ $1^1/_2$ или въ 2 раза большій, чѣмъ предполагается на ту же поверхность отъ проектированнаго зданія. Грузъ этотъ остается на извѣстное, болѣе или менѣе продолжительное время;

b) второй способъ—ударомъ о материкъ тяжелымъ тѣломъ;

c) третій способъ—аппаратомъ (аппаратъ Мейера), дающимъ возможность съ помощью динамометра или наложеніемъ грузовъ наглядно опредѣлить усиліе, подъ вліяніемъ котораго осадка не превышаетъ извѣстнаго максимума (предѣла упругости), иначе говоря, деформація грунта не превышаетъ извѣстнаго максимума;

d) четвертый—очень приблизительный и очень распространенный способъ испытанія грунта на его крѣпость—состоитъ въ пробѣ его ударомъ желѣзнаго лома;

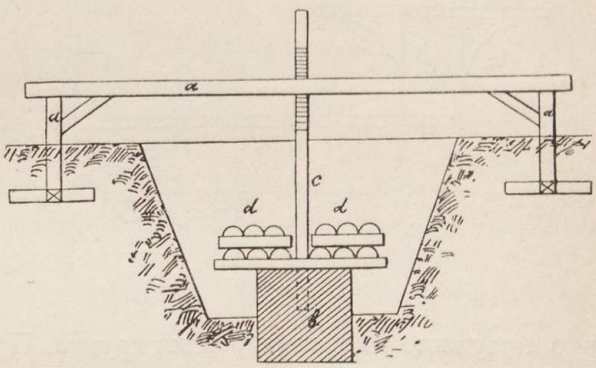
e) пятый способъ—съ помощью рычажнаго прибора и песта, введеннаго въ буровую скважену, и наконецъ

f) шестой способъ—съ помощью забивки пробной сваи, примѣнимый только при устройствѣ свайнаго основанія.

a) Для испытанія грунта продолжительной нагрузкой, на мѣстѣ, гдѣ предполагается расположить проектированное зданіе, вырываютъ нѣсколько

ямъ на глубину проектированной подошвы фундамента или того грунта, который по развѣдкѣ буромъ можетъ быть принятъ за материкъ. Ширина и длина ямы около ½ сажени. Дно ямы выравнивается подъ ватерпасъ; дальнѣйшій же ходъ изслѣдованія производится различными пріемами, такъ, напр.: на днѣ вырытаго котлована возводится правильная, опредѣленныхъ размѣровъ и тщательно сложенная кладка b (чер. 12), изъ кирпича на портландскомъ цементѣ, съ цѣлью получить прочную монолитную массу, которая или засыпается на половину плотно утрамбованной землей или углубляется въ грунтъ, какъ это показано на чертежѣ. Въ вершину кладки вводится вертикальная рейка с съ дѣленіями на миллиметры или тысячныя доли сажени. Для измѣренія осадки устраивается изъ брусьевъ или досокъ правильно собранная и чисто сдѣланная рама *a*, вертикальныя стойки которой прочно врываются въ землю. Нагрузку кладки производятъ съ помощью рельсовъ, чугунныхъ или свинцовыхъ чушекъ или кирпича; при этомъ нагрузку постепенно увеличиваютъ, отмѣчая погруженіе кладки, и доводятъ до груза въ 1½ или 2 раза большаго, чѣмъ давленіе предполагаемаго зданія на ту же площадь грунта. Когда нагрузка окончена, то ее оставляютъ на нѣкоторый періодъ времени, отъ 4 до 5 мѣсяцевъ. Прекращеніе погруженія кладки служитъ доказательствомъ тому, что установилось равновѣсіе между сопротивленіемъ грунта и давленіемъ груза, и опытъ считается оконченнымъ. Если осадка не прекращается въ продолженіе всего періода опыта и достигаетъ значительной величины, то грунтъ считается непригоднымъ для даннаго сооруженія или требующимъ искусственнаго укрѣпленія подошвы. Въ случаѣ же, если во всѣхъ одновременно испытанныхъ такимъ образомъ мѣстахъ въ районѣ плана будущаго сооруженія осадка будетъ одинаковая, не превосходящая 20—30 мм. и обнаружившаяся только первое время, а затѣмъ совершенно прекратившаяся, то сопротивленіе такого грунта можетъ быть принято равнымъ или болѣе дѣйствующей нагрузки.

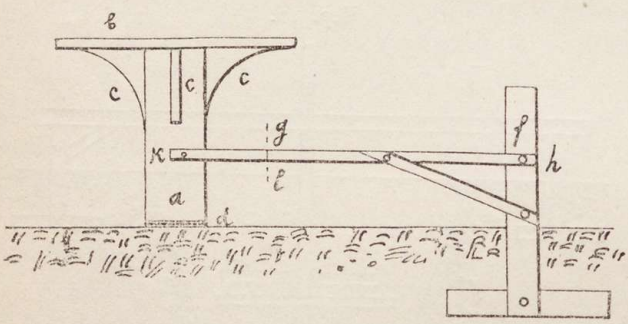
Чер. 12.



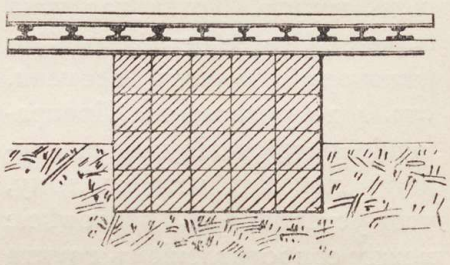
Способъ этотъ предложенъ Леманомъ, при чемъ, въ виду того, что величина сопротивленія грунта есть между прочимъ функція величины и формы площади фундамента (наибольшее сопротивленіе имѣетъ фундаментъ въ видѣ квадрата), онъ совѣтуетъ брать площадь основанія для опыта не менѣе 1 кв. метра и принимать за коэффиціентъ сопротивленія тѣ числа, которыя получились при осадкѣ нагруженной площади не болѣе какъ на 25 мм., такъ какъ равномѣрная осадка на эту величину можетъ быть опасной только въ исключительныхъ случаяхъ; нагрузку, вызвавшую большую осадку, слѣдуетъ считать несоотвѣтствующей сопротивленію грунта.

При постройкѣ памятника Императору Александру II въ московскомъ Кремлѣ испытаніе сопротивленія грунта на днѣ выратаго котлована, приготовленнаго для фундаментовъ подъ террасу и галлереи, производилось слѣдующимъ образомъ: была отлита чугунная четырехсторонняя призма *a* (чер. 12 а), вышиною около $2^1/_2$ футъ, съ поперечнымъ сѣченіемъ въ 1 кв. ф. Къ верхнему основанію призмы была прилита чугунная платформа *b* (3 фута въ сторонѣ квадрата), для большаго сопротивленія излому усиленная кронштейнами *c*, *c*, *c*. Призма устанавливалась совершенно горизонтально, при чемъ для перехода отъ неупругой поверхности чугуна къ упругой поверхности грунта подкладывали, какъ болѣе упругое тѣло, деревянную доску *d*. Затѣмъ, на нѣкоторомъ разстояніи врывали въ грунтъ прочный колъ *f* съ прикрѣпленной къ нему горизонтальной рейкой *gh*, къ чугунной же призмѣ прикрѣпляли въ томъ же уровнѣ другую такую же рейку *gk*; обѣ эти рейки служили маяками и стыкались въ плоскости *gl*. Осадка чугунной призмы влекла за собой пониженіе рейки *kg* относительно *hg*,

Чер. 12 а.



Чер. 13.



что и служило мѣриломъ осадки грунта. Предполагаемое сооруженіе на каждый квадратный футъ подошвы основанія передавало давленіе въ 120 пудовъ, поэтому испытуемый материкъ подвергался нагрузкѣ въ 200 пуд. (считая вѣсъ чугунной подставки 60 пуд., остальной грузъ былъ наложенъ кирпичомъ, всего около 30-ти рядовъ, т.-е. возведенъ кирпичный столбъ вышиною въ 3 аршина), слѣдов. въ $1^1/_2$ раза большей, при чемъ за 6 мѣсяцевъ испытанія обнаружена осадка только на 0,015 саж.

При постройкѣ новой гавани въ Куксхавенѣ испытаніе нагрузки грунта производилось слѣдующимъ образомъ *): на днѣ, вырытой на глубинѣ подошвы сооруженія, ямы складывался массивъ изъ деревянныхъ четырехстороннихъ брусьевъ (чер. 13), длиною 1,5 мет., при чемъ высота массива достигала 0,9 м. Далѣе, накладывался грузъ, состоящій изъ рельсовъ.

Тамъ же изслѣдованіе грунта производилось помощью погруженія деревянной сваи, въ концѣ спиленной перпендикулярно оси. При діаметрѣ въ 30 см. площадь поперечнаго сѣченія равнялась 707 кв. см. Первоначально при нагрузкѣ свая пошла очень медленно и при давленіи 4,34 килогр. на кв. см. достигла 68 мм., послѣ чего при дальнѣйшей нагрузкѣ стала

*) Zeitschrift für Bauwesen. 1898. H. VII и IX.

быстро опускаться. Такимъ образомъ грузъ 4,34 kg. для даннаго грунта является критическимъ, послѣ котораго пропорціональность между нагрузкой и осадкой нарушается и загруженная поверхность грунта начинаетъ быстро опускаться.

b) Второй способъ испытанія сопротивленія грунтовъ производится съ помощью ударовъ по грунту тяжелымъ тѣломъ (бабою или трамбовкою). Способъ этотъ основанъ на томъ соображеніи, что дѣйствіе ударяющаго тѣла можно сравнить съ дѣйствіемъ груза, лежащаго на томъ же мѣстѣ. Въ обоихъ случаяхъ одинъ и тотъ же результатъ—осадка.

Въ самомъ дѣлѣ, пусть P будетъ вѣсъ призматическаго тѣла (напр., чугунной бабы), ограниченнаго снизу плоскостью, параллельною поверхности грунта; H—высота паденія этого тѣла; h—величина погруженія въ грунтъ послѣ удара и Q—такой воображаемый грузъ, которымъ если нагрузить разсматриваемый грунтъ, то онъ дастъ высоту сжатія тоже—h. Принимая, что плоскости соприкосновенія съ грунтомъ какъ бабы, такъ и груза Q равны, можно предположить, что между этими величинами существуетъ слѣдующее соотношеніе

$$P(H+h) = Qh.$$

Этимъ выражается равенство работы груза Q, проходящаго высоту h, и бабы P, падающей съ высоты $H+h$; отсюда

$$Q = \frac{P(H+h)}{h} = P\left(\frac{H}{h}+1\right)$$

Полученную такимъ образомъ величину Q нельзя однако признать точной; она слишкомъ преувеличена, такъ какъ при ударѣ тяжелымъ тѣломъ въ грунтѣ вызывается упругость, а потому и большее его сопротивленіе; при медленномъ погруженіи груза грунтъ уступаетъ больше.

По этому поводу было уже приведено мнѣніе Бреннекѣ при разсмотрѣніи особенностей глинистыхъ и песчаныхъ грунтовъ.

Во всякомъ случаѣ полученныя на основаніи описанныхъ испытаній данныя все же могутъ служить цѣннымъ матеріаломъ при составленіи проекта.

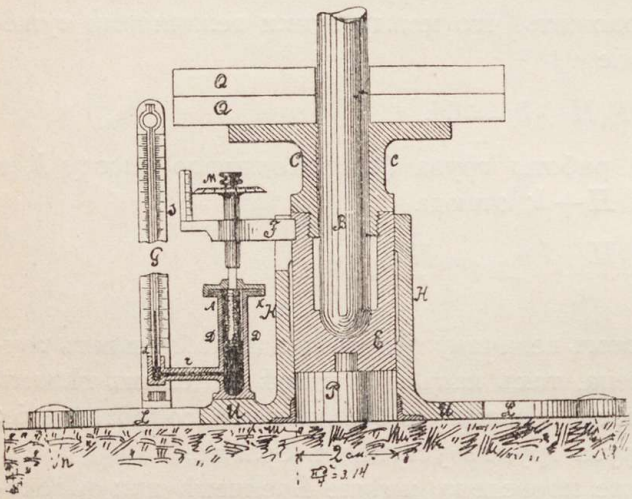
c) Третій способъ заключается въ примѣненіи коэффиціета, предложеннаго R. Mayer'омъ и выражающаго зависимость между величиной давящаго груза и углубленіемъ этого груза въ испытуемый грунтъ. Коэффиціентъ этотъ полученъ Мейеромъ путемъ цѣлаго ряда измѣреній съ помощью имъ же придуманнаго прибора, съ точностью до 0,1 мм. опредѣляющаго погруженіе въ грунтъ тяжелаго тѣла при различномъ его вѣсѣ. Для нѣкоторыхъ грунтовъ Мейеръ нашелъ постоянное отношеніе между величиной допускаемаго напряженія грунта и величиной погруженія груза въ грунтъ, что даетъ возможность дѣлать болѣе опредѣленные выводы изъ данныхъ, получаемыхъ испытаніями продолжительной нагрузкой.

Мейеръ предлагаетъ собственно два прибора: одинъ, служащій для опредѣленія предѣльной величины сжатія грунта, послѣ котораго грунтъ сопротивляться не можетъ и подъ вліяніемъ дѣйствующаго усилія дефор-

мируется, т.-е. опредѣляетъ предѣлъ упругости грунта; слѣдовательно этимъ аппаратомъ опредѣляется какъ абсолютная величина осадка въ различныхъ грунтахъ, такъ и соотношенія этой осадки съ напряженіемъ грунта; другой аппаратъ, безъ точнаго измѣрителя осадки, даетъ возможность быстраго, хотя и приблизительнаго опредѣленія величины погруженія въ грунтъ тяжелаго тѣла при извѣстномъ его вѣсѣ, т.-е. замѣняетъ опытъ съ медленной нагрузкой.

Многочисленные опыты, произведенные Мейеромъ надъ песчаными, глинистыми и глинисто-песчаными грунтами, показали, что при постепенной нагрузкѣ какого-нибудь твердаго тѣла величина погруженія его въ грунтъ прямо пропорціональна этой нагрузкѣ, до извѣстнаго однако предѣла, послѣ котораго погруженіе уже теряетъ эту пропорціональность, становится очень быстрымъ и принимаетъ все большіе и большіе размѣры. Слѣдовательно тутъ наблюдается явленіе аналогичное сътѣмъ, какое замѣчается при раздавливаніи твердыхъ строительныхъ матеріаловъ.

Чер. 14.



Конструкція аппарата Мейера направлена къ тому, чтобы дать возможность съ точностью до $\frac{1}{10000}$ м. измѣрить сжатіе грунта при дѣйствіи на него различнаго груза. Это достигается съ помощью гидравлическаго микрометра, при чемъ жидкостью служитъ ртуть.

Аппаратъ схематически изображенъ въ разрѣзѣ на чер. 14 и состоитъ изъ слѣдующихъ частей: стакана H, уширеннаго въ нижней части фланцемъ U, штампа P, ввинченнаго въ цилиндрическую часть E, которая соединена съ фланцемъ C, служащимъ для расположенія на немъ грузовъ Q. Въ центрѣ цилиндрической части E, свободно двигающейся вмѣстѣ со штампомъ въ стаканѣ H, высверлено углубленіе для вставки стержня B, конецъ коего заточенъ сферическою поверхностью, соотвѣтственно формѣ самаго углубленія. На этотъ стержень надѣваются грузы Q, каждый вѣсомъ въ 10 kg. и состоящіе изъ сплава свинца и сурьмы. Всѣхъ грузовъ 20, что составляетъ въ сложности 200 kg., т.-е. около 12 пудовъ. Къ цилиндрической части E придѣланъ горизонтальный стержень F, который передаетъ движеніе штампа P гидравлическому микрометру, устройство котораго основано на обратномъ принципѣ гидравлическаго пресса, а именно: въ стаканъ D, въ который входитъ поршень K, налита ртуть, переходящая по горизонтальной трубочкѣ въ вертикальную узкую трубку G, снабженную скалой съ дѣленіями. Поршень K свободно прижимается

къ микрометрическому винту M спиральной пружиной для избѣжанія холостого хода внизъ этого винта. Выбирая извѣстное соотношеніе между діаметромъ поршня K и трубочки G, всегда можно достигнуть любой точности показанія на скалѣ G, движенія поршня K, а съ нимъ вмѣстѣ и штампа P. Діаметръ поршня K взятъ въ 10 мм., а трубочки G—въ 1 мм., чѣмъ достигается возможность отсчитывать пониженіе штампа P на величину до 0,1 мм., такъ какъ скала трубочки G имѣетъ высоту, равную одному метру и раздѣлена на 100 равныхъ частей.

Микрометрическій винтъ M съ указателемъ S, раздѣленнымъ на 20 мм., служитъ для провѣрки правильности показанія скалы G и для установки ртути передъ испытаніемъ на извѣстномъ начальномъ уровнѣ. Для гидравлическаго микрометра выбрана ртуть потому, что она обладаетъ наименьшемъ коэффиціентомъ расширенія ($^1/_{5509}$).

Во избѣжаніе вліянія внѣшней температуры микрометръ слѣдуетъ во время опытовъ защищать, закрывая его дурными проводниками тепла. Или же можно ввести соотвѣтствующую поправку, провѣривъ показаніе ртути при различныхъ температурахъ и снабдивъ приборъ небольшимъ термометромъ для измѣренія температуры воздуха во время опыта *).

Для того чтобы избѣжать сопротивленія воздуха восходящему движенію ртути въ трубочкѣ G, верхушка ея открыта и снабжена шарообразнымъ расширеніемъ, въ которомъ ртуть можетъ собираться, не выливаясь черезъ край въ случаѣ чрезмѣрнаго погруженія поршенька K. Сопротивленія же, получающіяся въ самомъ приборѣ, во-1-хъ, отъ противодѣйствія столба ртути въ трубочкѣ G, а затѣмъ отъ спиральной пружины поршня K, регулируются вѣсомъ вставной части E, не входящимъ въ полезный вѣсъ накладываемаго груза. Вѣсъ фланца C со стержнемъ B около 2 kg.

Какъ видно изъ чертежа, стаканъ H, кромѣ уширенной части въ видѣ фланца U, имѣетъ еще горизонтальные отростки L числомъ 3, снабженные шипами, что даетъ возможность совершенно прочно и неподвижно установить приборъ на данной оголенной части грунта, соотвѣтствующей подошвѣ фундамента.

Для того чтобы хотя и ничтожное погруженіе въ грунтъ фланца U не могло вліять на величину углубленія штампа P, съ внутренней стороны фланца сдѣлана выемка, имѣющая въ разрѣзѣ форму угольника.

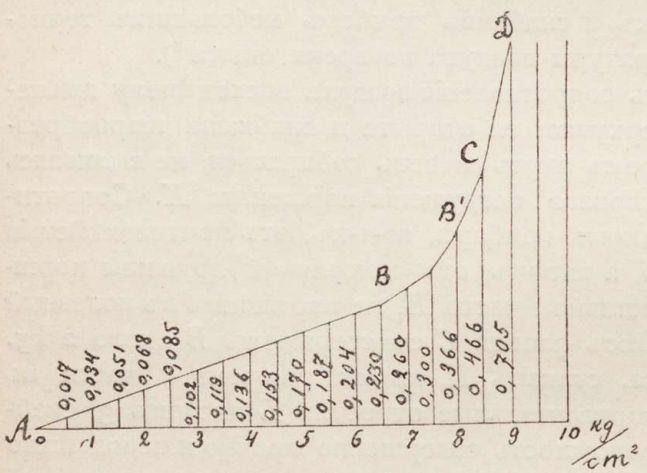
Испытанія производятся слѣдующимъ образомъ: установивъ приборъ строго горизонтально, а ртуть въ трубкѣ G съ помощью микрометра M на извѣстномъ начальномъ уровнѣ, накладываютъ на фланецъ C первый грузъ и смотрятъ на показаніе скалы G, дающее соотвѣтственную осадку штампа P. Черезъ 10 минутъ показаніе микрометра считается вполнѣ установившимся. Затѣмъ, переставивъ приборъ на другое мѣсто, накладываютъ слѣдующій грузъ и такъ продолжаютъ, постепенно мѣняя мѣсто, до тѣхъ поръ, пока получается осадка въ 10 мм., что вполнѣ достаточно для выясненія зависимости между напряженіемъ грунта и соотвѣтствующей ве-

*) По наблюденіямъ Мейера измѣненіе температуры на 1° С. влечетъ за собой отклоненіе въ указаніи на 0,4 мм.

личиной осадка. Если бы потребовалось измѣрить осадку большую 10 мм., то уровень ртути въ приборѣ микрометра можно привести опять на 0, дѣйствуя винтомъ *M*.

Производя опыты надъ различными грунтами при помощи своего прибора, Мейеръ пришелъ къ слѣдующему основному выводу: если послѣдовательно нагружать грунтъ постепенно возрастающими грузами, то до извѣстнаго предѣла можно считать, что осадка прямо пропорціональна напряженію грунта. На основаніи своихъ опытовъ Мейеръ построилъ діаграмму, изображенную на чер. 15 и дающую зависимость между послѣдовательными нагрузками отъ 0 до 10 атмосферъ и соотвѣтствующими осадками. При этомъ надо замѣтить, что діаграмма эта даетъ не непрерывное измѣненіе осадки при возрастаніи груза, а лишь связь между каждой отдѣльной нагрузкой и соотвѣтствующей осадкой. Критической точкой, до которой линія послѣдовательныхъ осадокъ остается прямой (что указываетъ на пропорціональность осадокъ и нагрузокъ), можно считать точку *B*, которой соотвѣтствуетъ нагрузка 6,5 kg. при осадкѣ 0,23 см. Затѣмъ линія осадокъ начинаетъ быстро загибаться вверхъ. Очевидно, что если бы линія *ABCD* изображала законъ измѣненія осадка при возрастаніи груза, лежащаго на одномъ и томъ же мѣстѣ, то такой видъ ея былъ бы невозможенъ, такъ какъ при уплотненіи грунта осадка его конечно быстро уменьшается. Въ данномъ случаѣ мы получимъ кривую съ вертикальною осью и вѣтвью *BD*, уходящею въ безконечность.

Чер. 15.



Въ результатѣ своихъ изслѣдованій Мейеръ считаетъ наибольшей допускаемой осадкой для всякаго песчанаго, песчано-глинистаго и глинистаго грунта величину ея, соотвѣтствующую точкѣ *B* діаграммы фиг. 15, т.-е. 0,23 см.

Всѣ нагрузки на вышепоименованные грунты, производящія осадки меньшія или равныя 0,23 см., могутъ считаться вполнѣ безопасными, а затѣмъ уже осадка грунта начинаетъ быстро возрастать до недопустимыхъ размѣровъ. На этомъ основаніи, имѣя результаты изслѣдованія продолжительной нагрузкой, мы можемъ съ достаточною точностью опредѣлить допускаемое напряженіе грунта (δ) изъ уравненія $\delta/_{0,23} = Q/_h$, гдѣ Q и h получаются путемъ продолжительной нагрузки. Слѣдовательно

$$\delta = \frac{0{,}23\,Q}{h}.$$

При испытаніи грунта на глубинѣ $4^1/_2$ арш. въ саду Импер. техн. училища, при нагрузкѣ $Q = 3{,}2$ kg. на см. дѣйствовавшей въ продолженіе 6 мѣсяцевъ, осадка только первое время оказалась въ 0,8 см., а затѣмъ оставалась безъ измѣненія до окончанія опыта, что доказываетъ, что эта величина погруженія еще не есть предѣльная и не соотвѣтствуетъ критической точкѣ; поэтому безопасное напряженіе даннаго грунта, предполагая полную пропорціональность между величинами груза и погруженіями, можетъ быть выведена изъ уравненія $\delta = \frac{0{,}23\ Q}{0{,}\beta}$ и равно 0,92 атмосф.

При вырытіи рвовъ на глубину 3 аршинъ для фундаментовъ подъ зданіе для механической лабораторіи волокнистыхъ веществъ, грунтъ оказался плотный песчано-глинистый, въ который ручной аппаратъ Мейера, при надавливаніи съ силою 6 kg. на кв. см., далъ осадку лишь на 0,2 см.; поэтому коэффиціентъ безопасной нагрузки на данный грунтъ былъ принятъ равнымъ $\frac{0{,}23 \cdot 6}{0{,}2} = 6{,}9$ kg.

Какъ было сказано выше, при своихъ изслѣдованіяхъ Мейеръ не принималъ во вниманіе уплотненіе грунта подъ дѣйствіемъ груза, тогда какъ это уплотненіе несомнѣнно увеличиваетъ сопротивленіе грунта. Результаты его наблюденій относятся только къ неуплотненному грунту.

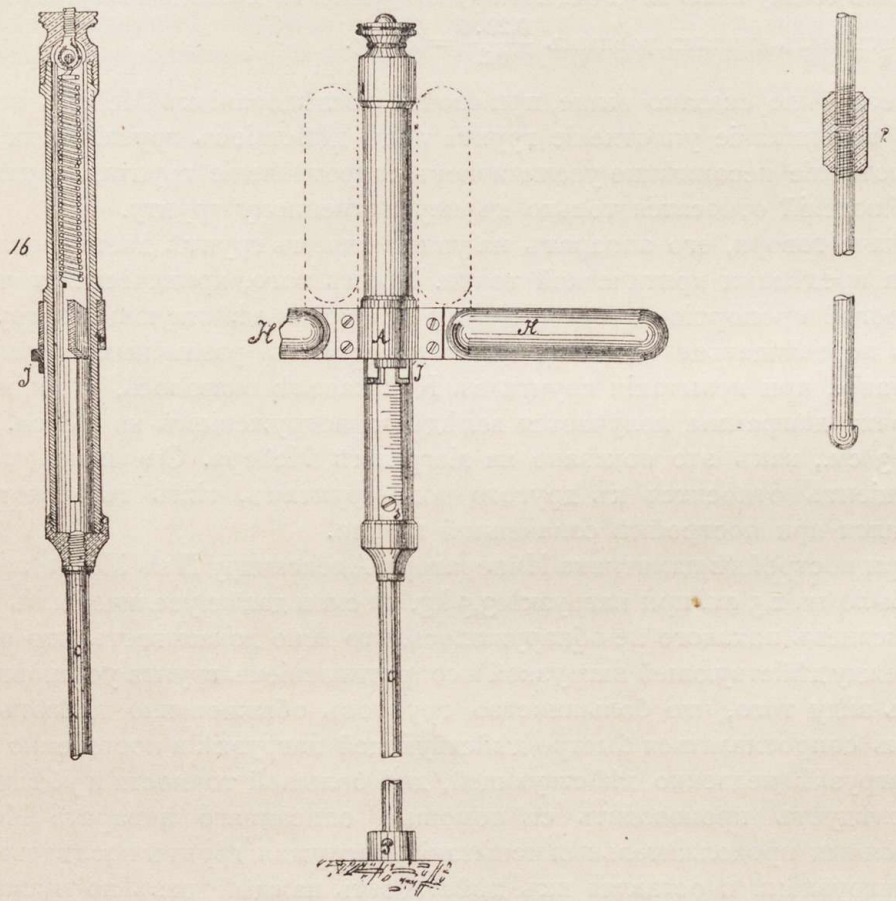
Иначе говоря, его аппаратъ на уплотненномъ грунтѣ даетъ показанія лишь за предѣлами критической точки. Кромѣ того, критическая точка B при строгой пропорціональности между осадкой и дѣйствующимъ грузомъ можетъ перемѣщаться соотвѣтственно качествамъ различныхъ грунтовъ. Такъ, напр., при испытаніи грунта въ Куксхавенѣ оказалось, что критическая точка діаграммы получается вслѣдъ за погруженіемъ на 5,8 см., а не при 0,23 см., какъ это показано на діаграммѣ Мейера. Очевидно, что его коэффиціентъ относится къ другого рода грунтамъ, чѣмъ тотъ, который встрѣтился при постройкѣ означенной гавани.

При постройкѣ памятника Императору Александру II въ Москвѣ погруженіе было на 1,5 см. при нагрузкѣ 3,5 kg. на см. и далѣе увеличенія въ теченіе 6 мѣсяцевъ никакого не обнаружилось, что ясно доказываетъ, что равновѣсіе между дѣйствующей нагрузкой и сопротивленіемъ грунта установилось.

Въ виду того, что большинство грунтовъ обыкновенно имѣютъ способность сопротивляться быстро дѣйствующей нагрузкѣ и постепенно уступать нагрузкѣ медленно дѣйствующей, для большой точности и убѣдительности слѣдуетъ производить съ помощью описаннаго аппарата Мейера провѣрочныя продолжительныя испытанія, нагружая грунтъ послѣдовательными нагрузками и оставляя ихъ дѣйствовать каждый разъ по нѣскольку дней, наблюдая періодически величину погруженія до тѣхъ поръ, пока при извѣстной нагрузкѣ ртуть будетъ стоять совершенно спокойно безъ всякаго движенія. Если же этого не достигается и ртуть продолжаетъ, хотя и медленно, подниматься, то это служитъ доказательствомъ того, что дѣйствующая нагрузка на продолжительное время не отвѣчаетъ сопротивленію грунта. Въ подобныхъ случаяхъ повторяютъ испытаніе съ уменьшенными нагрузками до тѣхъ поръ, пока не установится полное равновѣсіе между сопротивленіемъ грунта и дѣйствующимъ грузомъ. Полученная такимъ образомъ величина безопаснаго напряженія грунта будетъ вполнѣ точная и заранѣе дается возможность опредѣлить наибольшую осадку предполагаемаго зданія.

Во всякомъ случаѣ изслѣдованія Мейера съ помощью остроумно придуманнаго имъ аппарата и указанія, какъ на пропорціональность между величиной осадки и дѣйствующимъ грузомъ, такъ и на критическую точку, указывающую предѣлъ безопаснаго напряженія большинства грунтовъ, имѣютъ для строительнаго дѣла большую важность и то удобство, что даютъ возможность на практикѣ ограничиваться лишь опредѣленіемъ величины погруженія при данной нагрузкѣ, т.-е. опредѣленіемъ Q и h.

Чер. 16. Чер. 17. Чер. 18.



Чтобы не прибѣгать каждый разъ къ продолжительной нагрузкѣ, Мейеръ предлагаетъ ручной, очень удобный аппаратъ, изображенный на черт. 16, 17 и 18 (17 въ фасадѣ и 16 въ разрѣзѣ). Онъ состоитъ изъ стержня C, на нижній конецъ котораго могутъ надѣваться штампы P, имѣющіе строго опредѣленную площадь поперечнаго сѣченія. При каждомъ приборѣ имѣется 8 такихъ штамповъ съ размѣрами отъ 1 до 20 кв. см. (т.-е. 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15 и 20 кв. см.). Верхній конецъ стержня C соединяется съ пружиннымъ динамометромъ A, дающимъ возможность измѣрять силу до 30 kg., съ которой штампъ нажимается на грунтъ при помощи воздѣйствія на откидныя рукоятки HH (чер. 17). Указатель I задерживается треніемъ на

любомъ мѣстѣ скалы и отмѣчаетъ такимъ образомъ то давленіе, которое было достигнуто во всякій данный моментъ. Опредѣливъ предварительно нагрузку на 1 кв. см. отъ проектированныхъ зданій и обнаруживъ на глубинѣ ниже линіи промерзанія песчано-глинистый или какой-либо грунтъ, устанавливаютъ на немъ приборъ и нажимаютъ на штампъ до показанія динамометромъ усилія равнаго или въ 1,5 раза большаго найденной нагрузки. Такъ какъ каждый штампъ въ своей нижней части раздѣленъ горизонтальными полосками по наружной поверхности на миллиметры, то необходимо, чтобы другое лицо при этомъ наблюдало и отсчитывало погруженіе. Такимъ образомъ опредѣлятся Q и h, а слѣдовательно и δ безопасное напряженіе изъ уравненія $\delta = \frac{0{,}23 \cdot Q}{h}$;

или же поступаютъ обратно, т.-е., не задаваясь предварительно нагрузкой, опредѣляютъ, при какомъ грузѣ погруженіе штампа остается въ предѣлахъ отъ 0,0 до 0,25 см.

Ручной приборъ очень удобенъ при переноскѣ, но представляетъ затрудненіе при отсчетѣ такой мелкой величины, какъ 1,5—2 мм. Впрочемъ, этотъ недостатокъ устраняется съ помощью комбинаціи ручного прибора съ гидравлическимъ микрометромъ. Для этой цѣли стоитъ только при помощи муфты B (фиг. 18) къ стержню C пружиннаго прибора привинтить наконечникъ H, заточенный сферически и совершенно точно приходящійся къ сферической выемкѣ въ цилиндрической части E (чер. 14) точнаго прибора, тогда являются совершенно излишними грузы Q, и нагрузка можетъ быть произведена отъ руки, нажимая на рукоятки H, и измѣрена динамометромъ, тогда какъ осадка укажется совершенно точно гидравлическимъ микрометромъ. Такимъ образомъ оба прибора Мейера являются скомбинированными въ одно цѣлое.

Аппаратъ Мейера извѣстенъ въ строительной практикѣ сравнительно недавно, но о немъ имѣются уже хорошіе отзывы профессоровъ: Теммейера (Цюрихъ), Брика (Вѣна), Крейтера (Мюнхенъ) и др. Производя цѣлый рядъ испытаній своимъ аппаратомъ надъ различными грунтами, Мейеръ даетъ слѣдующіе коэффиціенты безопасной нагрузки:

1. Слабая песчаная глина и очень тонкій, пропитанный водою песокъ—не болѣе 1 кг. на кв. см.

2. Глина средней плотности и песокъ, умѣренно насыщенный водой или съ большою примѣсью глины—отъ 2 до 3,5 кг. на кв. см.

3. Плотная глина или сухой, мало содержащій глины, песокъ—4—5,5 кг. на кв. см.

4. Плотно слежавшійся крупный песокъ, гравій или щебень, а также слабая горная порода—отъ 6 до 8 кг. на кв. см.

5. Сплошная горная порода средней твердости—до 15 кг. на кв. см.

6. Твердая горная порода—25 кг. на кв. см.

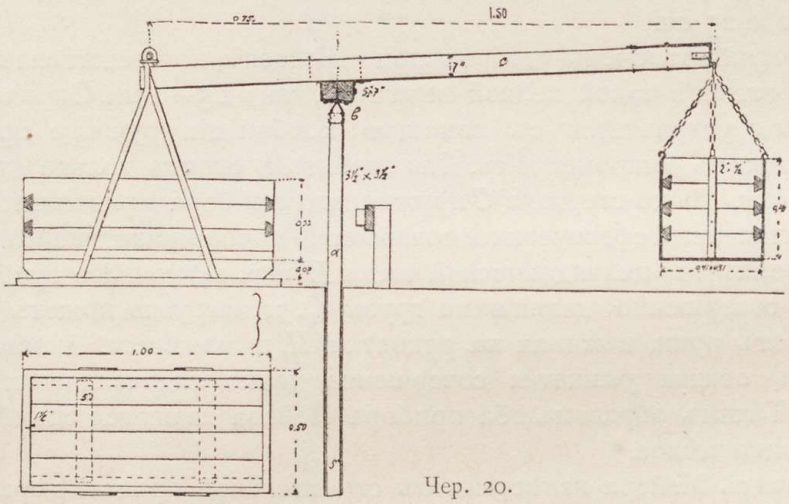
d) Четвертый, самый простѣйшій, способъ изслѣдованій прочности грунта съ помощью ударовъ ломомъ основанъ на большемъ или меньшемъ прониканіи лома при ударѣ въ грунтъ. Собственно, это совершенно тотъ же самый способъ, что и второй—съ помощью ударовъ тяже-

лымъ тѣломъ; разница лишь въ томъ, что здѣсь чугунная баба замѣняется ручнымъ ломомъ.

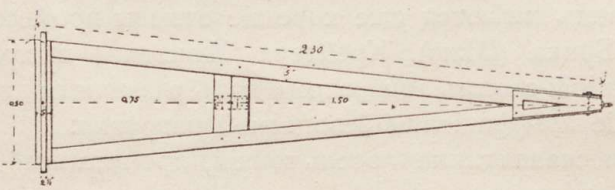
Слѣдовательно, если сила сопротивленія грунта Q, грузъ лома P, высота подъема H, а погруженіе при ударѣ h, то $Q=\frac{P(H+h)}{h}$, а слѣдовательно напряженіе грунта на квадратную единицу площади $\delta=\frac{Q}{S}$, гдѣ S—площадь поперечнаго сѣченія лома.

е) Пятый способъ—изслѣдованія прочности грунта, съ помощью рычажнаго прибора—заимствуемъ изъ вышеназванной брошюры общества Рязанско-Уральской жел. дор. Способъ этотъ заключается въ слѣдующемъ: „для испытанія грунта даннаго мѣста на сжатіе устраиваютъ приспособленіе, изображенное на чер. 19. Оно состоитъ

Чер. 19.



Чер. 20.



изъ вертикальнаго дубоваго песта a діам. 3,57 дюйма, опускаемаго въ буровую скважину высверленную до глубины, на которой желаютъ произвести испытаніе грунта. Нижній конецъ песта обрѣзывается нормально къ оси его, сглаживается и стягивается желѣзнымъ бугелемъ, а верхній оковывается стальной насадкой въ видѣ ножа b. На ножъ этотъ накладывается коромысло c цилиндрической выемкой стальной плашки, прикрѣпленной болтами къ перекладинѣ коромысла. Коромысло состоитъ изъ брусьевъ, связанныхъ, въ видахъ устойчивости прибора, равнобедреннымъ треугольникомъ (чер. 20), и имѣетъ неравные концы—въ 0,75 и 1,50 саж. Короткое плечо коромысла оканчивается осью, которая закладывается подъ два крюка желѣзной поковки, прикрѣпленной къ большому ящику, вмѣщающему отъ 170 до 225 пуд. земли, считая съ собственнымъ его вѣсомъ. На концѣ длиннаго плеча утвержденъ крюкъ для подвѣшиванія прочно окованнаго малаго ящика, вѣсомъ съ насыпанной въ него землей около 75 пуд. Слѣдовательно, на пестъ или, все то же, на площадь грунта въ 10 кв., дюйм. можно произвести давленіе свыше 225 пуд., что, надо полагать, достаточно для испытанія большинства

землистыхъ грунтовъ. Впрочемъ, величина абсолютнаго и относительнаго давленія зависитъ отъ различныхъ размѣровъ прибора, которые, смотря по надобности, всегда можно измѣнить. Для полученія отсчета давленія на грунтъ, непосредственно къ песту придѣлывается пружинный карандашъ или штифтъ, подъ который подставляется безконечная бумажная лента, движимая часовымъ и вмѣстѣ съ тѣмъ счетнымъ механизмомъ, укрѣпленнымъ въ горизонтальной рейкѣ, прибитой къ двумъ столбамъ. Для производства опыта сначала устанавливается большой ящикъ на подстилкѣ изъ нѣсколькихъ досокъ и насыпается землей, потомъ закладывается подъ крюки его поковокъ коромысло и, послѣ вывѣрки движенія его въ вертикальной плоскости подкладываніемъ ящика, коромысло опирается на временный чуракъ, вертикальное положеніе котораго укажетъ мѣсто, гдѣ слѣдуетъ сверлить скважину для песта. Скважину, высверленную обыкновеннымъ земляным буравомъ діам. 5 дюйм., слѣдуетъ досверлить и вмѣстѣ съ тѣмъ очистить подобнымъ же, но спеціально изготовленнымъ для сего, буравомъ безъ нижняго направляющаго винта, чтобы дно скважины получилось плоское и грунтъ не былъ растревоженъ въ глубину. Затѣмъ, опустивъ осторожно пестъ въ скважину *), его слѣдуетъ нѣсколько разъ повернуть, чтобы окончательно сравнять грунтъ на днѣ скважины и достичь возможно совершеннаго прикасанія песта къ грунту. Послѣ сего накладывается коромысло и подвѣшивается къ нему малый ящикъ, а также устанавливается пишущій приборъ. Въ предупрежденіе выпучиванія грунта, вокругъ песта въ щель скважины на высоту, примѣрно, 1 аршина отъ дна, насыпается сухая измельченная земля. Такимъ образомъ приборъ будетъ установленъ и можно приступить къ производству опыта, насыпая постепенно, плавной струей, сухой песокъ въ малый ящикъ. Когда грузъ этого ящика достигнетъ размѣровъ, соотвѣтствующихъ сопротивленію грунта, что можно будетъ замѣтить по ходу опыта, тогда дальнѣйшее добавленіе песку въ ящикъ слѣдуетъ производить медленно и съ остановками минутъ по пяти, чтобы не перегрузить ящика. По всей вѣроятности въ самомъ началѣ опыта осадка песта будетъ довольно замѣтная, такъ какъ въ это время станутъ сжиматься наружныя частицы грунта до полнаго прикасанія песта ко дну скважины; потомъ сжатіе сдѣлается менѣе замѣтнымъ и наконецъ наступитъ моментъ раздробленія нѣкотораго слоя грунта, когда осадка песта должна будетъ вновь чувствительно увеличиться.

Всѣ давящія на грунтъ части прибора, какъ и песокъ, насыпанный въ малый ящикъ, должны быть по возможности точно взвѣшены на приготовленныхъ для сего вѣсахъ, послѣ чего дѣлается расчетъ произведеннаго давленія съ переводомъ его на единицу площади. Каждый опытъ слѣдуетъ доводить по возможности до конца, т.-е. до раздробленія грунта **). Коэффиціенты прочности должны устанавливаться журналами заложенія основаній или особыми протоколами съ объясненіемъ производства самаго опыта. И если опытъ произведенъ правильно, при чемъ въ него введены возможные для даннаго мѣста факторы, могущіе вліять на уменьшеніе устойчивости грунта, то прочное сопротивленіе его вполнѣ безопасно принять въ $^1/_{10}$ временнаго сопротивленія, но необходимо также обращать вниманіе на равномѣрность грунта.

Устройство прибора допускаетъ употребленіе въ опытѣ значительныхъ усилій и вмѣстѣ съ тѣмъ требуетъ лишь небольшого числа металлическихъ, не особенно громоздкихъ частей, при чемъ большинство изъ нихъ, какъ и всѣ деревянныя части, можетъ быть изготовлено мѣстными средствами“.

f) Испытаніе сопротивленія забитой въ грунтъ сваи производится непосредственно нагрузкой, при чемъ усиліе, которое можетъ быть безопасно

---

*) Для защиты стѣнокъ скважины отъ обсыпанія, при опусканіи песта полезно предварительно вставлять въ скважину обсадную трубу изъ листового желѣза съ плоскимъ флянцемъ.

**) До перваго раздробленія, такъ какъ, при прогрессивномъ увеличеніи давленія, по всей вѣроятности, дальнѣйшія раздробленія послѣдовательныхъ нижележащихъ слоевъ грунта будутъ происходить скачками.

передано на сваю, находится въ зависимости отъ величины погруженія сваи отъ пробной нагрузки или отъ ударовъ бабы. Эта осадка для весьма грузныхъ построекъ не должна быть болѣе 2—3 см. послѣ послѣдняго удара бабы вѣсомъ въ 500 kg. Для болѣе легкихъ строеній осадка можетъ доходить и до 6—8 см.

Допускаемая осадка сваи отъ послѣдняго n-наго удара бабы при данной нагрузкѣ, предполагаемой по проекту на каждую сваю, можетъ быть опредѣлена по формулѣ Брикса, а именно: h—осадка, не должна быть болѣе

$$h < \frac{nHG}{5P}\left(\frac{Q}{Q+G}\right)^2.$$

Здѣсь Q обозначаетъ вѣсъ бабы, G—вѣсъ сваи, P—нагрузка, предполагаемая на сваю отъ будущаго сооруженія въ килограм., H—высота подъема бабы въ сантиметрахъ или въ дюймахъ, такъ же какъ и величина h.

Если, путемъ пробной забивки сваи, принимается, какъ постоянная величина, ея осадка отъ послѣдняго удара, т.-е. величина h, то изъ вышеприведеннаго выраженія опредѣляютъ тотъ грузъ, который можетъ быть безопасно переданъ на сваю, а именно

$$P = \frac{nHG}{5h}\left(\frac{Q}{Q+G}\right)^2.$$

Замѣчено, что при испытаніи сопротивленія сваи ударами бабы вызывается упругость грунта, въ особенности илистаго или мелко-песчанаго мокраго, и свая обнаруживаетъ первое время очень незначительную осадку, которая впослѣдствіи можетъ увеличиваться. Поэтому для такихъ грунтовъ приведенныя формулы не примѣнимы и испытаніе должно быть произведено медленной нагрузкой. Для этого забиваютъ нѣсколько свай въ опредѣленномъ другъ отъ друга разстояніи и перекрываютъ ихъ деревяннымъ настиломъ, на который и наносятъ постепенно временную нагрузку въ $1^1/_2$ или 2 раза болѣе предполагаемой отъ будущаго сооруженія. Если по прошествіи 2—3 недѣль пробныя сваи остаются неподвижными и болѣе въ грунтъ не погружаются, то избранное число свай считается достаточнымъ.

D) Коэффиціенты, принимаемые для расчетовъ сопротивленія грунтовъ. Не всегда имѣется возможность и время произвести испытанія сопротивленія грунта однимъ изъ указанныхъ болѣе точныхъ способовъ, поэтому, принимая во вниманіе, что грунты одинаковаго состава имѣютъ приблизительно и одинаковое сопротивленіе, можно руководствоваться коэффиціентами, полученными изъ цѣлаго ряда наблюденій въ другихъ мѣстахъ, но съ тѣмъ же грунтомъ.

Кромѣ уже приведенныхъ данныхъ, полученныхъ наблюденіями инженера Мейера, мы можемъ привести еще коэффиціенты, принятые, какъ обязательные для строителей въ нѣкоторыхъ большихъ городахъ; такъ, для Вѣны постановлено, чтобы глинистый грунтъ не обременять нагрузкой болѣе чѣмъ 1,5 кг. на кв. см.; плотный глинистый или песчано-глинистый—

2,5 кг. на кв. см.: крупный песокъ—3,5 кг. и мокрый песокъ не болѣе 3 кг. на кв. см.

Для Берлина, какъ обязятельное правило, требуется для всѣхъ грунтовъ не болѣе 2,5 кг. на кв. см. Практика однако показала, что коэффиціентъ этотъ можетъ быть значительно увеличенъ, такъ какъ даже при нагрузкѣ въ 6,5 кг., сооруженіи не обнаружили никакой осадки.

Въ Чикаго, по словамъ Эвальда, принято сопротивленіе глинистаго грунта отъ 1 до 2 кг. на кв. см. Для Нью-Іорка при мягкой глинѣ—1,4 кг.

Въ Москвѣ также были сдѣланы нѣкоторыя наблюденія: испытанія инженера Султанова, какъ мы видѣли выше, показали, что дѣвственный песчано-глинистый грунтъ можетъ быть нагруженъ нѣсколько болѣе пуда на кв. д. (2,5 кг. на кв. см.)

Наблюденія инженера Левачева при постройкѣ террасы при храмѣ Христа Спасителя въ Москвѣ: при наносно-песчано-глинистомъ грунтѣ—0,2 пуда на кв. д. (0,5 кг. на кв. см.) безъ всякаго укрѣпленія подошвы и 0,4 пуда при укрѣпленіи втрамбованіемъ щебня.

По наблюденіямъ инженеръ-архитектора Залѣскаго для сухого, средней крупности песка—$1^1/_2$ пуда на кв. д. (3,75 кг. на кв. см.).

Для мокраго, болѣе мелкаго въ сѣверной и сѣверо-западной части столицы — 0,75 пуда (1,88 кг. на кв. см.); въ центральной части столицы для плотно слежавшейся глины, на глубинѣ 8—9 аршинъ—отъ 6 до 7 кг. на кв. см. (2,5 пуда на кв, д.).

Чтобы облегчить опредѣленіе ширины подошвы фундамента для зданій различной вышины, Мейеръ приводитъ слѣдующую таблицу:

Таблица I.

Нагрузка въ килограм. на кв. см. подошвы фундамента при обыкновенной его ширинѣ для внутреннихъ и наружныхъ стѣнъ гражданскихъ зданій.

ВЫСОТА СТРОЕНІЙ ВЪ МЕТРАХЪ.	Наружныя стѣны.			Внутреннія стѣны.		
	отъ	до	сред.	отъ	до	сред.
	Килограммовъ.			Килограммовъ.		
Одноэтажное отъ 3,55 до 7,2	0,8	3,4	2,1	1,3	5,9	3,6
Двухъэтажное отъ 6,95 до 11	1,3	4,4	2,9	2,0	7,4	4,7
Трехъэтажное отъ 10,35 до 14	1,7	4,5	3,1	2,7	8,6	5,7
Четырехъэтажное отъ 13,75 до 18, 2 . .	2,2	5,3	3,7	3,2	8,5	5,9
Пятиэтажное отъ 17,15 до 21,6	2,4	5,2	3,8	3,3	8,2	5,8
Шестиэтажное отъ 20,55 до 25	2,9	6,0	4,4	3,9	9,2	6,6

Примѣчаніе. Чтобы перейти на дюймы и пуды, слѣдуетъ означенныя цифры помножить на 0,4,

Е) Вліяніе на коэффиціентъ сопротивленія грунта глубины заложенія подошвы фундамента. Вмѣстѣ съ глубиной увеличивается и сопротивленіе грунта одного и того же состава. Есть нѣкоторыя данныя, на основаніи которыхъ можно опредѣлить это возрастаніе, что даетъ возможность, не углубляясь до глубины предполагаемой подошвы фундамента, ограничится изслѣдованіемъ сопротивленія грунта на его поверхности, (т.-е. ниже верхняго, разрыхленнаго слоя), составъ же грунта опредѣлить буреніемъ.

Бреннеке по этому вопросу даетъ слѣдующія указанія:

Сопротивляемость G^t грунта на глубинѣ t можно представить состоящей изъ 3 частей:

1) Изъ сопротивленія на поверхности, которое обозначимъ черезъ G^0.

2) Изъ увеличенія сопротивленія отъ нагрузки сверху лежащими массами земли. Нагрузка эта увеличиваетъ сопротивляемость въ двухъ отношеніяхъ: во-первыхъ, тѣмъ, что уплотняетъ грунтъ на глубинѣ (своимъ вѣсомъ), и, во-вторыхъ, потому, что вслѣдствіе вязкости грунта, опусканіе перегруженнаго фундамента можетъ произойти только въ томъ случаѣ, если сжатый подъ подошвой фундамента грунтъ, расходясь въ стороны, сдвинетъ и подниметъ лежащія рядомъ съ фундаментомъ массы земли.

Увеличеніе сопротивленія съ глубиной должно быть, слѣдовательно, функціей вѣса γ кубичес. единицы грунта и глубины t, или вообще$=f(\gamma,t)$.

Для точнаго опредѣленія $f(\gamma,t)$ нѣтъ необходимыхъ данныхъ, которыя можно получить только посредствомъ опытовъ.

Наименьшимъ значеніемъ $f(\gamma,t)$ должно быть произведеніе γt, которое соотвѣтствовало бы вполнѣ жидкому состоянію, при которомъ сопротивляемость увеличивается съ глубиной пропорціонально давленію вытѣсняемой жидкости.

3) Сопротивляемость увеличивается еще съ глубиной отъ тренія, которое проявляется между окружающимъ грунтомъ и боковыми стѣнками фундамента. Треніе R на единицу длины периметра или окружности $= \mu H$, если μ обозначаетъ коэффиціентъ тренія, а H—горизонтальный напоръ земли на единицу длины. Коэффиціенты тренія извѣстны и H можно вычислить по извѣстной формулѣ

$$H = \gamma \frac{t^2}{2} tang^2 (45^0 - \varphi/_2),$$

гдѣ γ, t имѣютъ прежнее значеніе, φ обозначаетъ уголъ естественнаго откоса грунта. Для очень мелкаго плывуна и ила уголъ φ равняется приблизительно 0.

Вычисленныя значенія R не соотвѣтствуютъ однако наблюденіямъ. Причина этого заключается въ томъ, что, по всей вѣроятности, уголъ откоса измѣняется съ глубиной, при чемъ онъ возрастаетъ пропорціонально давленію грунта.

Какъ среднія величины сопротивленія тренія до глубины 14 м. можно брать слѣдующія:

Таблица II.

№	ОБОЗНАЧЕНІЕ.	Среднее сопротивленіе трен. на m^2 въ kg.
		R.
1	Крупный песокъ и гравій по чугуну	1.500
2	„ „ „ „ „ листовому желѣзу и заклепкамъ .	2.500
3	„ „ „ „ „ шероховатой кладкѣ	3.500
4	„ „ „ „ „ гладко притертой цементной штукатуркѣ	1.500
5	Кирпичная кладка по илу	1.000
6	Слои глины и вулканическаго песка по кирпичной кладкѣ . .	2.000
7	Тотъ же грунтъ по чугуну	1.600
8	Мятая глина по дереву	1.860
9	Очень твердая глина по дереву	6.000

Обозначимъ площадь основанія фундамента F, его внѣшняя поверхность U, тогда сопротивляемость G^t на 1 кв. м. на глубинѣ t отъ поверхности выразиться вообще черезъ

$$G^t = G^o + f(\gamma,t) + \frac{UR}{F}.$$

Для крупнаго песку и гравія, при вертикальныхъ стѣнахъ и при насыщенномъ водою грунтѣ, можно взять $\gamma = 2.190$ kg., $R = 3.000$. Возьмемъ для $f(\gamma,t)$ вышеприведенную наименьшую величину γt и G^o на поверхности изслѣдуемаго грунта $= 25.000$ кг. на кв. м., тогда получимъ

$$G^t = 25.000 + 2.190\,t + \frac{3.000\,U}{F}.$$

Примѣръ. Если глубина фундамента отъ поверхности изслѣдованнаго грунта 2 м., то, взявъ 1 п. м. фундамента, при ширинѣ его въ 1 м., получимъ, что $U = 2$ м., а $F = 1$ кв. м. Тогда сопротивленіе G^t на глубинѣ 2 м. будетъ $G^t = 25\,000 + 4.380 + 6.000 = 35.380$. Такое значительное приращеніе сопротивляемости грунта между прочимъ служитъ объясненіемъ (по словамъ Бреннеке) того явленія, что при подмывахъ грунтовъ около наружныхъ поверхностей фундаментовъ быковъ послѣдніе начинаютъ осѣдать гораздо раньше, чѣмъ какая-либо часть подошвы обнажается.

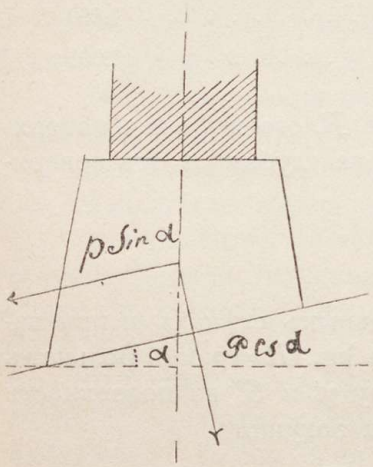
При устройствѣ гражданскихъ зданій фундаментъ помѣщается въ предварительно вырытыхъ для него рвахъ или котловинахъ, при чемъ уменьшеніе давленія на подошву отъ тренія боковъ фундамента о грунтъ имѣетъ мѣсто только въ томъ случаѣ, если стѣнки рвовъ держатся вертикально и бутовая кладка, заполняя ровъ по всей его ширинѣ, плотно примыкаетъ къ стѣнкамъ. Въ такихъ случаяхъ можно принять U равнымъ отъ 1.900 до 3.000 kg. на кв. м. (по Schmoll). Во многихъ случаяхъ при грунтахъ,

требующихъ или устройства распорныхъ лѣсовъ или откосовъ, это треніе не можетъ быть включено въ расчетъ; по крайней мѣрѣ первое время, когда грунтъ, прилегающій къ фундаменту, не будетъ уплотненъ, этого тренія не можетъ быть.

§ 3.

F) Общія замѣчанія относительно устройства подошвы фундамента. а) Горизонтальность подошвы фундамента. Устойчивость фундамента находится въ зависимости отъ положенія подошвы основанія относительно направленія дѣйствующихъ усилій; она должна располагаться по возможности нормально къ этимъ усиліямъ. Представимъ себѣ фундаментъ, который сложенъ такимъ образомъ, что его подошва не нормальна къ дѣйствующимъ усиліямъ (чер. 21), имѣющимъ вертикальное направленіе, а расположена наклонно къ горизонту подъ угломъ α; въ такомъ случаѣ, если назовемъ черезъ P равнодѣйствующую этихъ усилій и разложимъ ее на составляющія $P\ cos\ \alpha$ и $P\ sin\ \alpha$, то ясно, что фундаментъ останется въ покоѣ только при условіи, если сила $P\ sin\ \alpha$ не привышаетъ силу тренія. Изъ механики извѣстно, что величина тренія выражается произведеніемъ изъ дѣйствующаго усилія на коэффиціентъ тренія f; этотъ коэффиціентъ равняется $tg\theta$, гдѣ θ есть уголъ тренія, т.-е. предѣльная величина наклоненія къ горизонту, при которой тѣло не скользитъ по наклонной плоскости. Въ нашемъ случаѣ выраженіе для тренія будетъ $f\ P\ cos\ \alpha$. Для того, чтобы фундаментъ находился въ покоѣ, необходимо, чтобы $f\ P\ cos\ \alpha$ было больше $P\ sin\ \alpha$, или раздѣляя обѣ части на $P\ cos\ \alpha$ и произведя, сокращеніе имѣемъ

Чер. 21.



$$f > \frac{sin\ \alpha}{cos\ \alpha} > tg\ \alpha.$$

Но такъ какъ $f = tg\,\theta$, то будемъ имѣть

$$tg\,\theta > tg\,\alpha,$$

или

$$\theta > \alpha,$$

т.-е. что для устойчивости фундамента необходимо, чтобы уголъ отклоненія дѣйствующихъ на подошву усилій отъ нормальной къ этой подошвѣ былъ бы меньше угла тренія (угла покоя).

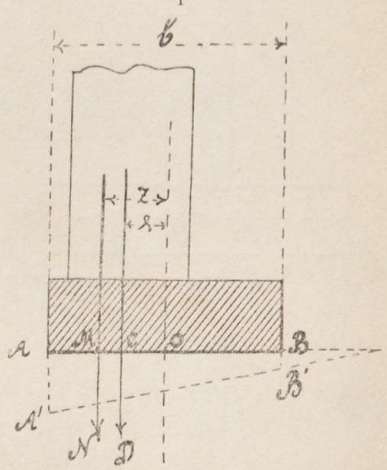
Уголъ тренія при глинистыхъ и песчано-глинистыхъ грунтахъ принимается въ 25^0; но въ виду того, что грунты могутъ смачиваться водой и при этомъ измѣнять свой коэффиціентъ тренія, слѣдуетъ брать не бо-

лѣе 15°. Въ виду всего изложеннаго и принимая во вниманіе, что при сооруженіи гражданскихъ зданій дѣйствующее на фундаментъ усиліе есть вѣсъ строенія, направленный вертикально, принято за общее правило: устраивать подошвы фундаментовъ подъ одну или нѣсколько горизонтальныхъ плоскостей, расположенныхъ въ видѣ уступовъ.

b) Форма и размѣры подошвы основанія должны быть таковы, чтобы равнодѣйствующая груза строенія проходила бы по возможности ближе къ центру фигуры основанія, такъ какъ только при этомъ условіи давленіе будетъ распредѣляться равномѣрно по всей подошвѣ и осадка строенія будетъ правильная. Въ противномъ случаѣ является неравномѣрное сжатіе подошвы.

Представимъ себѣ фундаментъ (чер. 22), котораго подошва имѣетъ ширину $AB = b$ и воспринимаетъ давленіе равнодѣйствующей D, проходящей не черезъ центръ ея тяжести O, какъ при равномѣрномъ давленіи, а черезъ точку C, отстоящую отъ O на разстояніи λ. Предполагая значительную нагрузку и грунтъ равномѣрно сжимающимся, такой фундаментъ можетъ дать осадку, при которой подошва AB приметъ наклонное положеніе $A'B'$. Осадки не будетъ лишь въ томъ случаѣ, если напряженіе грунта не превзойдетъ его коэффиціента сопротивленія δ. Чтобы провѣрить это и опредѣлить δ въ какой-нибудь точкѣ M, отстоящей отъ центра тяжести O на разстояніи Z, мы имѣемъ выраженіе

Чер. 22.



$$\delta = \frac{D}{F}\left(1 + \frac{F\lambda Z}{I}\right),$$

въ которомъ F есть площадь подошвы фундамента, а I—моментъ инерціи этой площади. Если форма фундамента въ планѣ прямоугольная, то центръ тяжести подошвы его будетъ находиться на срединѣ линіи AB въ точкѣ 0. Принимая длину a фундамента равной единицѣ (т.-е. 100 см.), площадь $F = ab = b.100$, а $I = \frac{b^3}{12}$, поэтому

$$\delta = \frac{D}{b\,.\,100}\left(1 + \frac{12\lambda Z}{b^2}\right).$$

Наибольшее сжатіе подошвы, N max., очевидно, обнаружится въ точкѣ A или, что то же, въ A', при чемъ Z будетъ имѣть наибольшее значеніе $\left(= \frac{b}{2}\right)$. Слѣдов., мы получимъ

$$\delta \text{ max.} = \frac{D}{b\,.\,100}\left(1 + \frac{6\lambda}{b}\right).$$

Наименѣе сжатое ребро будетъ находиться въ точкѣ B (которая опустится при сжатіи въ B') при отрицательномъ значеніи для Z, т.-е. взятомъ въ обратномъ направленіи $Z = -\frac{b}{2}$, тогда получимъ

$$\delta \text{ min.} = \frac{D}{b\,.\,100}\left(1 - \frac{6\lambda}{b}\right).$$

Если на подошву фундамента (чер. 25а, стр. 38) дѣйствуютъ нѣсколько силъ (Q_1, Q_2, Q_3), то

разстояніе X точки приложенія равнодѣйствующей R отъ наиболѣе сжатаго ребра a найдется изъ уравненія моментовъ относительно этого ребра a, т.-е.

$$Rx = \Sigma Ql, \text{ откуда } x = \frac{\Sigma Ql}{R}.$$

Разстояніе λ равнодѣйствующей R отъ центра тяжести будетъ равно

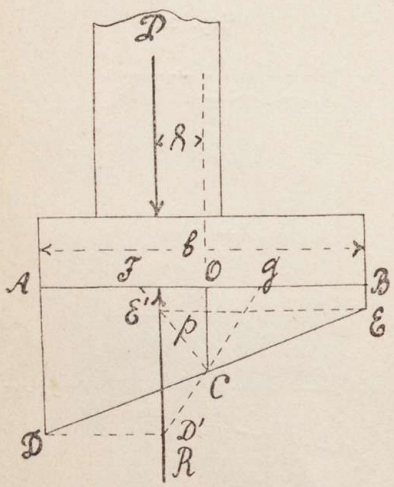
$$\lambda = \frac{b}{2} - x.$$

Здѣсь $R = Q_1 + Q_2 + Q_3$, а $\Sigma Ql = Q_1 l_1 + Q_2 l_2 + Q_3 l_3$.

Распредѣленіе и размѣры усилій при неравномѣрномъ сжатіи подошвы могутъ быть наглядно опредѣлены графически.

Представимъ себѣ фундаментъ въ поперечномъ сѣченіи въ видѣ прямоугольника (чер. 23), котораго сторона AB есть линія подошвы и равна по ширинѣ b, а по длинѣ—c. На этомъ фундаментѣ расположена стѣна, равнодѣйствующая груза которой D пересѣкаетъ подошву не въ срединѣ линіи AB, а гдѣ-либо въ другомъ мѣстѣ и вызываетъ равное ей противодѣйствіе въ видѣ силы R.

Чер. 23.



Очевидно, что ребро A будетъ болѣе нагружено, нежели ребро B, а распредѣленіе всей нагрузки выразится графически площадью $ABED$. Чтобы найти величину этой площади, проводятъ черезъ центръ тяжести O подошвы вертикальную $OC = p$, которая будетъ средняя высота всей искомой площади и вмѣстѣ съ тѣмъ средняя сила тяжести, дѣйствующая на подошву фундамента, т.-е. $p = \frac{D}{bc}$. Эту силу наносятъ въ извѣстномъ масштабѣ по направленію OC. Затѣмъ раздѣляютъ линію AB на 3 равныя части $AF = FG = GB$ и соединяютъ точку C съ точками F и G. Полученныя линіи CF и CG или ихъ продолженія, пересѣкая силу R въ точкахъ D' и E', даютъ отрѣзки равные усиліямъ въ ребрахъ A и B. Проведя изъ точекъ D' и E' линіи параллельныя AB, мы получаемъ отрѣзки AD и BE, выражающіе величины δ max. и δ min.

При распредѣленіи сжимающихъ усилій на подошву фундамента слѣдуетъ разсматривать главнымъ образомъ три случая:

α) Когда $\lambda = 0$, т.-е. равнодѣйствующая D проходитъ черезъ центръ тяжести подошвы, а, стало быть, усиліе распредѣляется равномѣрно по всей ея поверхности и давленіе въ любой точкѣ подошвы $\delta = \frac{D}{b}$.

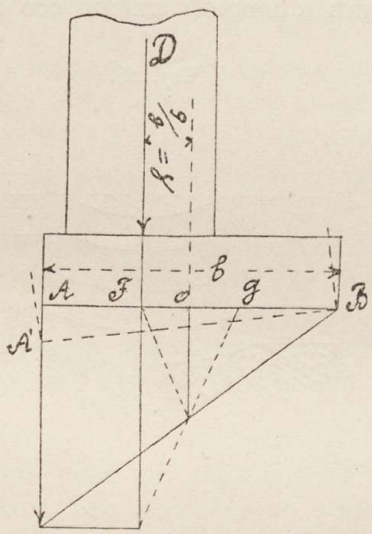
Слѣдовательно, грунтъ будетъ одинаково сжатъ повсюду и фундаментъ будетъ опускаться равномѣрно на одинаковую величину.

β) Когда $\lambda = \frac{b}{6}$ (чер. 24), то, какъ видно изъ чертежа, δ min. $= 0$.

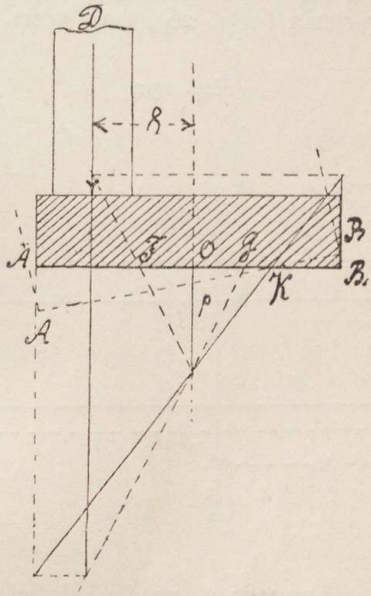
Этотъ результатъ получается, если мы въ вышеприведенную формулу $\delta \min = \frac{D}{b}\left(1 - \frac{6\lambda}{b}\right)$ вставимъ $\lambda = \frac{b}{6}$. Это показываетъ, что точка B при дѣйствіи груза останется на мѣстѣ, тогда какъ точка A опустится до положенія A', т.-е. произойдетъ вращеніе около точки B. Усиліе же въ точкѣ A будетъ въ два раза больше средняго, т.-е. $\frac{2D}{b}$.

γ) Наконецъ, если $\lambda > \frac{b}{6}$, то $b - 6\lambda$ будетъ величина отрицательная, а слѣдов. и $\delta \min$ будетъ имѣть отрицательное значеніе, т.-е. при такихъ условіяхъ, какъ это видно изъ чер. 25, точка A опустится, а точка B под-

Чер. 24.



Чер. 25.



нимется, иначе говоря, произойдетъ вращеніе подошвы фундамента около точки K, лежащей между O и B. Чтобы избѣжать возможности такого явленія, слѣдуетъ принять за правило, чтобы точка приложенія равнодѣйствующей не выходила изъ предѣловъ средней трети ширины подошвы основанія.

При несжимаемыхъ (скалистыхъ) грунтахъ опасность въ этомъ отношеніи является въ значительно меньшей степени; наоборотъ, чѣмъ слабѣе грунтъ, тѣмъ болѣе надо быть осторожнымъ.

Примѣръ 1. Предположимъ, что $D = 30.000$ кг., $b = 150$ см.; разстояніе λ силы D (чер. 22) отъ точки o равно 25 см. Требуется опредѣлить напряженіе грунта въ точкѣ M на разстояніи 40 см. отъ центра тяжести подошвы; слѣдов., $Z = 40$ см.

$$\delta = \frac{D}{b \,.\, 100}\left(1 + \frac{12\lambda Z}{b^2}\right) = \frac{30000}{150 \,.\, 100}\left(1 + \frac{12 \,.\, 25 \,.\, 40}{22500}\right) = 3{,}066 \text{ кг. см}^2.$$

Примѣръ 2. Опредѣлить при томъ же заданіи $\delta \max$.

$$\delta \max. = \frac{D}{b \,.\, 100}\left(1 + \frac{6\lambda}{b}\right) = \frac{30000}{150 \,.\, 100}\left(1 + \frac{6 \times 25}{150}\right) = 4 \text{ кг. см}^2.$$

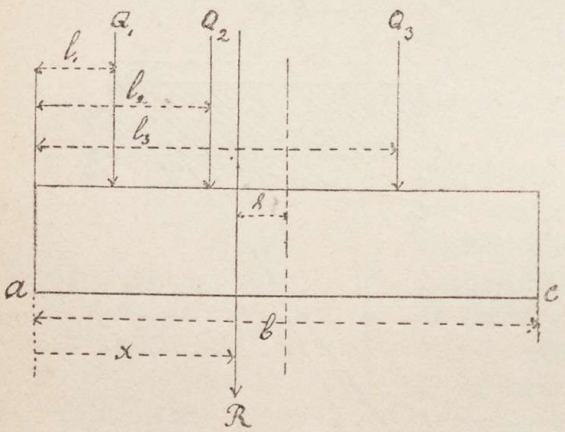
Примѣръ 3. Предположимъ (чер. 25а), что дѣйствуютъ на фундаментъ нѣсколько силъ $Q_1 = 20^t$, $Q_2 = 12^t$, и $Q_3 = 14^t$. Разстоянія ихъ точекъ приложенія отъ крайняго ребра $a = l_1 = 0{,}5$, $l_2 = 1{,}0$ и $l_3 = 2{,}4$. Слѣдов., равнодѣйствующая $R = 20 + 12 + 14 = 46^t$. Сумма моментовъ дѣйствующихъ силъ относительно наиболѣе сжатаго ребра $= \Sigma Ql = Q_1 l_1 + Q_2 l_2 + Q_3 l_3 = 20 \times 0{,}5 + 12 \times 1{,}0 + 14 \times 2{,}4 = 55{,}6$. Слѣдовательно x, разстояніе равнодѣйствующей отъ точки a, получится изъ уравненія:

$$Rx = \Sigma Ql, \text{ откуда } x = \frac{\Sigma Ql}{R} = \frac{55{,}6}{46} = 1{,}2 \text{ м. Если } b = 3 \text{ м.},$$

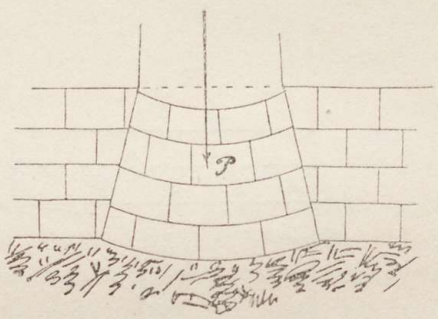
$$\text{то } \lambda = \frac{3}{2} - 1{,}2 = 0{,}30 \text{ м., а } \delta \max. = \frac{46.000}{300 \,.\, 100}\left(1 + \frac{6 \times 30}{300}\right) = 1{,}53\ (1 + 0{,}6) = 2{,}45 \text{ кг.}$$

c) Уширеніе подошвы фундамента. Когда тяжесть строенія передается посредствомъ фундамента грунту, то при извѣстномъ сильномъ давленіи грунтъ уступаетъ и фундаментъ получаетъ прогибъ въ сторону дѣйствующаго усилія (чер. 26), при чемъ въ массивѣ каменной кладки его проис-

Чер. 25 а.



Чер. 26.



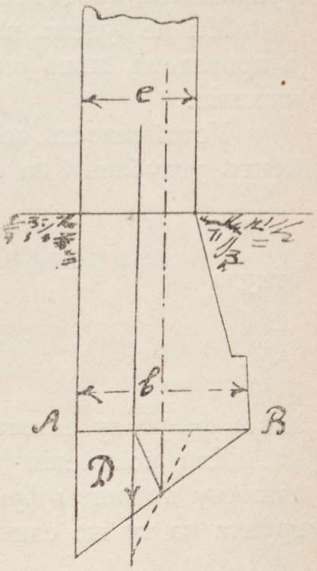
ходятъ нѣкоторыя измѣненія и, если равновѣсіе не можетъ быть установлено достаточнымъ сопротивленіемъ грунта, то связь между частицами фундамента нарушается, въ немъ обнаруживаются трещины и нагруженная часть осѣдаетъ до предѣла соотвѣтственнаго уплотненію грунта. Трещины, являющіяся въ фундаментѣ, направлены наклонно, такъ что между линіями раздѣленія или образованія трещинъ и вертикальной получается нѣкоторый уголъ, зависящій отъ матеріала, употребленнаго на возведеніе фундамента. Описанное явленіе доказываетъ наглядно, что фундаментъ имѣетъ способность передавать давленіе грунту на большую площадь сравнительно съ той, посредствомъ которой онъ принимаетъ на себя грузъ строенія. Эта передача давленія на большую площадь, если фундаментъ состоитъ не изъ одного монолита, теоретически не можетъ быть признана вполнѣ равномѣрной, однако на практикѣ, въ примѣненіи къ постройкамъ, составляющимъ предметъ гражданской архитектуры, принимается, что давленіе будетъ передано на уширенную часть равномѣрно и послѣдовательно отъ одного слоя другому, при чемъ за предѣлъ угла отклоненія откосовъ фундамента съ вертикальной линіей принимается 25^0.

Итакъ, слѣдовательно, предѣлы уширенія фундамента будутъ въ зависимости отъ глубины заложенія подошвы основанія; во всякомъ случаѣ это уширеніе должно быть сдѣлано симметрично относительно вертикальной оси и соотвѣтственно законамъ неравномѣрнаго сжатія тѣлъ, о чемъ было упомянуто выше.

Въ особенности слѣдуетъ обращать вниманіе на предѣлы уширенія, когда оно дѣлается только въ одну сторону фундамента (чер. 27), напр., при постройкѣ пограничной къ сосѣднему владѣнію стѣны. Мы видѣли, что если разстояніе отъ равнодѣйствующей D до центра тяжести подошвы равно $^1/_6$ отъ всей ширины фундамента, то $\delta \min = 0$, т.-е. сжатія въ точкѣ B не будетъ, а такъ какъ въ данномъ случаѣ $^1/_6 b = \lambda = {}^1/_4 e$, то, слѣдов., вся ширина подошвы фундамента

$$b = {}^6/_4 e = 1{}^1/_2 e, \text{ т.-е.}$$

Чер. 27.



фундаментъ съ уширеніемъ подошвы въ одну сторону не долженъ быть шириною болѣе полуторной толщины стѣны. Если же уширеніе можетъ быть сдѣлано въ обѣ стороны, то не болѣе $3e$, т.-е. ширина фундамента не должна превосходить тройной ширины стѣны.

Ширина подошвы основанія находится въ зависимости отъ сопротивленія грунта.

Пусть это сопротивленіе будетъ R (на кв. единицу). Если для опредѣленія ширины подошвы положимъ, что длина ея во всемъ строеніи $= l$, а ширина b, то площадь этой подошвы будетъ lb и соотвѣтствующее ей сопротивленіе грунта будетъ Rlb. Чтобы давленіе строенія уравнивалось съ этимъ сопротивленіемъ, надо, чтобы $Rlb = P$, гдѣ P есть вѣсъ строенія; откуда

$$b = \frac{P}{Rl}.$$

Если при этомъ окажется, что величина b выходитъ изъ предѣловъ, подвергнутыхъ сжатію, то необходимо или устроить нижнюю уширенную часть фундамента изъ сплошного монолита (напр., изъ бетона или каменной кладки на растворѣ портландскаго цемента), или прибѣгнуть къ какому-либо способу укрѣпленія подошвы, съ цѣлью увеличить значеніе R.

d) **Глубина заложенія подошвы фундамента** опредѣляется расположеніемъ линіи промерзанія грунта и составомъ самаго материка.

Относительно глубины промерзанія грунта было уже сказано; что же касается зависимости углубленія подошвы отъ состава грунта; то въ этомъ отношеніи можетъ быть сдѣлано общее замѣчаніе, основанное на слѣдую-

щемъ наблюденіи: если расположить какое-нибудь тяжелое тѣло непосредственно на грунтъ, то послѣдній будетъ выдавливаться въ стороны и вверхъ, вслѣдствіе чего тѣло будетъ погружаться до тѣхъ поръ, пока его грузъ не уравновѣсится контръ-давленіемъ окружающаго грунта. Поэтому подошву фундамента надо закладывать на такую глубину, на которой существуетъ равновѣсіе между давленіемъ строенія на единицу подошвы фундамента и давленіемъ столба грунта но ту же единицу. Но такъ какъ мы тутъ имѣемъ дѣло не съ жидкостью, а съ сыпучимъ тѣломъ, располагающимся подъ извѣстнымъ угломъ естественнаго откоса, то велечина h углубленія фундамента выводится въ зависимости не только отъ вѣса грунта, но и отъ этого угла, отъ коэффиціента тренія частицъ грунта между собой и проч. условій, поэтому и высота H столба грунта, уравновѣшивающаго давленіе фундамента, соотвѣтственно уменьшается.

Мы не будемъ касаться вывода уравненія, опредѣляющаго величину H, а приведемъ лишь окончательные результаты, имѣющіе практическое примѣненіе.

Устойчивость подошвы въ сыпучемъ грунтѣ обезпечена, если фундаментъ углубленъ на величину h, удовлетворяющей слѣдующему равенству:

$$H = Ctg^4\left(\frac{90^0-\varphi}{2}\right)h \quad *),$$

откуда

$$h = \frac{H}{Ctg^4\left(\frac{90^0-\varphi}{2}\right)},$$

здѣсь φ=уголу естественнаго откоса грунта.

Для полученія величины H надо опредѣлить давленіе P зданія на единицу подошвы фундамента, которое должно равняться давленію столба грунта на ту же единицу. Слѣдовательно, если $H\delta = P$, гдѣ δ есть вѣсъ куб. единицы грунта, то $H = \frac{P}{\delta}$.

Положимъ примѣрно, что $P = 144$ пуда на 1 кв. футъ, то при вѣсѣ одного фута земли въ 3 пуда, $H = \frac{144}{3} = 48$ футамъ.

При углѣ естественнаго откоса $\varphi = 45^0$, т.-е. при одинарномъ откосѣ

$$h = \frac{H}{33{,}97} = \infty\frac{H}{34} = \frac{48}{34} = 1{,}4\ \text{ф}$$

При полуторномъ откосѣ:

$$h = \frac{H}{12{,}17} = \infty\frac{H}{12} = \frac{48}{12} = 4'\ \text{ф}.$$

При двойномъ заложеніи откоса

$$h = \frac{H}{6{,}873} = \infty\frac{H}{7} = \frac{48}{7} = 6{,}5'\ \text{ф}.$$

*) Выводъ это формулы желающіе могутъ найти въ стр. мех. Паукера и въ курсѣ Карловича „Основанія и фундаменты“.

Такимъ образомъ слѣдуетъ правило: глубина, на которую слѣдуетъ заложить фундаментъ строенія извѣстнаго груза въ сыпучемъ грунтѣ, чтобы не было выдавливанія его изъ-подъ фундамента, равна maximum $^1/_7$ части высоты столба грунта, производящаго на единицу длины фундамента давленіе, равное давленію предполагаемаго строенія на ту же единицу; средняя — около $^1/_{12}$ сказанной высоты.

Чѣмъ мельче песокъ, тѣмъ меньше уголъ его естественнаго откоса, а слѣдов., тѣмъ больше будетъ величина h.

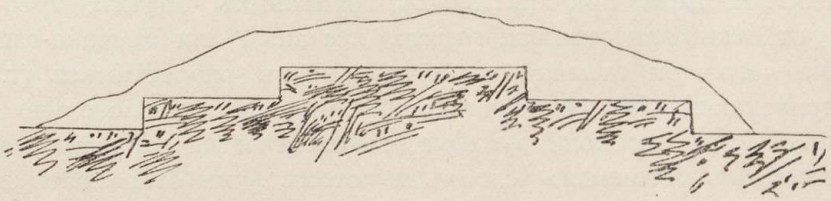
Зависимость сопротивленія влажныхъ, мокрыхъ грунтовъ, имѣющихъ свойства вязкихъ жидкостей, отъ вѣса лежащихъ сверху массъ земли, до сихъ поръ еще точно не опредѣлена. Опыты надо бы производить посредствомъ особаго поршня*), нагружая имъ грунтъ въ буровыхъ скважинахъ, на различныхъ глубинахъ. При этомъ поршень долженъ точно соотвѣтствовать трубѣ только въ нижней своей части, на остальномъ же протяженіи ходить съ зазоромъ во избѣжаніе тренія о стѣнки.

§ 4.

Укрѣпленіе и расположеніе подошвы фундамента при различныхъ грунтахъ.

I. При грунтахъ 1-го разряда, т.-е. несжимаемыхъ, къ которымъ принадлежатъ всѣ скалистые грунты, очевидно, нѣтъ надобности въ искусственномъ укрѣпленіи подошвы фундамента, такъ какъ грунтъ состоитъ тоже изъ камня, какъ и самый фундаментъ. Достаточно снять верхній, вывѣтрившійся и разрыхленный слой, обыкновенно около $^1/_2$ аршина,

Чер. 28.



смотря по породѣ и твердости камня, а затѣмъ оголенную такимъ образомъ поверхность грунта выровнять подъ одну или нѣсколько уступчатыхъ плоскостей, смотря по тому, ровная ли мѣстность или покатая (чер. 28), и ограничить ихъ не наклонными, а вертикальными поверхностями (какъ показано на чертежѣ), съ цѣлью избѣжать скольженія фундамента. Этимъ работы вполнѣ заканчиваются.

*) См. приборъ, предложенный общ. Ряз.-Уральск. ж. д. Опыты Hagen'a, съ помощью маталлич. цилиндровъ съ плоскимъ основаніемъ, показали, что выпучиваніе, на нѣкоторомъ разстояніи отъ погружаемаго цилиндра происходитъ какъ въ песчаныхъ, такъ и въ глинистыхъ грунтахъ; этого не замѣчается лишь въ рыхло насыпанномъ пескѣ, который просто сжимается.

При возведеніи грузныхъ монументальныхъ сооруженій на мѣстности, гдѣ подъ слоемъ землянаго, хотя бы и плотнаго материка залегаетъ на доступной глубинѣ горная порода,—подошву основанія слѣдуетъ закладывать на горной породѣ, какъ болѣе надежной опорѣ. При постройкѣ памятника императору Александру II, въ московскомъ кремлѣ, горный известнякъ оказался на глубинѣ 4-хъ саженъ, на которой и была заложена подошва основанія подъ пьедесталъ памятника.

11. При грунтахъ второго разряда, отличающихся, какъ было уже сказано, свойствомъ равномѣрной сжимаемости пропорціонально давящему усилію, подошва фундамента должна быть нагружена равномѣрно; этимъ достигается и равномѣрная осадка. Слѣдовательно ширина подошвы основанія соотвѣтственно грузу различныхъ частей строенія будетъ измѣняться и опредѣляться изъ уравненія $e=\frac{p}{Rl}$, гдѣ $p=$ =грузу строенія, R=коэффиціенту сопротивленія грунта, а l—длинѣ фундамента.

Въ обыкновенныхъ случаяхъ при грунтахъ 2-го разряда, если сопротивленіе грунта достаточное и если нѣтъ сосредоточенныхъ нагрузокъ по длинѣ стѣнъ, а вѣсъ ихъ, а также и грузъ ими поддерживаемый, распредѣленъ приблизительно равномѣрно, то приготовленіе подошвы ограничивается лишь тѣмъ, что на глубинѣ ниже линіи промерзанія грунта оголяютъ материкъ, выравниваютъ его поверхность подъ ватерпасъ и возводятъ на ней кладку фундамента.

Если грунтъ сухой, глинистый или глинисто-песчаный, плотно слежавшійся, то на глубину до 2 саженъ можно безопасно рыть котлованы и рвы съ вертикальными стѣнками. Если же грунтъ сыпучій или пропитанный водой, то приходится устраивать распорные лѣса, а воду или спускать съ помощью особой канавы въ пониженное мѣсто, или откачивать насосами. Если при обильныхъ грунтовыхъ водахъ, требующихъ сильной откачки или отливки, грунтъ песчаный или песчано-глинистый, вслѣдствіе чего при откачкѣ подошва можетъ разрыхляться (т. к. при этомъ притекающая въ котлованъ снизу вверхъ вода постоянно разрыхляетъ грунтъ), то необходимо передъ откачкой, забетонить подошву непроницаемымъ бетоннымъ слоемъ и потомъ уже откачивать воду. Въ случаѣ ключей этотъ слой бетона закроетъ ихъ и отведетъ въ сторону. Но при этомъ однако нельзя бетонъ бросать въ воду, такъ какъ онъ будетъ вымываться, а необходимо погружать бетонную массу посредствомъ приспособленій, предупреждающихъ размывку.

Если ширина подошвы, опредѣленная въ зависимости отъ величины R, выходитъ изъ предѣловъ, указанныхъ выше, т.-е. изъ предѣловъ, ограниченныхъ наклонными линіями, составляющими съ вертикальной уголъ въ 25^0, то слѣдуетъ или укрѣпить подошву и этимъ поднять значеніе величины R, или примѣнить одинъ изъ слѣдующихъ способовъ устройства:

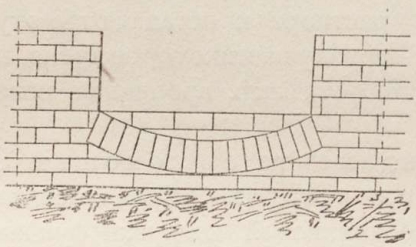
а) Увеличить глубину фундамента подъ грузными частями сооруженія; этимъ достигается, кромѣ соотвѣтствующаго уширенія подошвы, бо́льшее поперечное сѣченіе фундамента, а слѣдовательно и боль-

шее его сопротивленіе на изломъ. Кромѣ того, вмѣстѣ съ углубленіемъ фундамента увеличивается и крѣпость грунта, о чемъ было сказано выше.

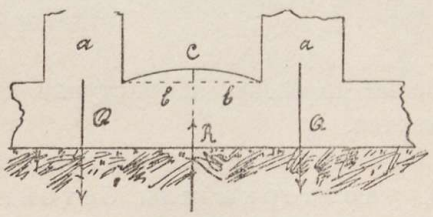
b) Устройство въ нижней части фундамента обратныхъ сводовъ или арокъ, (чер. 29). Такая конструкція способствуетъ равномѣрной передачѣ давленія на площадь основанія, находящуюся подъ аркой. Когда въ строеніи, непосредственно надъ фундаментомъ, находятся значительныя отверстія, напр., ворота, просвѣты для оконъ и дверей и т. п., то опоры, ограничивающія эти отверстія, соединяются снизу обратной аркой. Равнымъ образомъ отдѣльные фундаменты подъ опорами, несущими сосредоточенный грузъ, соединяются обратными арками, что влечетъ за собой распредѣленіе давленія на большую площадь подошвы и вмѣстѣ съ тѣмъ предупреждаетъ выпучиваніе грунта между опорами.

Въ фабричныхъ многоэтажныхъ корпусахъ нерѣдко замѣчается выпучиваніе кирпичной кладки, расположенной подъ окнами 1-го этажа (чер. 30), иногда сопровождающееся вертикальными трещинами. Такое явленіе про-

Чер. 29.



Чер. 30.



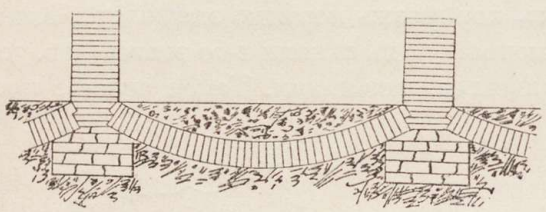
исходитъ при грунтахъ второго разряда вслѣдствіе бо̀льшей осадки простѣнковъ *a*, какъ болѣе грузныхъ сравнительно съ кирпичной кладкой (*b*, *b*) расположенной подъ окнами (*c*). Простѣнки *a* проходятъ во всю вышину зданія и, кромѣ своего собственнаго вѣса принимаютъ на себя грузъ потолочныхъ покрытій со всей расположенной на нихъ временной нагрузкой, груза стропильныхъ фермъ и крыши, тогда какъ кладка *b*, *b*, кромѣ собственнаго вѣса, не несетъ никакого груза. Поэтому очевидно, что при равномѣрномъ сопротивленіи грунта части фундамента подъ простѣнками дадутъ бо̀льшую осадку, во избѣжаніе чего и необходимы обратныя арки.

Обратныя арки примѣняются и въ такихъ случаяхъ, когда материкъ залегаетъ на значительной глубинѣ и, для уменьшенія каменной кладки, фундаментъ устраивается не въ видѣ сплошной стѣны, а въ видѣ отдѣльныхъ столбовъ (чер. 49). Съ этой цѣлью въ бутовой кладкѣ, выведенной на оголенной подошвѣ фундамента, приготовляется постель, соотвѣтствующая кривой направляющей обратной арки, которая выводится или изъ правильно отесанныхъ бутовыхъ камней, или изъ кирпича. Разстояніе между столбами дѣлается не болѣе 2 саж., такъ какъ при большемъ пролетѣ работы слишкомъ затрудняются. Когда сильно нагруженныя стѣны или опоры (чер. 31) находятся другъ отъ друга на незначительномъ разстояніи, то для предупрежденія того же явленія устраиваютъ обратные лучковые своды.

c) Отдѣльные фундаменты. Если сооруженіе состоитъ изъ отдѣльныхъ частей неравнаго вѣса, то при производствѣ кладки фундаментовъ и самыхъ стѣнъ строенія, между частями различнаго вѣса оставляютъ щель шириною отъ $^1/_2$ до 1 дюйма. Это даетъ возможность осѣдать отдѣльнымъ, болѣе грузнымъ частямъ строенія, совершенно независимо отъ другихъ частей. Осадка продолжается до предѣла, соотвѣтствующаго окончательному уплотненію грунта, послѣ чего, оставленные промежутки задѣлываются растворомъ.

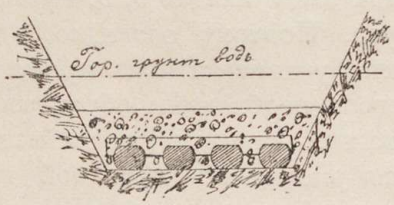
d) Временная нагрузка. Если каменныя стѣны зданія мѣстами облегчены большими оконными или дверными пролетами, а грунтъ даетъ хотя и равномѣрную, но довольно значительную осадку, то съ цѣлью уравномѣрить нагрузку фундамента и достигнуть бо̀льшаго уплотненія подошвы, пролеты эти закладываютъ кирпичомъ насухо, т.-е. каменной кладкой безъ раствора и оставляютъ эту нагрузку на нѣкоторое время, напр., съ осени до весны; а приступая къ чистой отдѣлкѣ, временная нагрузка снимается.

Чер. 31.

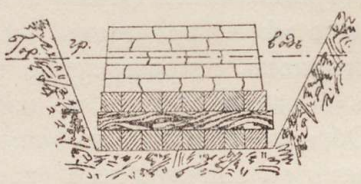


e) Укрѣпленіе подошвы фундамента съ помощью лежней, растверка или бетоннаго слоя. Неравномѣрная осадка при грунтахъ второго разряда, вслѣдствіе неодинаковой нагрузки фундамента или различнаго вѣса частей строенія, устраняется примѣненіемъ деревяннаго укрѣпленія подошвы съ помощью лежней, растверка, а также и бетоннаго слоя. Этимъ облегчается правильное возведеніе фундамента, достигается уширеніе его подошвы и большая сопротивляемость на изломъ.

Чер. 32.



Чер. 33.



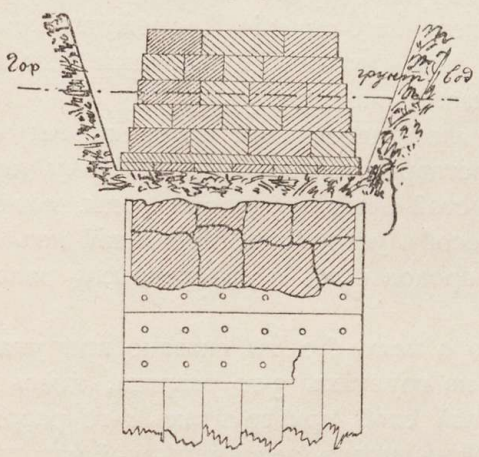
Подкладываніе подъ фундаментъ бревенъ или брусьевъ примѣняли еще въ глубокой древности.

Въ настоящее время это укрѣпленіе подошвы устраивается изъ бревенъ, отесанныхъ на два канта и положенныхъ вдоль фундамента (чер. 32), или въ видѣ сплошнаго ряда (чер. 33), или съ небольшими промежутками между брусьями. Черезъ каждую сажень брусья связываются поперечинами, а въ промежутки между деревомъ набивается и плотно утрамбовывается кирпичный или каменный щебень, съ проливкою его гидравлическимъ растворомъ. Такой подготовительный слой, состоящій изъ сплошного ряда

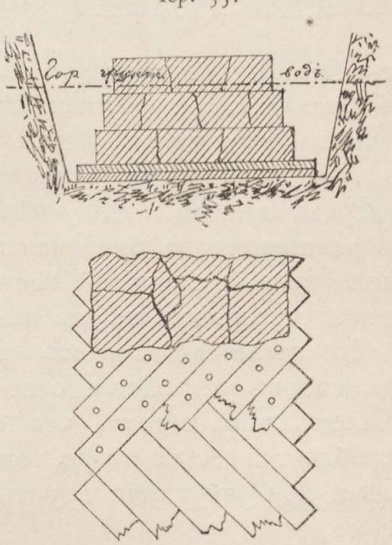
брусьевъ или изъ щебеночнаго бетона съ введенными въ него деревянными брусьями, при расположеніи ихъ ниже грунтовыхъ водъ (что обезпечиваетъ сохраненіе дерева на неопредѣленно долгое время) представляетъ изъ себя по длинѣ какъ бы монолитъ, сопротивляющійся перелому и въ мѣстахъ большей нагрузки фундамента распредѣляющій этотъ грузъ на бо̀льшую площадь, привлекая къ участію въ нагрузкѣ и сосѣднія поверхности подошвы.

Очевидно, что лежни, находясь въ нижней части поперечнаго сѣченія фундамента, при его прогибѣ, будутъ подвергнуты изгибу, тогда какъ верхняя часть того же поперечнаго сѣченія, при этомъ испытываетъ сжатіе; при такихъ условіяхъ дерево и камень работаютъ согласно наибольшему своему сопротивленію, т.-е. дерево на изгибѣ, а камень на сжатіе. Въ этомъ отношеніи деревянный растверкъ или лежни имѣютъ пре-

Чер. 34.



Чер. 35.



имущество передъ бетоннымъ слоемъ. Вмѣстѣ съ тѣмъ этотъ подготовительный слой представляетъ изъ себя какъ бы помостъ, на которомъ удобно укладываются первые ряды бутовой кладки фундамента.

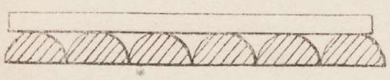
Для достиженія равномѣрной передачи давленія въ поперечномъ направленіи подошвы располагаютъ сплошной рядъ брусьевъ и по ширинѣ основанія (чер. 33). Послѣднее впрочемъ не имѣетъ значенія, такъ какъ по ширинѣ основанія неравномѣрной осадки ожидать нельзя.

Вмѣсто бревенъ, для подготовки подошвы фундамента при незначительныхъ строеніяхъ могутъ быть употреблены доски.

На чер. 34 представленъ дощатый р о с т в е р к ъ, состоящій изъ продольнаго и поперечнаго сплошного настила 2-хвершковыхъ досокъ, а на черт. 35 такой же ростверкъ, но съ расположеніемъ досокъ подъ угломъ въ 45^0 къ направленію стѣны (способъ, употребляемый въ Англіи). Въ обоихъ случаяхъ оба ряда досокъ связываютъ другъ съ другомъ деревянными нагелями.

Дощатый ростверкъ имѣетъ значеніе подкладки при переходѣ отъ каменнаго фундамента къ оголенной поверхности материка, всегда менѣе твердаго, чѣмъ камень (такъ какъ рѣчь идетъ о грунтахъ 2-го разряда) и въ этомъ отношеніи такая конструкція представляется вполнѣ раціональной для негрузныхъ строеній. При бо̀льшей нагрузкѣ доски настилаются на сплошной рядъ горбылей (чер. 36) или брусьевъ, расположенныхъ вдоль и поперекъ фундамента (чер. 33). При этомъ первоначально располагаютъ продольные брусья, соединенные въ стыкахъ помощью желѣзныхъ полосъ, а затѣмъ уже поперечные. Такое расположеніе соотвѣтствуетъ назначенію ростверка увеличить сопротивленіе фундамента на изломъ. Съ этой же цѣлью можетъ быть рекомендована конструкція, указанная на черт. 33. Здѣсь два ряда продольныхъ брусьевъ, толщиною 25—30 см., располагаются одинъ надъ другимъ, а между ними, на разстояніи 1 м. одна отъ другой, врубаются поперечины меньшаго поперечнаго сѣченія. Промежутки между брусьями забетониваются съ плотной утрамбовкою. Поперечный рядъ можетъ быть и сплошной, какъ это показано на черт. 33.

Чер. 36.



Увеличивая число рядовъ брусчатой деревянной настилки, мы очевидно увеличиваемъ сопротивленіе ростверка на переломъ. Поэтому тамъ, гдѣ дерево дешево и гдѣ имѣются устойчивыя грунтовыя воды, можетъ быть рекомендованъ американскій способъ устройства, состоящій изъ послѣдовательной сплошной настилки продольныхъ и поперечныхъ рядовъ бревенъ, стесанныхъ на два канта.

Что касается бетоннаго слоя, то о немъ будетъ сказано при указаніи способовъ устройства основаній на грунтахъ 3-го разряда, здѣсь же упомянемъ лишь о томъ, что бетонный слой при грунтахъ 2-го разряда употребляется весьма рѣдко, только при слишкомъ неравномѣрной нагрузкѣ стѣнъ и при отсутствіи грунтовыхъ водъ, безъ которыхъ дерево не долговѣчно.

§ 5.

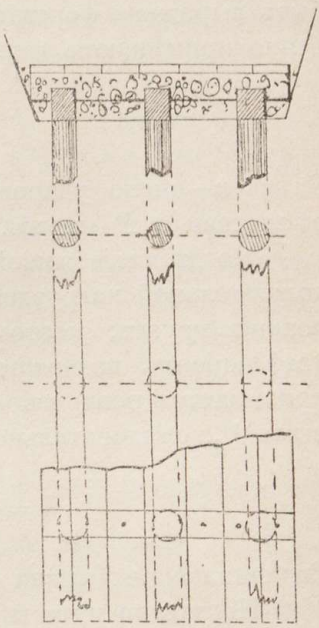
Укрѣпленіе подошвы фундамента при грунтахъ 3-го разряда, т.-е. слабыхъ, неравномѣрно и сильно сжимаемыхъ, требуетъ особеннаго вниманія, а иногда и довольно сложной конструкціи. Весьма важно сдѣлать заранѣе изслѣдованія грунта и такимъ образомъ получить тѣ данныя, которыя служатъ для опредѣленія какъ способа укрѣпленія подошвы, такъ и размѣровъ самаго основанія.

Къ этому разряду грунтовъ принадлежатъ: наносный, съ примѣсью ила, песчано-глинистый, пропитанный водой, обыкновенно встрѣчающійся близъ рѣкъ, озеръ и болотъ, и торфяной. Въ большихъ городахъ особенно часто приходится имѣть дѣло хотя и съ сухимъ, но по существу рыхлымъ и слабымъ насыпнымъ грунтомъ. Во все время своего существованія городъ постепенно выравнивается, главнымъ образомъ путемъ засыпки пониженныхъ мѣстностей растительной землей, раз-

рыхленнымъ грунтомъ, вынутымъ при устройствѣ подваловъ и фундаментовъ, строительнымъ мусоромъ, щепой и т. п. Такимъ образомъ является пластъ, иногда весьма значительной толщины (до 3—4-хъ саженъ), грунта самаго разнообразнаго состава и плотности. Очевидно, что составъ грунта при такихъ условіяхъ еще не даетъ понятія о его крѣпости, т.-е. онъ можетъ быть, напр., чисто глинистый или песчано-глинистый, но совершенно рыхлый. Слѣдовательно, общіе коэффиціенты сопротивленія грунтовъ здѣсь не примѣнимы; они относятся только къ материкамъ. Поэтому изслѣдованія грунта въ подобныхъ случаяхъ являются существенно необходимыми.

При грунтахъ третьяго разряда можетъ быть два случая: 1) случай, когда материкъ залегаетъ на такой глубинѣ, при которой есть возможность тѣмъ или инымъ способомъ передать на него грузъ строенія. Эта глубина можетъ быть до 5—6 саженъ и даже бо́льшая. Такъ, напр., въ Чикаго, несмотря на то, что материкъ, въ видѣ скалистаго грунта, залегаетъ на глубинѣ 10 саж. отъ поверхности земли, это однако не останавливаетъ американскихъ строителей передавать грузъ строенія посредствомъ свай на материкъ *). 2) Случай, когда материкъ залегаетъ на неопредѣленной глубинѣ.

Чер. 37.



1 случай. Устройство свайнаго основанія. Деревянныя сваи. Если имѣется грунтовая вода, то грузъ строенія можетъ быть переданъ на материкъ посредствомъ свай, при чемъ для фундамента первоначально вырываютъ землю на глубину заложенія подошвы, съ помощью откачки или отлива удаляютъ воду и затѣмъ уже забиваютъ сваи правильнымъ рядами такой длины, чтобы концы ихъ достигали материка и въ него погружались. Затѣмъ сваи спиливаются подъ одинъ уровень на глубинѣ не менѣе $1^1/_2'$ отъ горизонта грунтовыхъ водъ и на нихъ нарубается брусчатый ростверкъ (черт. 37). Брусья или просто кладутся на спиленныя головы свай съ прикрѣпленіемъ къ нимъ гвоздями или деревянными нагелями, или насаживаются на шипы. Послѣдній способъ даетъ болѣе прочное соединеніе свай другъ съ другомъ.

Если сваи, пройдя слабый грунтъ, не оказывающій сколько-нибудь значительнаго сопротивленія, забиты въ совершенно твердый материкъ безъ всякаго отказа, при чемъ длина каждой изъ нихъ не превосходитъ 12 діаметровъ, то сопротивленіе ихъ равно сопротивленію дерева сжатію; обыкновенно берется коэффиціентъ съ запасомъ, полагая не болѣе 20 пуд. на кв. д. головы свай. Сваи, коихъ длина превосходитъ 14 діаме-

*) Эвальдъ. Конструктивныя особенности американскихъ зданій.

тровъ, разсчитываются какъ стойки, подверженныя изгибу при сжатіи, предполагая вертикально дѣйствующую нагрузку.

Горизонтальнымъ усиліямъ сваи сопротивляются очень слабо, и при наличности таковыхъ необходимо принять особыя мѣры, предупреждающія отклоненія свай отъ вертикальнаго положенія (напр., наклонная забивка свай по направленію равнодѣйствующей горизонтальнаго и вертикальнаго усилія, дѣйствующихъ на сваю). Для обыкновенныхъ городскихъ сооруженій, а также для фабричныхъ и заводскихъ зданій—направленіе нагрузки на сваи принимается вертикальнымъ.

Если сваи забиваются не въ совершенно твердый материкъ, а въ обыкновенный песчаный или глинистый грунтъ, то свая даетъ извѣстный отказъ, т.-е. при каждомъ ударѣ бабы погружается въ материкъ на извѣстную величину h, которая находится въ зависимости отъ вѣса сваи и бабы, высоты паденія послѣдней и отъ числа ударовъ, поэтому и можетъ быть выражена формулой. Въ такихъ случаяхъ для опредѣленія h обыкновенно примѣняютъ формулу Брикса, а именно:

$$h = \frac{nHg}{mP}\left(\frac{Q}{Q+g}\right)^2.$$

Здѣсь n—число ударовъ бабы, H—высота ея паденія, Q—вѣсъ бабы, g—вѣсъ сваи и P—грузъ, предполагаемый на каждую сваю.

Но дѣйствіе живой силы удара нельзя сравнить съ спокойной и продолжительной нагрузкой, такъ какъ при ударѣ всегда вызывается упругая реакція грунта, поэтому въ приведенную формулу вводятъ нѣкоторый коэффиціентъ надежности m, который, смотря по важности сооруженія, принимается равнымъ отъ $^1/_4$ до $^1/_8$, а для гражданскихъ построекъ равнымъ $^1/_5$, слѣдовательно:

$$h = \frac{nHg}{5P}\left(\frac{Q}{Q+g}\right)^2; \quad P = \frac{nHg}{5h}\left(\frac{Q}{Q+g}\right)^2.$$

Величина h не должна быть больше 2—3 см.

Но можно идти и наоборотъ, т.-е. задаться этими величинами и найти величину P. При вѣсѣ бабы въ 500 кг. для сильно нагруженныхъ свай діаметромъ въ 31 см., осадка послѣ 25—30 ударовъ не должна превосходить 2—3 см.; въ обыкновенныхъ же случаяхъ, для гражданскихъ зданій допускается и до 5—8 см.

Примѣръ. Свая длиною въ 12 м. при среднемъ діаметрѣ въ 32 см. забивается въ грунтъ на глубину 8 м. бабой вѣсомъ въ 600 кг., падающей съ высоты 3 м. и послѣ 10 ударовъ дающей осадку въ 4,5 см. Вѣсъ сваи $g = 850 \times 0{,}08 \times 12 = 815 \infty 800$ кг. Слѣдовательно, при $Q = 600$ кг., $n = 10$, $H = 300$ см. и $h = 4{,}5$ см. $P = \frac{10.300.800}{5{,}4.3} \times \left(\frac{600}{600+800}\right)^2 = 19.600$ кг. Переведя на наши мѣры, на сваю въ діаметрѣ 7 в. можно безопасно располагать нагрузку въ 1.200 пуд.

Бреннеке совѣтуетъ при всѣхъ важныхъ сооруженіяхъ не надѣяться на формулы, а опредѣлять величину сопротивленія свай нагрузкой, такъ

какъ всѣ формулы даютъ въ однихъ случаяхъ слишкомъ большія значенія, а въ другихъ — слишкомъ малыя. Послѣднее бываетъ при сыпучемъ пескѣ и тонкихъ наносныхъ отложеніяхъ съ примѣсью ила, на глубинѣ переходящихъ въ плотный сѣрый песокъ. Въ такихъ грунтахъ сваи легко вколачиваются быстро дѣйствующими копрами (паровыми), но несмотря на это, въ виду неупругости грунтовъ, могутъ вынести весьма значительную спокойную нагрузку. При глинистомъ же грунтѣ, наоборотъ, необходимы испытанія продолжительной (медленной нагрузкой) а не ударами бабы. Для этой цѣли забиваютъ нѣсколько свай на опредѣленномъ разстояніи одна отъ другой, перекрываютъ деревяннымъ настиломъ, на который постепенно наносится временная нагрузка въ $1^1/_2$ или 2 раза больше дѣйствительной. Если въ теченіе 6—7 дней погруженіе свай останавливается и далѣе не идетъ, то считаютъ ихъ размѣры и число достаточнымъ.

Для составленія предварительнаго проекта пользуются, относительно допускаемой нагрузки на сваю, данными, полученными на основаніи опыта и наблюденій надъ существующими сооруженіями. Такъ, по Перроне, при отказѣ около $^1/_2$ см. на залогъ въ 25—30 ударовъ бабою, вѣсомъ 300 кл., падающей съ высоты $1^1/_2$ м., свая въ діаметрѣ 26 см. не должна быть нагружена свыше 24.000 кл., а въ діаметрѣ 35 см. до 48.000 кл., что даетъ на каждый квадратный см. около 50 килограммовъ.

При длинѣ сваи, не превосходящей 24 діаметровъ, и діаметрѣ въ 6 верш., по наблюденіямъ Волкова, можетъ быть допущена постоянная нагрузка на сваю 1500 пуд., на 5-ти вершковую такую же сваю—750 пуд., а на 4-хвершковую — 300 пуд, что соотвѣтствуетъ 17.3, 12.5 и 8 пудамъ на 1 кв. д. При этомъ за отказъ считается осадка сваи за одинъ залогъ, для нагрузки въ 1.500 пуд.,—0,4 д., для сваи въ 5 верш.—0,8 д. и для сваи въ 4 верш.—2 д.

Діаметръ сваи обыкновенно принимается $= \frac{l}{24}$, гдѣ l—длина сваи, которая является въ зависимости отъ глубины залеганія материка.

Число свай опредѣляется въ зависимости отъ груза самаго сооруженія, но при этомъ однако разстояніе между сваями должно быть въ извѣстныхъ предѣлахъ. Слишкомъ близко расположенныя сваи представляютъ затрудненіе при ихъ забивкѣ, уплотняя грунтъ, который она должна пройти до материка; при разстояніи же, переходящемъ извѣстный maximum, требуется слишкомъ массивный ростверкъ, чтобы предупреждать его прогибъ. Сваи должны быть такъ размѣщены, чтобы на каждую изъ нихъ приходилась по возможности одинаковая нагрузка, поэтому подъ болѣе тяжелыми частями зданія число ихъ увеличиваютъ. Вообще же сваи забиваются правильными рядами вдоль фундамента по его длинѣ (чер. 37), сохраняя между ними разстоянія отъ 12 верш. до $1^1/_2$ арш., а между сваями каждаго ряда—отъ 1 до 2 арш.; болѣе 5 и менѣе 2 футъ одна отъ другой сваи, на основаніи вышеприведенныхъ соображеній, не забиваются.

Если число свай, вызываемое грузомъ строенія, не соотвѣтствуетъ правильному размѣщенію ихъ, то необходимо діаметръ свай или увеличить, или уменьшить.

При забивкѣ свай ведется журналъ, въ которомъ записывается отказъ или осадка сваи отъ послѣдняго удара, такъ какъ эта осадка и служитъ главнымъ образомъ указаніемъ на величину сопротивленія сваи.

Примѣръ. Предположимъ, что на мѣстѣ, гдѣ предполагается возвести зданіе, оказался грунтъ 3-го разряда, при чемъ вырытыя ямы указываютъ, что на глубинѣ 3 арш. стоитъ самый низкій горизонтъ грунтовыхъ водъ. Этотъ горизонтъ совпадаетъ съ лѣтнимъ стояніемъ воды въ близлежащей рѣкѣ, озерѣ, прудѣ и т. п. Далѣе путемъ буренія, на глубинѣ 3,5 саж. отъ поверхности земли, обнаруженъ плотный глинистый материкъ. Слѣдовательно, въ данномъ случаѣ можетъ быть съ успѣхомъ примѣнено свайное основаніе, при чемъ длина сваи съ нѣкоторымъ запасомъ должна быть около 3 саж. при діаметрѣ въ 6 верш.

Предположимъ, что вѣсъ сооруженія равенъ 200.000 пуд., равномѣрно распредѣленнымъ на длину 40 саж., при ширинѣ подошвы 0,75, т.-е. почти на каждую сажень фундамента приходится 5.000 пудовъ.

Первоначально, для полученія величины h, углубленія сваи при послѣднемъ ударѣ бабы, производимъ забивку четырехъ пробныхъ свай въ четырехъ мѣстахъ стройки, и въ результатѣ получаемъ слѣдующій журналъ свайной бойки:

Таблица III.

Годъ, мѣсяцъ, число.	№ сваи.	Размѣръ сваи.		Вѣсъ бабы въ пудахъ.	Высота подъема въ саж.	Число ударовъ.	Углубленіе сваи послѣ послѣдняго удара.
		$l.$	$d.$				
1902 г.	1	3	0,12	30	0,5	30	0,026
августъ.	2	„	„	„	„	„	0,027
	3	„	„	„	„	„	0,025
	4	„	„	„	„	„	0,020

Средняя величина:

$$h = \frac{0{,}026 + 0{,}027 + 0{,}025 + 0{,}020}{4} = 0{,}0242.$$

Предполагая средній діаметръ сваи въ 1 ф., вѣсъ ея выразится:

$$g = 0{,}785 \times 21 \times 1 = 16{,}5 \text{ пудовъ},$$

а допускаемая нагрузка на сваю по формулѣ Брикса:

$$p = \frac{30 \cdot 0{,}5 \cdot 16{,}5}{5 \cdot 0{,}0242} \left(\frac{30}{30 + 16{,}5}\right)^2 = 858{,}9 \text{ пуда}.$$

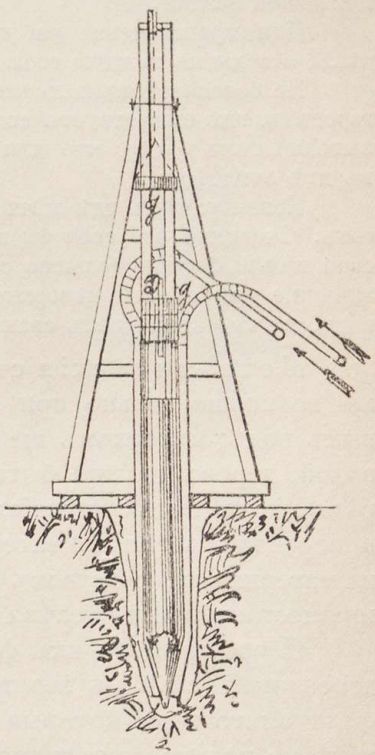
Необходимое число свай на одну погонную сажень по длинѣ фундамента получится изъ уравненія:

$$N = \frac{5000}{859} = 5{,}87 = \infty 6 \text{ свай},$$

т.-е. на каждую погонную сажень должно быть забито 3 ряда свай, въ каждомъ ряду по 2 сваи, при разстояніи между рядами (чер. 37) около 1 аршина, а между сваями по $1^1/_2$ аршина, центръ отъ центра. Подъ углы, какъ части, несущія большую нагрузку, прибавляется по 3 сваи.

Для забивки свай незначительной длины съ цѣлью уплотненія грунта или передачи груза строенія на материкъ, неглубоко залегающій, нѣтъ надобности устанавливать форменный коперъ, а можно ограничиться приспособленіемъ треножника съ блокомъ, какъ это показано на чер. 1, листъ 1. Тутъ же изображена ручная баба, вѣсомъ въ 2—3 пуда, и свая, съ надѣтымъ на ея вершину бугелемъ, а на заостренный конецъ—желѣзный башмакъ (чер. I, II и III).

Чер. 38.



Въ заключеніе замѣтимъ, что для погруженія свай въ слабый грунтъ до материка весьма полезно примѣнять вмѣсто забивки копромъ способъ опусканія свай съ помощью разрыхленія грунта струей воды.

Этотъ способъ имѣетъ то преимущество, что при немъ не надо завастривать сваю; ея конецъ можно отпиливать плоско, нормально къ оси, вслѣдствіе чего сопротивленіе сваи увеличивается, такъ какъ она встрѣчаетъ грунтъ не остріемъ, а плоскостью всего ея поперечнаго сѣченія при чемъ, чѣмъ глубже опущена свая, тѣмъ плотнѣе встрѣчаемый ею материкъ, а слѣдовательно тѣмъ больше ея сопротивленіе.

При забивкѣ свай большое вліяніе на ихъ сопротивленіе имѣетъ треніе ихъ поверхности о грунтъ, въ особенности если этотъ грунтъ забивкою свай уплотняется. Въ очень рыхлыхъ — напр., торфяныхъ—грунтахъ дѣйствіе тренія ничтожно, поэтому незаостренный, плоскій конецъ, которымъ углубляется свая въ материкъ имѣетъ огромное значеніе, но при этомъ для прочнаго закрѣпленія конца сваи ее надо погружать въ самый материкъ по крайней мѣрѣ на 1 м.

Приведемъ описаніе погруженія свай дѣйствіемъ струи воды при работахъ по постройкѣ зданія суда въ Брауншвейгѣ.

Вслѣдствіе мѣстныхъ условій значительная часть свай не могла быть забита копромъ изъ опасенія вреднаго вліянія сотрясенія отъ ударовъ на близъ расположенныя сосѣднія строенія; поэтому было рѣшено погружать сваи въ грунтъ дѣйствіемъ струи воды. Для этой цѣли по обѣимъ сторонамъ каждой сваи (чер. 38) прикрѣплялись съ помощью небольшихъ желѣзныхъ скобъ двѣ газовыя двухдюймовыя трубки, которыя въ нижней своей части загибались по направленію заостреннаго конца; трубки эти соединялись посредствомъ резиновыхъ рукавовъ съ городскимъ водопроводомъ, имѣвшимъ давленіе около 4 атмосферъ. Въ вершину сваи укрѣплялся желѣзный стержень D длиною въ 1 м., на который постепенно надѣвались чугунные грузы g, каждый по 100 kg. въ то время, когда свая начинала погружаться. Грузы эти поднимались и опускались съ помощью цѣпи, перекинутой черезъ шкивъ копра обыкновеннаго устройства и соединенной съ простымъ горизонтальнымъ воротомъ. Сваи длиною 3 саж., толщиною $6^3/_4$ верш. (30 см.) погружались съ помощью дѣйствія струи воды на $2^1/_2$ саж.; на остальную часть, т.-е. на 0,5 сажени, онѣ вбивались въ грунтъ съ помощью коп-

ровой бабы. Такимъ образомъ было забито 263 сваи, при чемъ для каждой сваи требовалось въ среднемъ 16 м. времени (минимальное время для погруженія сваи было 2 минуты, а максимальное—30 м.). Во время дѣйствія струи сваю можно было легко поворачивать и это ускоряло ея движеніе; какъ только притокъ воды прекращался, разжиженный грунтъ немедленно осѣдалъ и плотно засасывалъ сваю.

Препятствія, встрѣченныя при движеніи сваи въ видѣ старыхъ прутьевъ или фашинъ, плотныхъ глинистыхъ слоевъ толщиною отъ 20 до 30 см. и т. п., не представляли затрудненій и свая легко проходила, лишь незначительно замедляя погруженіе.

Газовыя трубки послѣ погруженія сваи безъ всякаго затрудненія вынимались съ помощью копра и ворота.

Затѣмъ были сдѣланы испытанія сопротивленія забитыхъ такимъ образомъ свай нагрузкою въ 50.000 kg. (3.050 пуд.), при чемъ—безразлично, погружались ли сваи при забивкѣ быстро или медленно—онѣ не обнаружили отъ этого груза ни малѣйшей осадки.

Для производства работъ оказалось совершенно достаточнымъ 7 или 8 человѣкъ, а воды на каждую свою 7,6 куб. м. (около 530 ведеръ).

На основаніи приведенныхъ данныхъ можно съ увѣренностью сказать, что въ городахъ, гдѣ существуетъ водопроводъ, примѣненіе этого способа весьма удобно и выгодно тѣмъ болѣе, что для погруженія сваи на 4 саж. достаточно давленія воды въ двѣ атмосферы.

Конечно, тамъ гдѣ нѣтъ водопровода, примѣнимъ и обыкновенный ручной насосъ. Очевидно, что если бы концы свай въ описанномъ случаѣ не были заострены, сваи имѣли бы еще большее сопротивленіе, хотя здѣсь, повидимому, имѣло большое значеніе треніе всей поверхности сваи о грунтъ, который, по прекращеніи дѣйствія воды, плотно засасывалъ сваю.

Металлическія сваи. Устройство деревяннаго свайнаго основанія возможно только при наличности постоянныхъ, устойчивыхъ грунтовыхъ водъ; въ сухомъ же грунтѣ или только періодически заполняемомъ водой, дерево должно быть замѣнено какимъ-либо негніющимъ и не разрушаемымъ водой матеріаломъ. Если сохранить ту же самую конструкцію и перемѣнить только матеріалъ, то грузъ строенія можетъ быть переданъ на материкъ посредствомъ металлическихъ свай. Онѣ дѣлаются преимущественно изъ желѣза и рѣдко изъ чугуна.

Первоначально ихъ форма ничѣмъ не отличалась отъ обыкновенной деревянной сваи съ заостреннымъ концомъ; затѣмъ эти сваи замѣнены были винтовыми, которыя въ настоящее время и примѣняются на практикѣ не только при гидротехническихъ и мостовыхъ сооруженіяхъ, но и при устройствѣ фундаментовъ обыкновенныхъ городскихъ и фабричныхъ зданій, если это вызывается качествомъ грунта или колебаніями горизонта грунтовыхъ водъ.

Простыя желѣзныя сваи (первоначально даже не полыя, а сплошныя), въ діаметрѣ отъ 10 до 15 см. и болѣе, вбиваются въ грунтъ копромъ, а при длинѣ болѣе 6 метр. наращиваются посредствомъ сопряженій, состоящихъ изъ муфтъ съ болтами.

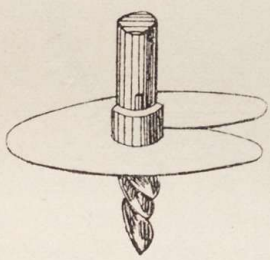
Винтовыя сваи даютъ бо́льшее сопротивленіе, такъ какъ площадь передачи давленія на материкъ значительно увеличивается лопастями винта, а слѣдовательно при меньшей затратѣ матеріала получается болѣе сильное основаніе. Поэтому простыя желѣзныя или чугунныя сваи въ настоящее время совершенно брошены и при надобности замѣняются винтовыми.

Самый винтъ обыкновенно дѣлается изъ чугуна, а свая желѣзная, полая. Винтъ сопрягается со сваей посредствомъ клина или шпонки, какъ показано на черт. 39.

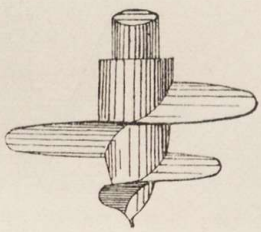
Форма винта весьма различна. Чѣмъ тверже грунтъ, тѣмъ больше должно быть число нарѣзокъ (чер. 39 и 40); наоборотъ, при материкѣ болѣе слабомъ число ихъ уменьшается, но ширина лопасти увеличивается. На черт. 39 показанъ винтъ, употребляемый при слабыхъ грунтахъ; онъ имѣетъ только одинъ шагъ при діаметрѣ въ 1 м. и даже болѣе. Чер. 40 представляетъ наконечникъ винтовой сваи для болѣе плотныхъ грунтовъ.

На рисункѣ 41 изображенъ патентованный винтъ Балькена: его нарѣзка идетъ не непрерывно, а состоитъ изъ двухъ прерывающихся лопастей. По опытамъ и при сравненіи этого винта съ другими типами оказалось, что за нимъ имѣются вѣскія преимущества. Такъ, при вращеніи рычага длиною 5,4 м., которымъ должны работать 20 человѣкъ, послѣ каждаго поворота свая погружается на 1 м.

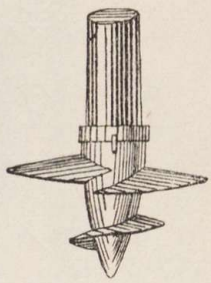
Чер. 39.



Чер. 40.



Чер. 41.



Полыя желѣзныя сваи, открытыя снизу, опускаются легче, такъ какъ грунтъ можетъ входить въ трубу. Форма нарѣзки въ этомъ случаѣ опредѣляется родомъ грунта и тѣмъ, служитъ ли винтъ только для погруженія сваи или несетъ нагрузку. Въ первомъ случаѣ нарѣзка можетъ быть меньшей ширины.

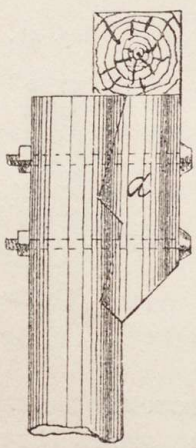
Недостатки винтовыхъ свай заключаются между прочимъ въ томъ, что лопасти винтовъ нерѣдко ломаются, въ особенности при значительномъ діаметрѣ винта. Винты малаго діаметра проникаютъ не ломаясь даже въ слабыя скалистыя породы; между тѣмъ переломъ очень возможенъ, когда въ грунтѣ попадаются отдѣльные твердые камни. Во избѣжаніе этого не слѣдуетъ скупиться на матеріалъ для винтовъ и свай; солидные размѣры необходимы еще и для того, чтобы, несмотря на ржавчину, долгое время сохранялась требуемая подъемная сила сваи. Винтовыя лопасти сообразно усиліямъ должны утолщаться къ своему основанію, т.-е., наприм., при діаметрѣ винта въ 1 м. и болѣе толщина лопасти при ея основаніи достигаетъ 4—5 см. (Бреннеке. Устройство основаній).

Полыя сваи заполняются соотвѣтственнымъ метеріаломъ. Гдѣ онѣ подвержены малымъ измѣненіямъ температуры (наприм., въ грунтѣ), тамъ для этого достаточно обыкновеннаго бетона; гдѣ же происходятъ большія колебанія, тамъ лучше асфальтовый бетонъ, вслѣдствіе большей его эластичности.

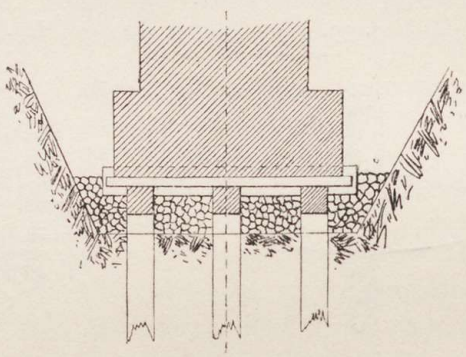
Производство работъ при устройствѣ деревяннаго ростверка. Забивкой деревянныхъ или металлическихъ свай еще не заканчивается подготовка подошвы фундамента; необходимо еще перекрыть вершины этихъ свай общимъ покрытіемъ, которое связывало бы сваи между собой и этимъ давало бы возможность наибольшему числу свай одновременно участвовать въ сопротивленіи дѣйствующимъ грузомъ. О деревянномъ ростверкѣ было уже сказано; добавимъ нѣкоторыя подробности производства работъ.

Деревянныя сваи спиливаются подъ одинъ уровень, на нихъ нарубаются шипы, на которые и насаживаются брусья ростверка, имѣющіе соотвѣтствующія гнѣзда. Иногда брусья прямо, безъ всякихъ шиповъ, прибиваются на вершины свай гвоздями или нагелями, что конечно менѣе прочно сравнительно съ шипомъ, но и этого совершенно достаточно, принявъ во вниманіе, что брусья лежней или ростверка забетониваются съ боковъ, а

Чер. 42.



Чер. 43.



сверху прижимаются къ сваѣ грузомъ на нихъ лежащимъ. Этимъ, во-1-хъ, предупреждается ихъ боковой сдвигъ, а во-2-хъ, совершенно закрѣпляются ихъ концы.

Нарубаніе шиповъ производится слѣдующимъ образомъ: первоначально ширину и направленіе шипа назначаютъ на крайнихъ или угловыхъ сваяхъ въ срединѣ ихъ поперечнаго сѣченія, а затѣмъ по направленію этихъ намѣченныхъ шиповъ натягиваютъ причалки и намѣчаютъ положенія шиповъ на каждой сваѣ, находящейся въ ряду между угловыми.

Если сваи забиты не совсѣмъ правильно, что нерѣдко бываетъ, такъ какъ на практикѣ трудно выдержать совершенно правильный рядъ, то шипы не придутся посрединѣ поперечнаго сѣченія сваи, поэтому ихъ приходится нарубать не симметрично, а къ одному боку. Если брусъ ростверка совершенно не попадаетъ на сваю (чер. 42), то, чтобы не оставить его на вѣсу, къ сваѣ придѣлывается подставка *a*, т.-е. прикрѣпляется съ помощью двухъ болтовъ чуракъ, на которомъ и нарубается шипъ.

Кромѣ продольныхъ брусьевъ, располагаются и поперечные на разстояніи, равномъ разстоянію между сваями (чер. 43). Промежутки между

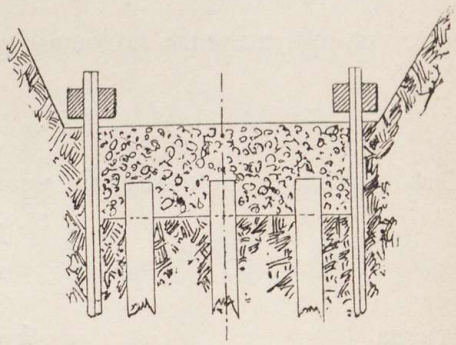
брусьями забетониваются тощимъ бетономъ или втрамбовывается щебень и заливается гидравлическимъ растворомъ.

Здѣсь, слѣдовательно, назначеніе ростверка связать всѣ сваи между собой и такимъ образомъ, при сосредоточенной нагрузкѣ на какой-либо части подошвы, привлечь къ участію въ сопротивленіи бо̀льшее число свай.

Такъ какъ грунтъ, покрывающій материкъ и расположенный между сваями, совершенно слабый, то сопротивленіе его при изгибѣ насадокъ ростверка не принимается во вниманіе и размѣры поперечныхъ сѣченій насадокъ разсчитываться, какъ балокъ, лежащихъ на двухъ опорахъ.

Бетонный ростверкъ. Вмѣсто деревяннаго во многихъ случаяхъ, еще удобнѣе устраивать бетонный ростверкъ, который за послѣднее время, благодаря удешевленію цемента и развитію цементнаго производства, въ большомъ употребленіи. Выгоды этой конструкціи заключаются въ ея цѣлесообразности, быстротѣ и легкости производства работъ, въ особенности въ тѣхъ случаяхъ, когда грунтовыя воды обильны и съ трудомъ поддаются откачкѣ. Равнымъ образомъ бетонный ростверкъ облегчаетъ и упрощаетъ производство работъ въ зданіяхъ, имѣющихъ неправильную форму въ планѣ, при которой нарубаніе насадокъ требуетъ внимательной и кропотной работы.

Чер. 44.



При производствѣ работъ поступаютъ слѣдующимъ образомъ: откачавъ воду на глубину около $1^1/_2$ фута ниже самаго низкаго горизонта ея стоянія, замѣчаютъ уровень воды на сваяхъ и подъ этотъ уровень спиливаютъ ихъ головы, т.-е. выравниваютъ подъ одну горизонтальную плоскость. Такое положеніе свай относительно горизонта грунтовыхъ водъ обезпечиваетъ ихъ постоянное нахожденіе въ водѣ, а слѣдовательно и ихъ долговѣчность. Затѣмъ вынимаютъ грунтъ (чер. 2, листъ 1) не менѣе, какъ на 15 см. ниже сваи, и наносятъ бетонный слой толщиною отъ 0,5 до 0,75 м. такъ, что вершины свай погружаются въ бетонъ на 15 см. Такое устройство возможно при грунтахъ болѣе плотныхъ, способныхъ удерживаться нѣкоторое время въ видѣ вертикальныхъ стѣнокъ или крутыхъ откосовъ; въ случаѣ же обильныхъ грунтовыхъ водъ и оплыванія стѣнокъ фундаментнаго рва до производства бетоннаго ростверка слѣдуетъ забить досчатый шпунтовой рядъ (черт. 44), который, поддерживая стѣнки грунта, вмѣстѣ съ тѣмъ предохраняетъ бетонъ отъ размыва водой.

На приготовленной такимъ образомъ бетонной подошвѣ возводится фундаментъ.

Какъ было уже сказано, грунты 3-го разряда представляютъ болѣе или менѣе слабое сопротивленіе сжатію и во всякомъ случаѣ меньшее, чѣмъ забитыя до отказа сваи, поэтому и размѣры поперечнаго сѣченія бетоннаго ростверка разсчитываются, какъ балка, лежащая на двухъ

опорахъ съ закрѣпленными концами и подверженная равномѣрной нагрузкѣ.

Изъ теоріи изгиба мы знаемъ, что

$$\frac{I}{a}=\frac{M}{R} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

гдѣ $\frac{I}{a}$ такъ назыв. моментъ сопротивленія, I—моментъ инерціи поперечнаго сѣченія, a — разстояніе отъ нейтральной оси до наиболѣе сжатаго или вытянутаго волокна, M—наибольшій моментъ внѣшнихъ силъ, дѣйствующихъ на балку, и R—допускаемый коэффиціентъ сопротивленія въ кг. на 1 кв. см. бетонной массы на растяженіе. При разстояніи между сваями l и нагрузкѣ на одну кв. ед. подошвы p, максимальный сгибающій моментъ равенъ

$$M=\frac{pl^2}{12}.$$

Обозначая высоту бетоннаго слоя черезъ h и предполагая, что нейтральная ось проходитъ черезъ центръ тяжести поперечнаго сѣченія, $a=\frac{h}{2}$, поэтому при ширинѣ подошвы равной 1 мет.

$$I=\frac{h^3}{12}.$$

Слѣдовательно на основаніи уравненія 1-го имѣемъ

$$\frac{h^3 2}{12h}=\frac{pl^2}{12R}$$

откуда

$$h=\sqrt[3]{\frac{pl^2}{2R}}.$$

При $R=1{,}3$ кг. на 1 кв с. получимъ $h=0{,}0062\sqrt{pl^2}$.

Примѣръ. При постройкѣ зданія рейхстага въ Берлинѣ наибольшая нагрузка на 1 кв. м. бетоннаго ростверка оказалась $=60\,t$, при разстояніи между сваями въ 0,87 мет., поэтому высота h получаетъ

$$h=0{,}0062\sqrt{60000\cdot 0{,}76}=1{,}3 \text{ м.}$$

Слѣдовательно, принятая высота $h=1{,}4$ вполнѣ достаточна.

§ 6.

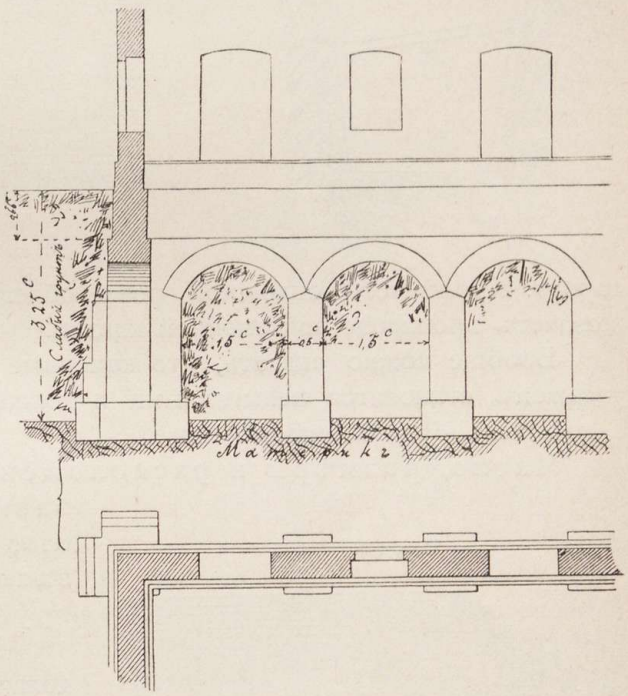
Каменные столбы. Въ случаѣ сухого или періодечески увлажняемаго грунта 3-го разряда и при залеганіи материка хотя и на значительной, но доступной глубинѣ (въ предѣлахъ до 4—5 саж.) для передачи груза строенія на этотъ материкъ взамѣнъ деревянныхъ свай устраиваются каменные столбы, которые могутъ возводиться или въ видѣ обыкновенныхъ столбовъ изъ сплошной каменной кладки, основанной на мате-

рикѣ и постепенно доведенной до извѣстной высоты, или въ видѣ такъ наз. опускныхъ столбовъ или колодцевъ.

Въ первомъ случаѣ необходимо первоначально для каждаго столба вырыть котлованъ, если того требуетъ грунтъ, то оградить его стѣнки распорными лѣсами и тогда уже возводить самую кладку. Вершины столбовъ соединяются другъ съ другомъ арками, наружныя шелыги которыхъ находятся въ одной горизонтальной плоскости и выравниваются подъ одинъ уровень каменной кладкой, что и представляетъ подошву для сплошного фундамента (чер. 45).

Устройство распорныхъ лѣсовъ состоитъ въ обдѣлкѣ стѣнокъ ямы или рва по мѣрѣ ея углубленія горизонтальными рядами досокъ съ промежутками, какъ показано на чер. 46. Доски удерживаются въ ихъ положеніи распорками *a*, упертыми въ наклонно поставленныя доски; при этомъ распорки надо такъ располагать, чтобы онѣ не мѣшали производству работъ. По мѣрѣ возведенія столбовъ распорки снимаются, доски же обыкновенно остаются въ котлованѣ.

Чер. 45.



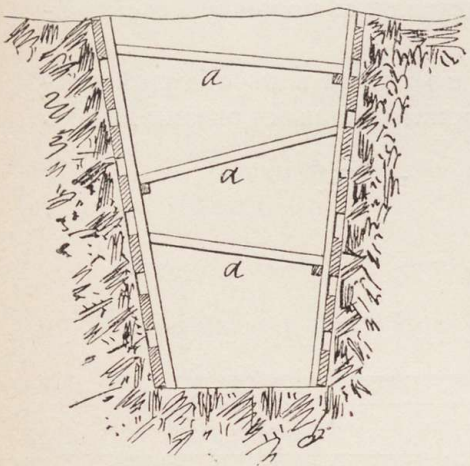
При значительной глубинѣ столбовъ вмѣсто дощатой обдѣлки боковъ ямы дѣлается обыкновенный срубъ, состоящій изъ вѣнцовъ 4 или 5-вершковыхъ бревенъ. Работы производятся такъ, какъ это ведется при вырытіи колодца, т.-е. вѣнцы подводятся снизу, при чемъ земля извлекается изъ ямы бадьями.

Въ тѣхъ случаяхъ, когда залегающій подъ слабымъ грунтомъ материкъ недостаточно крѣпокъ для принятія на себя сосредоточенныхъ грузовъ столбовъ и является необходимость привлечь какъ можно большую поверхность материка къ участію въ сопротивленіи сосредоточеннымъ грузамъ сооруженія, столбы располагаются или на общемъ бетонномъ слоѣ надлежащей толщины (отъ 0,5 до 1 м.) (чер. 48), или возводятся обратныя арки (чер. 47), при чемъ послѣдняя конструкція въ настоящее время, при удешевленіи и распространеніи повсюду цемента, употребляется весьма рѣдко. Сооруженіе обратныхъ арокъ сопряжено съ значительными трудностями и часто не достигаетъ своей цѣли; если же на арки, сложенныя изъ кирпича на цементѣ, смотрѣть какъ на монолитъ, то

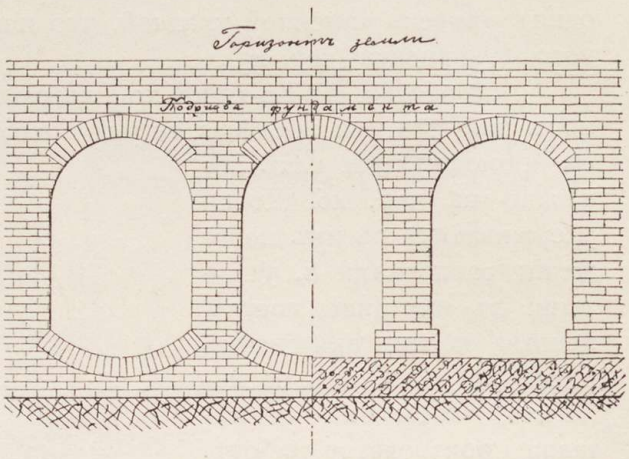
цѣлесообразность замѣны ихъ бетоннымъ слоемъ становится вполнѣ очевидной.

Точно такъ же отдѣльныя ямы для столбовъ замѣняются съ бо́льшей выгодой сплошнымъ рвомъ въ тѣхъ случаяхъ, когда слабый грунтъ ползетъ и распорныя лѣса для каждой отдѣльной ямы обходятся слишкомъ

Чер. 46.



Чер. 47.



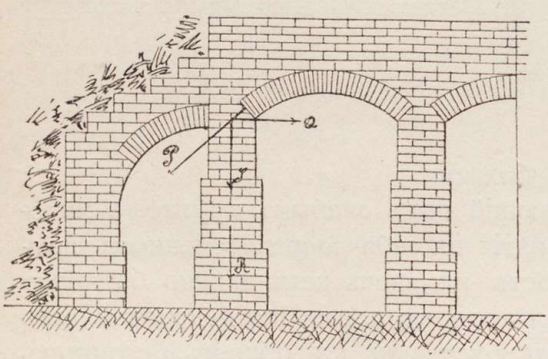
Чер. 48.

дорого. Кромѣ того сплошной ровъ облегчаетъ, а слѣдовательно и удешевляетъ производство каменной кладки.

Вообще можно сказать, что каменные столбы при глубинѣ болѣе 3 саженъ, становятся невыгодными и должны быть замѣнены опускными, о которыхъ будетъ сказано ниже.

Число, размѣры и расположеніе каменныхъ столбовъ зависятъ отъ плана строенія, вѣса его, глубины ихъ заложенія и сопротивленія грунта.

Чер. 49.



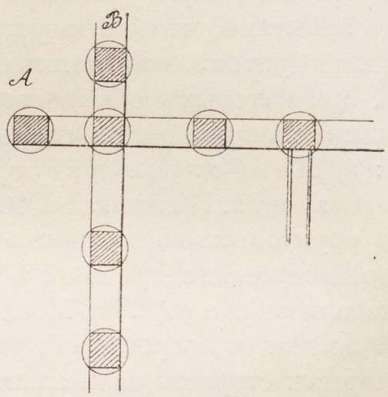
Разстояніе между столбами не должно быть болѣе 2 саженъ (чер. 45), такъ какъ большіе пролеты вызываютъ затрудненія въ устройствѣ арочныхъ покрытій въ ихъ вершинахъ. Столбы должны соотвѣтствовать осямъ простѣнковъ и опоръ, которыя ни въ какомъ случаѣ не должны приходиться на средины арки, перекрывающей столбы.

Въ углахъ столбы слѣдуетъ утолщать контрафорсами въ виду дѣйствія на нихъ боковыхъ усилій отъ распора арокъ или же устраивать съ наружной стороны зданія особые столбы съ упорными полуарками (чер. 49), предупреждающими возможность отклоненія угловыхъ столбовъ внаружу. При этомъ необходимо, чтобы равнодѣйствующая R силъ P, Q и

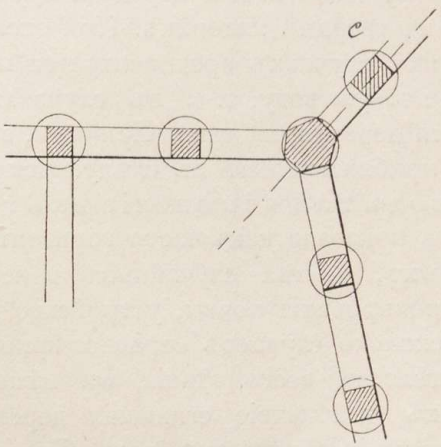
S, т.-е. распора двухъ арокъ и груза надъ столбомъ, проходила бы черезъ центръ тяжести подошвы углового столба или по крайней мѣрѣ не выходила бы изъ средней трети этой площади.

Если вѣсъ строенія P, то грузъ, переходящій на каждый столбъ, $= p = P/n$, гдѣ n число столбовъ; называя черезъ R сопротивленія грунта, площадь подошвы столба не должна быть менѣе $F = \frac{p + p_1}{R}$, гдѣ p_1 есть примѣрный вѣсъ столба. Равнымъобразомъ и F, площадь поперечнаго сѣченія самого столба, не должна быть менѣе $\frac{p + p_1}{R_1}$, гдѣ R_1 есть коэффиціентъ сопротивленія сжатію кирпичной или бутовой кладки на цементѣ, при чемъ первый принимается $= 8$, а второй не болѣе 12 кг. на см. На чер. 50 и 51 показано размѣщеніе угловыхъ столбовъ.

Чер. 50.



Чер. 51.



Высота столбовъ зависитъ отъ глубины залеганія материка. Такъ какъ сопротивленіе столбовъ разсчитывается только на сжатіе, то эта высота не должна превосходить 12 поперечныхъ измѣреній. На практикѣ обыкновенно принимаютъ ширину столба отъ $^1/_8$ до $^1/_6$ всей его вышины отъ подошвы до пятъ арокъ.

Матеріаломъ для кладки служитъ бутовый камень или кирпичъ полужелѣзнякъ, сложенный на цементномъ растворѣ. Красный кирпичъ недолго сохраняется въ землѣ и для фундаментовъ вообще предпочитается естественный камень.

Въ этомъ отношеніи исключеніе представляетъ кирпичъ желѣзнякъ, обожженный до начала плавленія съ поверхности. Такой кирпичъ хорошо сохраняется въ грунтѣ, хотя сцѣпленіе его съ растворомъ, даже съ цементнымъ, довольно слабо.

Опускные столбы. Выше было уже упомянуто, что при значительной глубинѣ залеганія материка и при слабомъ, рыхломъ грунтѣ его

покрывающемъ, а также при грунтахъ, пропитанныхъ водой, устройство каменныхъ столбовъ, съ вырытіемъ для сего глубокихъ ямъ съ огражденіемъ ихъ распорными лѣсами, представляетъ большія затрудненія и требуетъ значительныхъ издержекъ. Кромѣ того, такія работы небезопасны даже при самомъ внимательномъ ихъ производствѣ. Трудно требовать отъ каменщиковъ, работающихъ въ тѣсномъ и загроможденномъ распорками пространствѣ, на глубинѣ 3—4 саженъ, тщательной работы. Нерѣдко такая подготовка подошвы фундамента, если она производится рядомъ съ домомъ, имѣющимъ меньшую глубину основанія, вызываетъ неравномѣрную осадку сосѣдняго дома, ибо приходится придавать самой ямѣ значительно большіе размѣры, сравнительно съ размѣрами столба.

Всѣ эти неудобства почти избѣгаются устройствомъ опускныхъ столбовъ.

Опускные столбы точно такъ же, какъ и обыкновенные каменные (ихъ называютъ опускными колодцами), устраиваются съ цѣлью подготовить подошву фундамента для передачи груза строенія, черезъ пластъ слабаго грунта, на твердый материкъ. При этомъ замѣтимъ, что такое устройство во многихъ случаяхъ предпочитается и для грунтовъ, имѣющихъ постоянную грунтовую воду, т.-е. въ случаяхъ, при которыхъ обыкновенно примѣняются деревянныя сваи. Причины, вызывающія это предпочтеніе, заключаются приблизительно въ слѣдующемъ: а) Непостоянство грунтовыхъ водъ или измѣненіе ихъ горизонта. Практика въ большихъ городахъ показала, какъ часто горизонтъ грунтовыхъ водъ понижается отъ различныхъ, иногда случайныхъ и непредвидѣнныхъ причинъ: обмеленіе рѣкъ, дренированіе почвы, устройство канализаціи и т. п. Въ Москвѣ было уже нѣсколько случаевъ неравномѣрной осадки и поврежденій, угрожающихъ цѣлости всего зданія, въ нѣкоторыхъ старыхъ капитальныхъ постройкахъ вслѣдствіе сгниванія деревяннаго ростверка и вершинъ свай отъ пониженія грунтовыхъ водъ (Большой театръ, зданіе Мирового съѣзда и проч.). b) Загрязненныя грунтовыя воды. По опытамъ Либиха, дерево довольно быстро сгниваетъ и совершенно не сохраняется въ водѣ, загрязненной гнилостными бактеріями. с) Производство работъ не сопровождается ударами и сотрясеніями почвы, что нерѣдко вызываетъ поврежденіе въ сосѣднихъ домахъ.

Различіе между обыкновенными каменными столбами и опускными заключается лишь въ производствѣ самыхъ работъ. Первые возводятся снизу вверхъ, отъ материка до поверхности земли, вторые, наоборотъ, опускаются сверху внизъ, т.-е. каменная кладка постепенно опускается отъ поверхности земли до материка. Назначеніе и тѣхъ и другихъ столбовъ одно и то же: передать грузъ строенія на материкъ, залегающій на значительной глубинѣ ниже подошвы фундамента.

Мы остановимся немного подробнѣе на этой конструкціи, которая, несмотря на всѣ удобства и выгоды, имѣетъ у насъ довольно рѣдкое примѣненіе. При постройкѣ гражданскихъ и фабричныхъ зданій, гдѣ часто фундаменты, благодаря глубокому залеганію материка и обилію грунтовыхъ водъ, поглощаютъ на свое устройство чуть ли не треть отъ всей стоимо-

сти постройки, опускные столбы даютъ возможность сократить расходы и ускорить производство работъ.

Во всей конструкціи основанія опускные столбы принадлежатъ той его части, которая еще не составляетъ фундамента, а только подготовку для его подошвы; они возводятся ниже подошвы фундамента, соединяются другъ съ другомъ, точно такъ же, какъ и обыкновенные столбы, перекидными арками (чер. 50) и уже затѣмъ, послѣ выравниванія поверхности вровень съ верхними шелыгами этихъ арокъ, на приготовленной такимъ образомъ горизонтальной плоскости закладывается фундаментъ въ видѣ стѣнъ.

Опускные столбы возводятся въ видѣ полыхъ четырехстороннихъ призмъ или круглыхъ каменныхъ пустотѣлыхъ цилиндровъ (чер. 52, 53 и 54), съ такими внутренними измѣреніями, которыя позволяли бы рабочему подкапываться подъ стѣнки столба, вслѣдствіе чего послѣдній, подъ дѣйствіемъ своей собственной тяжести или особаго на немъ расположеннаго груза, будетъ постепенно погружаться. Эта работа продолжается до тѣхъ поръ, пока столбъ не станетъ на материкъ; послѣ чего все нутро колодца, будетъ ли онъ деревянный, металлическій или каменный—безразлично, заполняется бетономъ или сплошной каменной кладкой. Въ послѣднемъ случаѣ получается столбъ, составленный какъ бы изъ одного массива.

На чер. 3, листъ 1. показанъ общій видъ опускныхъ колодцевъ, перекрытыхъ арками, которыя выровнены подъ одну горизонтальную поверхность и, такимъ образрмъ, подготовлено для дальнѣйшаго возведенія фундамента.

Изъ этого общаго описанія видно, что опускные колодцы сокращаютъ расходы на земляныя работы и распорные лѣса, устраняютъ неудобства производства каменной кладки въ глубокой и тѣсной шахтѣ и значительно облегчаютъ водоотливъ, такъ какъ стѣнки колодца служатъ вмѣстѣ съ тѣмъ и огражденіемъ отъ воды.

Уже при глубинѣ до 3 саж. опускные колодцы устраивать выгоднѣе, чѣмъ обыкновенные столбы, а при бо̀льшей глубинѣ они даютъ весьма значительныя сбереженія. Эта конструкція основанія примѣняется съ успѣхомъ взамѣнъ деревянныхъ свай въ водянистыхъ, слишкомъ разжиженныхъ грунтахъ или при совершенномъ отсутствіи грунтовыхъ водъ. Въ первомъ случаѣ, т.-е. въ жидкомъ грунтѣ, сваи недостаточно устойчивы, а во второмъ—дерево не можетъ быть допущено вслѣдствіе своей недолговѣчности.

При устройствѣ фундаментовъ въ городахъ, если новое строеніе воздвигается рядомъ съ сосѣднимъ существующимъ и имѣетъ подошву фундамента ниже таковой же сосѣдняго дома, производство выемки для сплошнаго фундамента не можетъ быть допущено изъ опасенія повредить сосѣднему зданію; въ такихъ случаяхъ единственный исходъ—производить работу опускными колодцами, которые хотя и вліяютъ на сосѣдніе грунты но далеко не въ той степени.

а) Расположеніе, размѣры и устройство опускныхъ столбовъ. Опускные столбы располагаются подъ стѣнами строенія на разстояніи отъ 1,5 до 2 саж. центръ отъ центра. Кромѣ того, ихъ необхо-

димо помѣщать подъ углами строенія при пересѣченіи внутреннихъ капитальныхъ стѣнъ и вообще, гдѣ предвидится сосредоточенная нагрузка.

Если грунтъ, черезъ который проходитъ столбъ до материка, слишкомъ слабъ и легко сдавливается, то для уничтоженія распора, дѣйствующаго отъ послѣднихъ арокъ на угловой столбъ, располагаютъ вспомогательные столбы внѣ периферій фундамента, какъ это было указано при описаніи основанія на обыкновенныхъ каменныхъ столбахъ и какъ показано на черт. 50 и 51, т.-е. или устраиваются на продолженіи стѣнокъ два столба (черт. 50), или одинъ столбъ (черт. 51) на линіи, раздѣляющей уголъ пополамъ (*c*); въ обоихъ случаяхъ устраиваются распорныя полуарки для поддержанія угловыхъ столбовъ.

b) Размѣры опускныхъ столбовъ зависятъ: 1) отъ ширины фундаментовъ, для поддержанія которыхъ они предназначаются, такъ какъ фундаменты не должны свѣшиваться съ приготовленной для нихъ подошвы; 2) отъ груза, который воспринимается столбомъ и переносится на материкъ; 3) отъ крѣпости того матеріала, изъ котораго возводится столбъ, поэтому, если P—грузъ, воспринимаемый столбомъ вмѣстѣ съ собственнымъ его вѣсомъ, d—діаметръ столба, R—прочное сопротивленіе матеріала, т.-е. кирпичной кладки (не болѣе 8 кг. на см^2), или бетонной (не болѣе 3 — 4 кг. на см^2) то, для круглаго столба, выражая въ сантиметрахъ $d = \sqrt{\frac{4}{\pi}\frac{P}{R}}$ или, если принять P за грузъ всего строенія и n за число всѣхъ столбовъ, опредѣленныхъ по плану, то

$$d = \sqrt{\frac{4}{\pi}\frac{P}{Rn}}$$

Если же столбъ—прямоугольнаго сѣченія, то ширина d равна ширинѣ стѣны *plus* обрѣзы фундамента, оставляемые съ каждой стороны на величину отъ 12 до 15 см., длина же столба опредѣлится изъ выраженія

$$ax = \frac{P}{R}, \text{ откуда } x = \frac{P}{aR}.$$

Примѣръ: P 75 *t*, $R = 6$ кг., то $d = \sqrt{\frac{4}{\pi}\frac{P}{R}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 75000}{18{,}84}} = 126$ см.

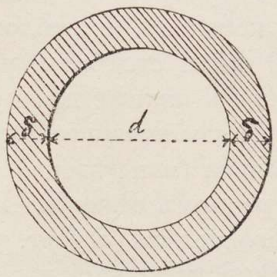
4) отъ высоты (глубины) столба, при чемъ d не должно быть меньше $0{,}1H$, если H—высота столба.

Независимо отъ всѣхъ этихъ условій, ширина опускныхъ столбовъ, во всякомъ случаѣ, должна быть такова, чтобы рабочій могъ свободно помѣститься внутри столба и работать; поэтому, если размѣры столба, выведенные на основаніи вышеизложенныхъ соображеній, не удовлетворяютъ этому требованію, то діаметръ ихъ долженъ быть увеличенъ.

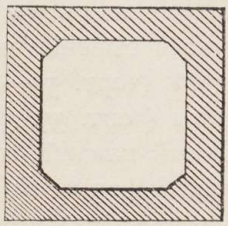
Наиболѣе удобная форма поперечнаго сѣченія опускнаго колодца—круглая (черт. 52); при такой формѣ стѣнки имѣютъ наибольшее сопротивленіе внѣшнему давленію и равномѣрнѣе погружаются, хотя нерѣдко примѣняютъ и прямоугольную и квадратную форму со скошенными углами для большаго ихъ укрѣпленія (черт. 53) или съ криволинейными выпуклыми

стѣнками (черт. 54), если столбъ долженъ сопротивляться значительному внѣшнему давленію. Различаютъ три вида конструкціи опускныхъ столбовъ: каменные, деревянные и металлическіе.

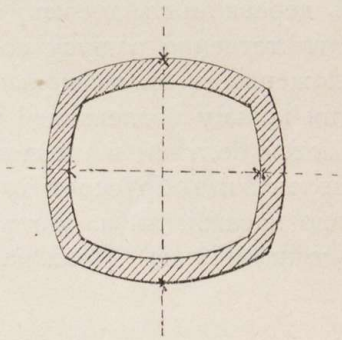
Чер. 52.



Чер. 53.



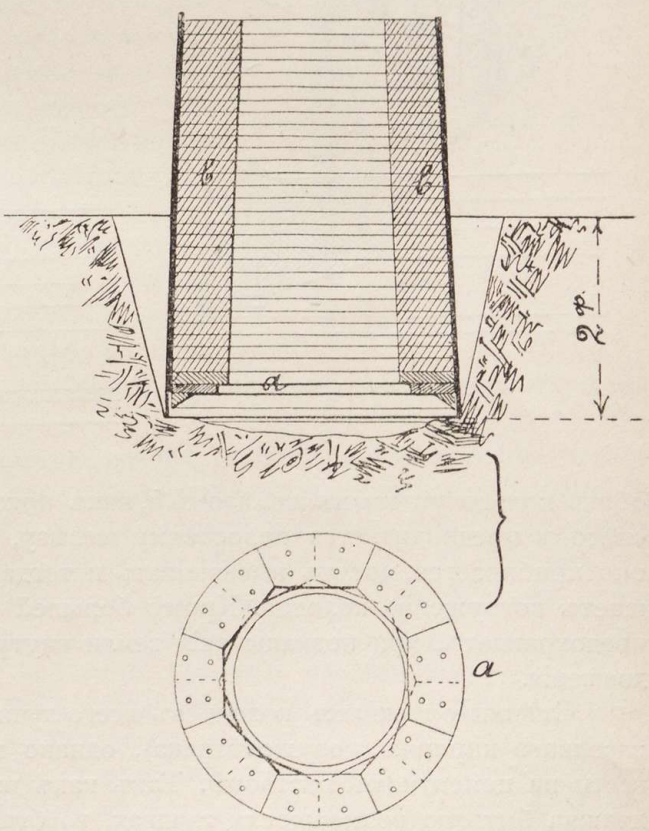
Чер. 54.



а) **Каменные опускные колодцы** выводятся изъ хорошо обожженнаго кирпича на растворѣ изъ портландскаго цемента.

Первоначально вырываютъ яму или ровъ для фундамента соотвѣтствующихъ размѣровъ на глубину около $2^1/_2$ аршинъ (во всякомъ случаѣ до грунтовыхъ водъ), выравниваютъ дно ея по ватерпасу и располагаютъ на немъ такъ называемое кольцо или поддонъ (*a*) черт. 55, ширина коего соотвѣтствуетъ толщинѣ стѣнокъ *b* колодца. Кольцо служитъ основаніемъ для внѣшней оболочки столба, облегчаетъ и способствуетъ болѣе успѣшному погруженію его.

Чер. 55.

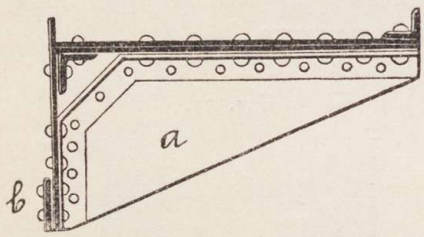


Кольца могутъ быть: желѣзныя, чугунныя и деревянныя. Желѣзныя кольца состоятъ (черт. 56) изъ вертикальнаго и горизонтальнаго листа котельнаго желѣза, скрѣпленнаго угловымъ желѣзомъ и кронштейнами (*a*). Ножъ кольца усиливается приклепанной снаружи полосой *b*. Верхняя горизонтальная часть кольца служитъ основаніемъ

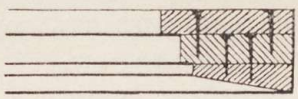
для возведенія стѣнокъ опускнаго столба, который возводится или непосредственно на желѣзѣ или съ прокладкою еще деревяннаго кольца (очевидно, только тамъ, гдѣ постоянная вода).

Чугунныя кольца менѣе практичны, такъ какъ по своей хрупкости при встрѣчѣ съ камнями могутъ ломаться. Самое удобное устройство кольца изъ деревянныхъ досокъ, приготовленныхъ въ видѣ косяковъ по шаблону, соотвѣтственно радіусу поперечнаго сѣченія нижней части столба и расположенныхъ въ нѣсколько рядовъ (черт. 55—кольцо въ планѣ) для приданія кольцу надлежащей толщины (черт. 57, 58, 59). Ряды косяковъ скрѣпляются болтами и гвоздями. Самый нижній рядъ кольца (или рѣзецъ) составленъ изъ брусковъ треугольной формы въ поперечномъ сѣченіи. Полезно насаживать на этотъ рядъ обручъ изъ полосоваго желѣза (*a* черт. 59), выступающій на $^3/_4$ или на 1 вер. отъ нижней поверхности кольца, или же

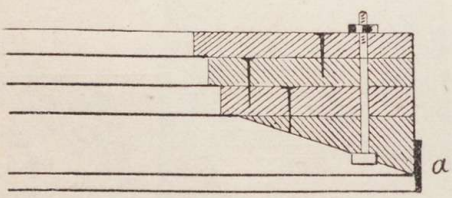
Чер. 56.



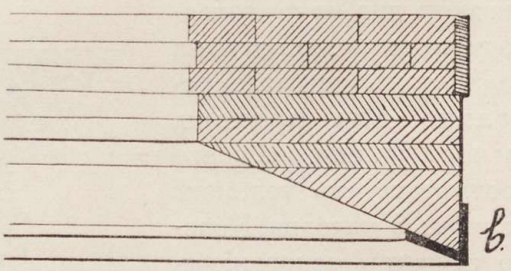
Чер. 57.



Чер. 58.



Чер. 59.



обить кольцо угловымъ желѣзомъ *b*, какъ показано на черт. 60. Послѣдній способъ предпочитается полосовому желѣзу, такъ какъ гвозди, которыми оно прибивается, могутъ выскакивать и тогда желѣзная полоса только мѣшаетъ погруженію колодца. Кромѣ бо́льшей прочности, желѣзное ребро предохраняетъ, при подкапываніи земли внутри колодца, отъ обратнаго ея движенія.

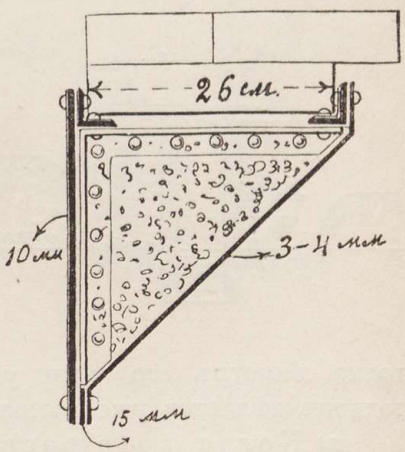
Стѣнки опускныхъ колодцевъ всего лучше возводить изъ хорошо обожженнаго кирпича (полужелѣзняка), однако правильной формы и кладку вести на цементномъ растворѣ. Такъ какъ наружная поверхность столба должна быть по возможности гладкая, то бутовой камень для даннаго случая не пригоденъ. Кирпичъ можетъ быть замѣненъ и бетономъ, изъ котораго приготовляются отдѣльные косяки, какъ части цилиндрической поверхности, и изъ нихъ выкладывается весь колодецъ.

Замѣтимъ, что деревянныя кольца пригодны лишь въ томъ случаѣ, если подошва колодца будетъ находиться постоянно въ водѣ. Въ противномъ случаѣ кольца должны быть непремѣнно металлическія или бетонныя, какъ это показано на черт. 60. Здѣсь кольцо въ поперечномъ сѣченіи имѣетъ видъ клина и состоитъ изъ вертикальной желѣзной стѣнки, толщиною въ 10 мм. и наклонной стѣнки, толщиною въ 3 мм. Обѣ стѣнки соединены угольниками, какъ показано на чертежѣ, и все кольцо, когда оно поставлено на мѣсто, забивается бетономъ жирнаго состава.

При производствѣ работъ по возведенію кирпичной кладки колодца и его погруженіи могутъ быть три случая:

1) Когда грунтовыя воды на глубину предполагаемой подошвы фундамента, отсутствуютъ или накопляются въ незначительномъ количествѣ. При такихъ условіяхъ вырывается котлованъ или яма глубиною около 2 аршинъ и на дно ея укладываютъ по ватерпасу поддонъ. Затѣмъ постепенно начинаютъ воздвигать кирпичную кладку на высоту около 2 аршинъ до горизонта земли и такую же вышину сверхъ земли. Получается столбъ вышиною въ 4 аршина. Для погруженія его рабочій разрыхляетъ внутри его землю, накладываетъ ее въ бадьи, которыя и извлекаются наружу помощью ворота. По мѣрѣ подкапыванія и вырытія земли колодецъ, подъ дѣйствіемъ собственной тяжести, постепенно опускается. Вся трудность работы заключается въ томъ, чтобы эта осадка была правильная и равномѣрная, для чего, во-1-хъ, извлеченіе земли дѣлается небольшими массами и, во-2-хъ, центръ столба провѣряется отвѣсомъ, опускаемымъ сверху изъ неподвижной точки.

Чер. 60.



Для меньшаго сопротивленія тренія о грунтъ наружную поверхность кольца необходимо покрывать гладкой цементной штукатуркой (черт. 55) или обкладывать вертикально поставленными тонкими досками (палубникомъ) съ помощью желѣзныхъ обручей. Наоборотъ, съ внутренней стороны, для большей связи съ матеріаломъ, заполняющимъ колодецъ, стѣны его дѣлаются съ выступами и неровностями.

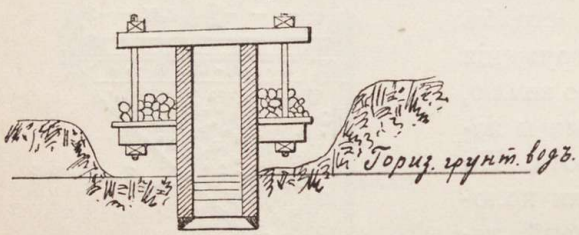
Если при погруженіи колодецъ приметъ наклонное положеніе, то эту неправильность необходимо немедленно исправить, подрывая землю у приподнятаго края и тѣмъ заставляя его опускаться.

Опытъ показалъ, что для погруженія приходится вынимать больше земли, чѣмъ объемъ, занимаемый колодцемъ. Это происходитъ вслѣдствіе того, что земля при выемкѣ обваливается не только подъ самымъ кольцомъ столба, но и далѣе за предѣлами его. Болѣе сильной нагрузкой, нажатіемъ на грунтъ, можно до извѣстной степени устранить это явленіе. Загрузку произво-

дятъ или желѣзнодорожными рельсами, или такъ, какъ показано на черт. 61, т.-е. на вершину колодца располагаютъ брусья, къ которымъ на 4-хъ балкахъ подвѣшиваютъ двѣ дощатыя платформы, загруженныя камнемъ, кирпичомъ или свинцовыми чушками. Это приспособленіе даетъ вмѣстѣ съ тѣмъ возможность, въ случаѣ неправильнаго положенія колодца, произвести одностороннюю нагрузку и тѣмъ выпрямить столбъ. Сильная нагрузка имѣетъ большое значеніе при производствѣ работъ въ сыпучихъ грунтахъ, такъ какъ безъ надлежащаго давленія на опускаемый колодецъ приходится выбирать иногда въ 2 или въ 3 раза большій объемъ грунта, сравнительно съ объемомъ столба, и тѣмъ разрыхлять сосѣдній грунтъ и вліять на фундаменты близрасположенныхъ строеній. Въ подобныхъ случаяхъ кладка столбовъ выводится по возможности на большую высоту, чтобы имѣть большій вѣсъ и избѣгать частой нагрузки и разгрузки столба.

Что касается до **толщины стѣнки**, то таковая дѣлается въ зависимости отъ поперечныхъ размѣровъ столба. Менѣе $^1/_2$ кирпича стѣнки не дѣлаются и рѣдко болѣе $2^1/_2$ кирпичей. Въ сущности, такъ какъ стоимость кладки и стоимость заполненія столба почти одна и та же, то есть расчетъ дѣлать толщину стѣнокъ по возможности бо́льшую, оставляя при этомъ размѣръ внутренняго діаметра таковымъ, чтобы рабочему удобно было внутри подрывать.

Чер. 61.



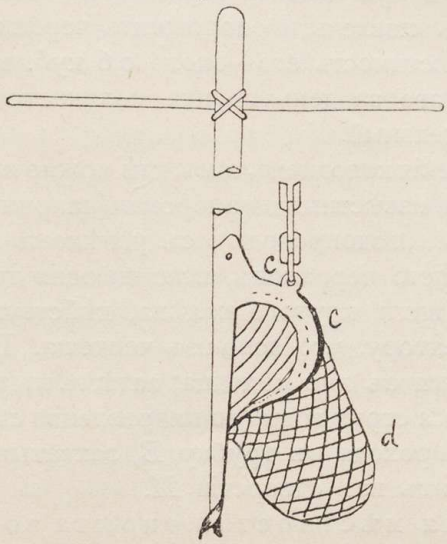
Для уменьшенія тренія и болѣе успѣшнаго погруженія колодца діаметръ его книзу увеличивается, а стѣнки суживаются, такъ что поддонъ дѣлается уже толщины стѣнокъ колодца (черт. 56).

2) Когда вода располагается ниже поверхности земли на нѣкоторой глубинѣ, т.-е. когда встрѣчаются грунтовыя воды. Въ этомъ случаѣ для погруженія столба вырывается яма до горизонта грунтовыхъ водъ (черт. 61). На днѣ ея располагается поддонъ; затѣмъ возводятся на высоту отъ 4 до 5 аршинъ стѣнки колодца, а погруженіе происходитъ при постоянной откачкѣ воды и выбагриваніи или вычерпываніи разжиженнаго грунта.

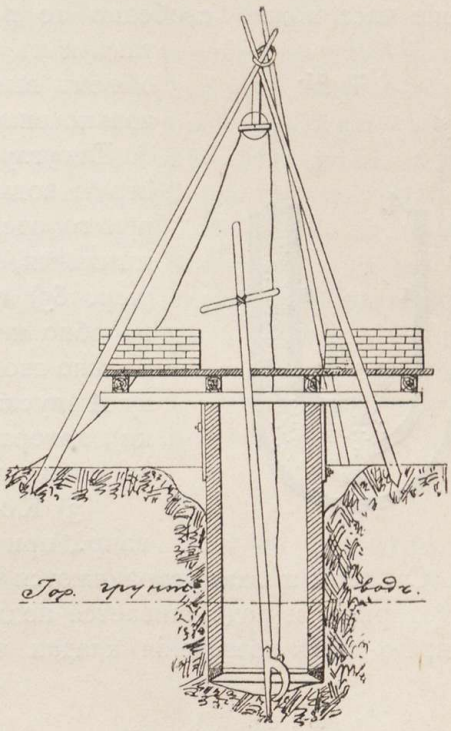
Для послѣдней цѣли могутъ служить различныя приспособленія, между которыми самое простое сѣтчатый буръ, показанный на черт. 62. Напарье бура снабжено кривымъ ножомъ (*cc*) и сѣтчатымъ мѣшкомъ *d*. Способъ производства работъ изображенъ на черт. 63. Въ вершинѣ бура имѣется рукоятка (черт. 62), посредствомъ которой ему сообщается одновременно съ нажатіемъ и углубленіемъ въ грунтъ—вращательное движеніе, при чемъ ножъ захватываетъ часть грунта, который наполняетъ сѣтку и затѣмъ, помощью веревки, перекинутой черезъ блокъ, извлекается наружу. На днѣ образуется воронкообразное углубленіе, въ которое грунтъ выдавливается стѣнками колодца. Такимъ путемъ и при помощи временной нагрузки, достигается постепенное погруженіе столба. При 4—6 рабо-

чихъ при глубинѣ до 2 саж., можно въ день поднять до 0,5 куб. саж. легкаго грунта.

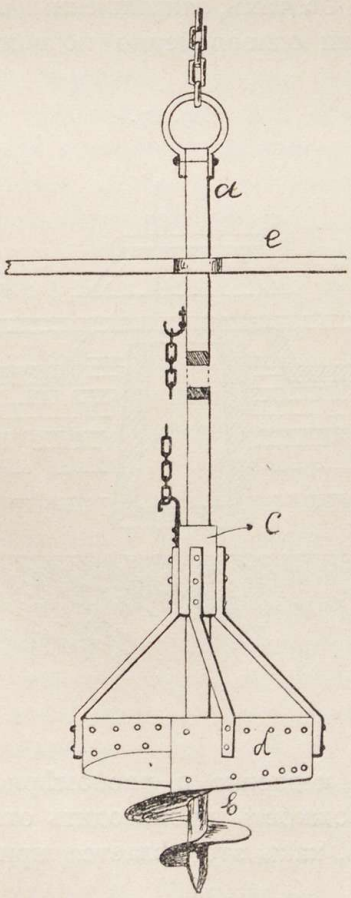
Чер. 62.



Чер. 63.



Чер. 64.

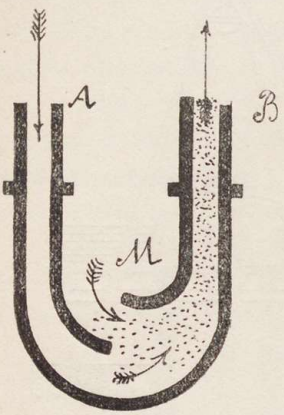


На черт. 64 изображенъ такъ назыв. винтовый черпакъ для извлеченія изъ нутра колодца какъ мокраго, такъ и сухого грунта различнаго состава. Это приспособленіе состоитъ изъ штанги *ab* квадратнаго сѣченія, имѣющей въ нижнемъ концѣ *b* пологую винтовую нарѣзку. По штангѣ скользитъ муфта *c*, къ которой, съ помощью 4-хъ желѣзныхъ полосъ, прикрѣпленъ желѣзный черпакъ *d*, захватывающій грунтъ и имѣющій дно въ видѣ очень пологой винтовой поверхности. Послѣ поворота штанги, наполненный черпакъ поднимается вверхъ съ помощью цѣпи и ворота, и содержимое выливается. Затѣмъ, муфта вмѣстѣ съ черпакомъ снова скользитъ на дно колодца, рабочій повертываетъ штангу бура съ помощью рукоятки *e*, вмѣстѣ со штангой поворачивается и

черпакъ, захватываетъ грунтъ и по возможности быстро извлекается наружу и т. д.

Работа идетъ довольно успѣшно, и при средней глубинѣ колодца, въ теченіе часа можно свободно 10 разъ извлечь и опорожнить черпакъ, а такъ какъ вмѣстимость его—около 0,6 куб. м., то объемъ вынутаго за день грунта получается довольно значительный.

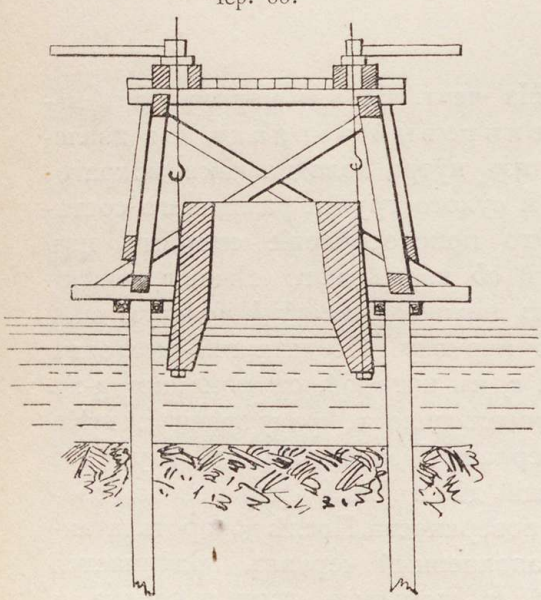
Чер. 65.



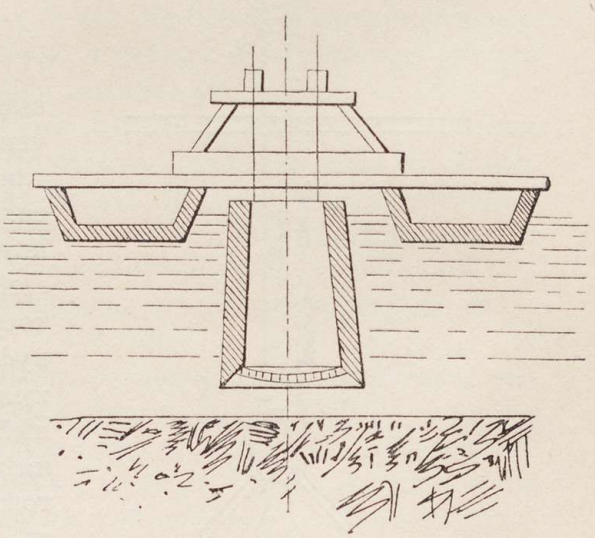
Для углубленія колодцевъ тамъ, гдѣ можно имѣть струю воды съ извѣстнымъ напоромъ (напримѣръ: при городскомъ водопроводѣ), съ успѣхомъ примѣняются, вмѣсто черпаковъ, всасывающія трубы (чер. 65) въ видѣ крутого колѣна, дѣйствующія подобно инжектору, что ясно изъ чертежа. Такое колѣно вводится въ дно колодца; затѣмъ въ трубку *A* впускается струя воды (по направленію стрѣлки), которая, проходя въ трубку *B*, захватываетъ съ собой грунтъ изъ отверстія *M*.

3) Когда мѣстность покрыта водой, напр., при устройствѣ мостовыхъ быковъ и устоевъ. Съ этой цѣлью устраиваются на сваяхъ неподвижные лѣса (чер. 66), къ которымъ и подвѣшивается поддонъ на 4 болтахъ, закрѣпленныхъ гайками; по мѣрѣ возведенія кладки всѣ 4 гайки одновременно подвинчива-

Чер. 66.



Чер. 67.

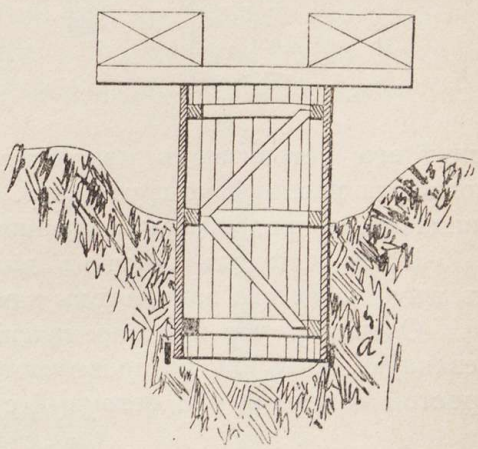


ются, и столбъ, постепенно наращиваемый, медленно и равномѣрно погружается на дно; послѣ чего является возможность производить откачку воды и вычерпываніе грунта черпаками такъ, какъ это дѣлается при второмъ случаѣ.

Вмѣсто устройства неподвижныхъ лѣсовъ, на мѣстности, покрытой водой, для сокращенія времени и расходовъ, во многихъ случаяхъ (напр., при глубокой водѣ) работу по опусканію колодцевъ можно производить съ двухъ хорошо укрѣпленныхъ на якоряхъ барокъ (чер. 67), при чемъ самый столбъ является какъ плавающее тѣло, и теряетъ въ вѣсѣ столько, сколько вѣситъ вытѣсненный имъ объемъ воды. Для этой цѣли внизу колодца устраивается непроницаемое для воды деревянное выпуклое дно, въ видѣ свода; вѣсъ колодца при этомъ немного болѣе вѣса воды, поэтому его не трудно поддерживать на длинныхъ болтахъ или канатахъ и постепенно, по мѣрѣ возведенія стѣнокъ, опускать, пока онъ не станетъ на твердое дно и врѣжется въ него своимъ кольцомъ. Послѣ этого въ колодецъ впускаютъ воду, которая своимъ вѣсомъ давитъ на обратную сторону деревяннаго свода, продавливаетъ его, и дерево всплываетъ на поверхность воды. Затѣмъ выкачиваютъ воду и производятъ заполненіе колодца бетонной кладкой. Если толщина стѣнокъ круглаго кирпичнаго колодца не больше 0,2 d, то онъ можетъ плавать съ самаго начала производства работъ.

b) Деревянные опускные колодцы. Въ грунтахъ, не изобилующихъ грунтовой водой или совершенно сухихъ, но слабыхъ, наприм., насыпныхъ, такъ часто встрѣчающихся въ городахъ, даже при значительной глубинѣ залеганія материка — съ большой пользой и выгодой примѣняются, для возведенія каменныхъ или бетонныхъ столбовъ, деревянные опускные колодцы. Они могутъ быть или дощатые для небольшой глубины (до 3 саж.), или брусчатые, при болѣе значительной глубинѣ.

Чер. 68.



Первые устраиваются квадратнаго или прямоугольнаго сѣченія, съ внутренними брусчатыми горизонтальными рамами и стойками (чер. 68), обшитыми вертикально досками толщиною отъ 1 до $1^1/_2$ верш. Для большей прочности между рамами вводятся еще діагональныя укрѣпленія.

Погруженіе деревянныхъ колодцевъ происходитъ точно такъ же, какъ и каменныхъ—подкапываніемъ, но непремѣнно съ нагрузкой. Нижнее ребро колодца обвивается желѣзной полосой, а самый колодецъ полезно дѣлать съ небольшимъ уширеніемъ книзу, чтобы этимъ уменьшить треніе о грунтъ и облегчить погруженіе.

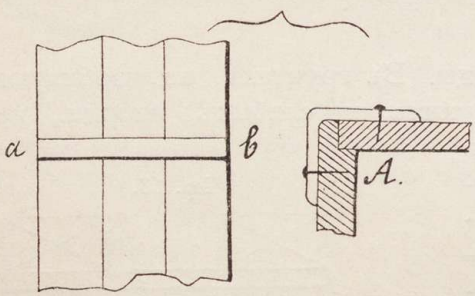
При небольшой глубинѣ колодецъ можетъ быть устроенъ изъ щитовъ, соединенныхъ поперечными шпонками ab (чер. 69). Эти щиты соединяются въ углахъ, какъ показано на чертежѣ A, и связываются желѣзными угольниками. Наращиваніе колодцевъ устраивается такъ, чтобы горизон-

тальные стыки щитовъ всѣхъ четырехъ стѣнокъ не находились бы въ одной горизонтальной плоскости, а были бы въ перевязку; для этого щиты берутся различной длины, напр., въ $^1/_2$ и 1 саж. Снизу эти щиты завостриваются наподобіе шпунтовыхъ свай и погруженіе происходитъ подрываніемъ земли, какъ при опусканіи каменныхъ столбовъ.

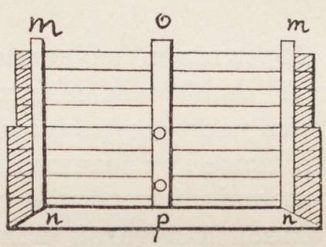
При болѣе значительной глубинѣ или укрѣпляютъ дощатые колодцы распорками изъ стѣны въ стѣну; или устраиваются брусчатые деревянные колодцы изъ горизонтальныхъ вѣнцовъ, срубленныхъ въ углахъ въ лапу; при чемъ, для укрѣпленія угловъ (чер. 70) и предупрежденія выпучиванія стѣнокъ, къ первымъ пришиваются бруски (*mn*, *mn*) а посрединѣ стѣнъ располагаются вертикальные сжимы.

При опусканіи деревянныхъ колодцевъ требуется примѣненіе нагрузки, которая, увеличивая его вѣсъ, способствуетъ болѣе быстрому погруженію; для этого, установивъ звено кольца извѣстной длины (4—6 арш.), на вер-

Чер. 69.



Чер. 70.



шинѣ его устраиваютъ платформу, на которой и располагаютъ по возможности равномѣрно грузъ (чер. 68). Погрузивъ эту часть колодца грузъ снимаютъ и продолжаютъ наращиваніе.

Когда колодецъ опущенъ до материка и даже нѣсколько углубленъ въ него, тогда его заполняютъ каменной или бетонной кладкой.

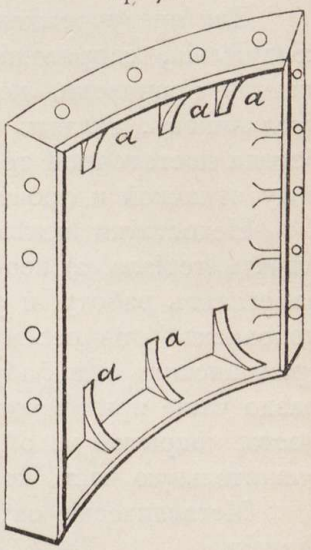
Очевидно, что при опредѣленіи размѣровъ опускнаго столба его деревянную оболочку не принимаютъ во вниманіе, а разсчитываютъ какъ простой каменный или бетонный столбъ.

c) Металлическіе опускные столбы. При устройствѣ основаній на мѣстности, покрытой водой, иногда съ выгодой примѣняются вмѣсто каменныхъ столбовъ металлическіе цилиндры. Главная выгода ихъ заключается въ быстротѣ работы. Заполненіе цилиндра бетонной массой или каменной кладкой должно быть исполнено очень тщательно съ примѣненіемъ крѣпко затвердѣвающихъ гидравлическихъ растворовъ, чтобы избѣжать осадки этой внутренней массы, послѣдствіемъ чего можетъ явиться щель между стѣнками цилиндра и каменной кладкой. Опытъ послѣднихъ лѣтъ показалъ, что цементный растворъ, затвердѣвая, крѣпко сцѣпляется съ желѣзомъ; такъ по изслѣдованію Баушингера въ Мюнхенѣ, эта сила сцѣпленія доходила до 40 кг. на кв. см.

Во всякомъ случаѣ тонкія желѣзныя стѣнки служатъ только какъ ограждающая поверхность во время производства работъ, и при опредѣленіи размѣровъ столба въ расчетъ не принимаются.

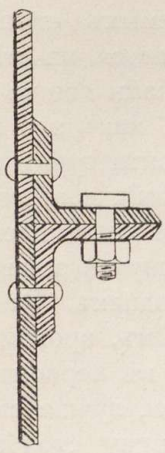
На практикѣ примѣнялись желѣзные и чугунные опускные цилиндры. Послѣдніе отливаются довольно массивными, въ видѣ отдѣльныхъ звеньевъ, изъ которыхъ собирается цѣльный колодецъ; въ свою очередь каждое звено состоитъ изъ частей, сопрягающихся другъ съ другомъ вертикальными фланцами и болтами (чер. 71). На чертежѣ представлена часть чугуннаго звена (сегмента), въ коемъ фланцы усилены приливами (*aa*) въ видѣ кронштейновъ. На Нѣманскомъ мосту въ Ковно примѣнялись чугунныя звенья, состоящія изъ 4-хъ частей, при чемъ діаметръ колодца равнялся 3,5 метр., а высота каждаго звена — 1,33 м. Для удобства погруженія нижнее, или первое, звено отливалось въ формѣ рѣзца и имѣло нѣсколько большій діаметръ; въ виду хрупкости чугуна рѣзецъ лучше дѣлать изъ желѣза.

Чер. 71.

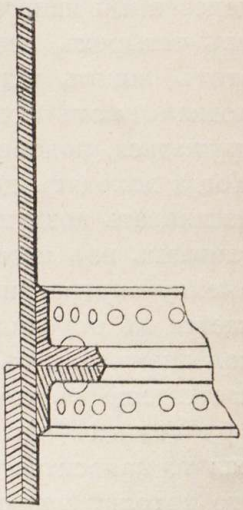


Массивность и громоздкость частей чугунныхъ цилиндровъ, съ одной стороны, и случаи разрыва сегментовъ—съ другой, дѣлаютъ примѣненіе чугуна менѣе удобнымъ. Кромѣ того, чугунный колодецъ, служа оболочкой для бетонной кладки иногда лопается отъ сильнаго холода, вслѣдствіе того, что бетонное заполненіе мѣшаетъ хрупкому чугуну сжиматься. Недостатокъ этотъ устраняется тѣмъ, что колодцы внутри обкладываются деревомъ.

Чер. 72.



Чер. 73.



Желѣзные опускные столбы имѣютъ бо̀льшее распространеніе сравнительно съ чугунными; они устраиваются изъ котельнаго желѣза, задаваясь высотой звеньевъ соотвѣтственно размѣрамъ продажныхъ листовъ. Необходимо увеличивать жестокость звена, приклепываніемъ горизонтальныхъ и вертикальныхъ желѣзныхъ полосъ, при чемъ пользуются сопряженіемъ посредствомъ угольниковъ (чер. 72), чѣмъ вмѣстѣ съ тѣмъ и достигаютъ бо̀льшей жестокости. Нижнее кольцо укрѣпляется угольникомъ, утолщается полосой изъ котельнаго желѣза, служащей ножомъ (чер. 73).

При устройствѣ мостовъ черезъ рѣки Ріонъ и Супсу, на Батумскомъ участкѣ Закавказской ж. д., устраивались желѣзные клепанные опускные столбы, имѣвшіе въ верхней части 4,3′ въ діаметрѣ, въ средней—6′, а въ нижней—8,5′.

Для предупрежденія просачиванія воды вовнутрь цилиндровъ при ихъ погруженіи, сопряженіе колецъ дѣлается съ прокладкою парусины или мѣдной проволоки, которая, раздавливаясь при склепкѣ или свинчиваніи угольниковъ, дѣлаетъ стыкъ непроницаемымъ. Погрузивши первый слой бетона достаточной толщины на дно колодца, можно совершенно удалить воду откачкой и производить работу какъ на сушѣ.

Недостатки желѣзныхъ опускныхъ колодцевъ составляютъ: 1) высокая цѣна матеріала, 2) необходимость большой нагрузки при погруженіи, что замедляетъ работу, и 3) повреждаемость отъ морозовъ, а при чугунныхъ колодцахъ—отъ перемѣнъ температуры вообще. Поэтому при устройствѣ гражданскихъ или фабричныхъ строеній ихъ рѣдко примѣняютъ; они гораздо чаще примѣняются при гидротехническихъ сооруженіяхъ, на мѣстности, покрытой водой, такъ какъ при этихъ постройкахъ приходится незначительную часть колодца опускать въ грунтъ.

Металлическіе опускные столбы въ особенности распространены въ Англіи.

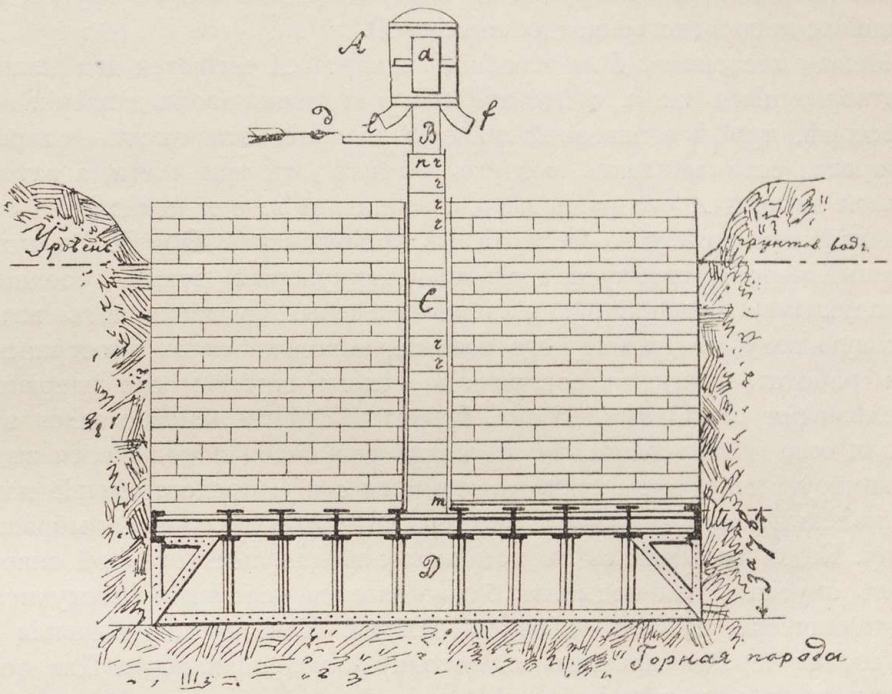
Устройство основаній помощью сжатаго воздуха.

Кессонное основаніе. Когда твердый материкъ залегаетъ на значительной глубинѣ, а грунтъ, лежащій на немъ, изобилуетъ водой, то, чтобы дойти до материка и передать ему весь грузъ строенія, во многихъ случаяхъ представляетъ большія выгоды такъ назыв. кессонное основаніе. Оно заключается въ томъ, что дѣлается желѣзный, каменный или деревянный ящикъ болѣе или менѣе значительныхъ размѣровъ, состоящій изъ четырехъ непроницаемыхъ стѣнокъ и потолка, но не имѣющій дна; этотъ ящикъ устанавливается на мѣстѣ будущаго фундамента. Затѣмъ подкапываютъ подъ стѣнками ящика грунтъ и этимъ заставляютъ его погружаться, подобно тому, какъ это мы видѣли при опускныхъ столбахъ. Когда доходятъ до горизонта грунтовыхъ водъ, то въ ящикъ начинаютъ накачивать воздухъ, который, доведенный до извѣстной упругости, выдавливаетъ изъ него воду, и этимъ даетъ возможность удобно производить выемку внутри ящика. Вынутая земля постоянно удаляется, какъ это дѣлается въ опускныхъ колодцахъ. Разница между работой съ опускнымъ колодцемъ или съ кессономъ, кромѣ примѣненія сжатаго воздуха, заключается еще въ томъ, что въ первомъ случаѣ для опусканія необходима временная нагрузка или, лучше сказать, періодическая нагрузка, которая то наносится на вершину столба, то снимается, при кессонѣ же на его потолкѣ возводится постоянный грузъ, въ видѣ фундамента подъ будущее сооруженіе, который по мѣрѣ опусканія кессона непрерывно надстраивается, пока не доведется до надлежащаго горизонта.

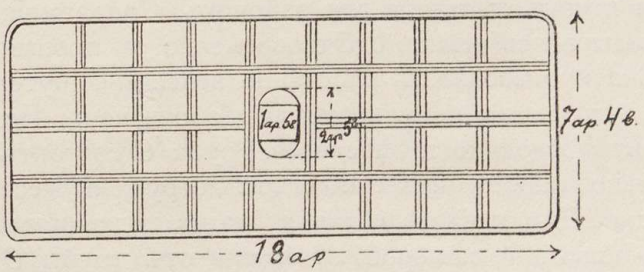
Чтобы уяснить себѣ кессонный способъ устройства основанія, опишемъ работы, производившіяся въ Москвѣ при сооруженіи памятника

императору Александру II инженеромъ Н. В. Султановымъ. При буреніи выяснилось, что на глубинѣ около 4 саж. залегаетъ известковая горная порода, поэтому для устраненія всякой осадки было рѣшено передать грузъ сооруженія на этотъ материкъ. Но при отрывкѣ котлована на глубинѣ 1 саж. уже обнаружилась обильная грунтовая вода, а слѣдовательно, работу предстояло производить при постоянной откачкѣ. Вмѣстѣ съ удале-

Чер. 74.



Чер. 75.



ніемъ воды неминуемо должны были уноситься и частицы песчано-глинистаго грунта, на которомъ вблизи памятника расположены кремлевскіе соборы. Для ускоренія работъ и избѣжанія опасности разрыхленія грунта подъ соборами, было рѣшено не производить откачки воды, а идти до скалистаго грунта кессономъ.

Работы эти производились слѣдующимъ образомъ: установивъ кессонъ, т.-е. желѣзный ящикъ *D* (чер. 74 вертикальный разрѣзъ), имѣвшій 18 арш. длины (чер. 75—планъ кессона), $7^1/_4$ арш. ширины и $3^1/_2$ арш. вы-

шины, и, устроивъ необходимые при этомъ подмости и лѣса, приступили къ установкѣ шлюзной камеры *A*, т.-е. переходнаго помѣщенія, служащаго для сообщенія между сжатымъ воздухомъ въ кессонѣ и обыкновеннымъ атмосфернымъ внѣ его.

Шлюзъ состоялъ изъ желѣзной прямоугольной камеры, имѣвшей въ ширину и длину 2 арш. 3 в., а вышину $2^1/_2$ арш.; въ одной изъ боковыхъ стѣнокъ камеры имѣлась дверь *a*, а въ днѣ — круглое отверстіе, черезъ которое посредствомъ патрубка *B*, камера соединялась съ трубой *C*, опускающейся непосредственно до кессона *D*.

Между кессономъ *D* и шлюзной камерой *A* имѣются два клапана *m* и *n*, отворяющіеся внизъ, слѣдовательно, при одинаковомъ давленіи воздуха въ кессонѣ, трубѣ и шлюзной камерѣ клапаны эти висятъ открытыми. Наоборотъ, если накачать воздухъ во всѣ эти три части, а затѣмъ въ шлюзной камерѣ *A* его разряжать, то клапаны *m* и *n* немедленно запираются давленіемъ сжатаго воздуха въ пространствѣ *C* и *D*. Воздухъ, нагнетаемый черезъ трубку *d*, имѣвшую каучуковый рукавъ, соединенный съ воздуходувной машиной, наполняя кессонъ, выдавливаетъ изъ него грунтовую воду, вслѣдствіе чего рабочіе, находящіеся въ пространствѣ *D*, могли работать какъ въ совершенно сухомъ грунтѣ; вода удерживалась за желѣзными стѣнками кессона. Вырытый грунтъ накладывался въ особыя, для сего приспособленныя, металлическія бадьи и подымался въ шлюзную камеру, гдѣ и высыпался въ карманы *e* и *f*, представлявшіе изъ себя тоже маленькіе шлюзы, равные объему бадьи; отсюда грунтъ выбрасывался наружу. Бадьи подымались съ помощью лебедки, поставленной снаружи, и сигналъ опускать или подымать бадью давался условнымъ постукиваніемъ въ металлическія стѣнки шлюзной камеры. Канатъ для поднятія бадьи пропускался черезъ сальникъ въ потолкѣ шлюзной камеры. Для поднятія и спуска по этой трубѣ рабочихъ внутри ея, по направленію хорды, пропускались поперечины изъ болтоваго желѣза (*r*, *r*, *r*), суживанія и для скрѣпленія трубы и какъ лѣстница для рабочихъ. Сопряженія между звеньями трубы прокладывались резиной. Одновременно съ производствомъ выемки внутри кессона производилась работа по возведенію бутовой кладки на его поверхности, что на нашемъ чертежѣ и обозначено. Подъ грузомъ этой кладки кессонъ постоянно и опускался. Труба *C* состоитъ изъ 4-хъ частей, послѣдовательно нарощенныхъ по мѣрѣ погруженія кессона и возведенія бутовой кладки. Для этой цѣли, когда кладка подходила къ горловинѣ *B*, ее вмѣстѣ со шлюзной камерой отдѣляли отъ трубы *C* и поднимали на нѣкоторую высоту; затѣмъ происходило наращиваніе трубы слѣдующимъ звеномъ и установка шлюзной камеры.

Такимъ образомъ бутовая кладка оставалась какъ бы все время на одномъ уровнѣ относительно горизонта земли, и при неоднократномъ нашемъ осмотрѣ этихъ работъ въ теченіе лѣта, онѣ производили впечатлѣніе работъ, какъ бы остановившихся и впередъ не подвигавшихся, тогда какъ каменщики усердно и поспѣшно работали.

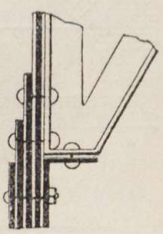
Когда наконецъ кессонъ былъ погруженъ до известковой горной породы, принятой за материкъ, то земляныя работы были прекращены и все

пространство внутри кессона заложено выведенной на цементѣ бутовой кладкой, которую вели отъ двухъ концовъ кессона къ его серединѣ, т.-е. къ трубѣ *C*. Эта бутовая кладка послужила вмѣстѣ съ тѣмъ и загражденіемъ отъ грунтовой воды и дала возможность прекратить нагнетаніе воздуха и вынуть трубу *C*, мѣсто которой, т.-е. образовавшійся колодецъ, заполнить бетонной кладкой.

Разсматривая болѣе подробно схаматическое изображеніе самаго кессона на чер. 74 и 75, мы видимъ, что онъ состоитъ изъ листовъ прокатнаго желѣза, которые въ потолкѣ расположены на поперечныхъ и продольныхъ двутавровыхъ балкахъ, а въ стѣнахъ укрѣплены консолями изъ углового желѣза. Поперечныя балки болѣе важны, такъ какъ онѣ собственно предназначены для передачи тяжести клади на консоли, пока кессонъ еще не заполненъ. Продольныя же балочки должны лишь образовать крѣпкую продольную связь.

Для того, чтобы облегчить погруженіе кессона, къ нижней его части приклепывается ножъ или рѣзецъ, состоящій изъ полосъ котельнаго желѣза и угольника (чер. 76), соединенныхъ между собой и прикрѣпленныхъ къ кессону болтами или заклепками.

Чер. 76.



Работы по устройству кессона вмѣстѣ съ бутовой кладкой продолжались не много болѣе шести недѣль, тогда какъ несомнѣнно, что при обыкновенномъ способѣ работъ, т.-е. при вырытіи котлована съ постоянной откачкой воды, съ устройствомъ распорныхъ лѣсовъ потребовалось бы значительно большее количество времени.

Кессонное основаніе можетъ быть примѣнено и при устройствѣ фабричныхъ и заводскихъ дымовыхъ трубъ.

Впервые кессонный способъ производства работъ при устройствѣ основаній былъ примѣненъ въ 1840—41 году инженеромъ Тригеромъ (Triger) во Франціи; а затѣмъ, вмѣстѣ съ усовершенствованіемъ этого способа, онъ сталъ болѣе и болѣе распространяться и въ настоящее время примѣняется довольно часто, въ особенности при постройкѣ гидротехническихъ сооруженій.

Каменные кессоны. Вмѣсто желѣза матеріаломъ для кессона можетъ служить хорошо обожженный кирпичъ или тесовый камень, сложенный на сильномъ гидравлическомъ растворѣ изъ портландскаго цемента. Для примѣра укажемъ на кессонъ, примѣненный при постройкѣ віадука въ Marmande, во Франціи, инженеромъ Сежурне (Séjourné) *).

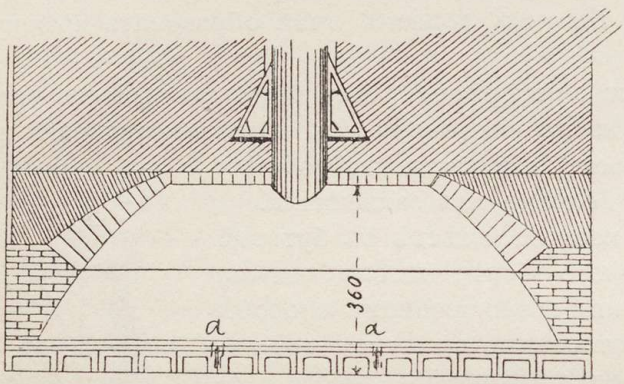
Рабочая камера, т.-е. самый кессонъ, имѣетъ прямоугольную форму въ планѣ и, какъ видно изъ чертежа 77, 78 и 79, располагается на желѣзной рамѣ; она же служитъ и ножомъ кессона. На рамѣ положено 2 ряда досокъ (чер. 80), на которыхъ выводится уже каменная кладка. Передъ положеніемъ доски смазывались съ обѣихъ сторонъ смолой, затѣмъ привинчивались къ желѣзному кольцу и конопатились. Желѣзная рама состоитъ изъ одного горизонтальнаго и двухъ вертикальныхъ листовъ толщи-

*) А. Бреннеке. Устройство основаній и фундаментовъ.

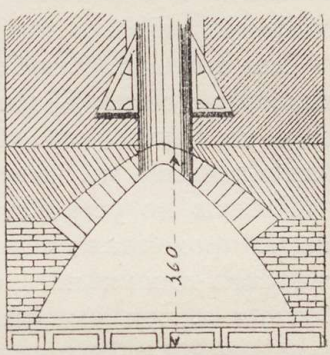
ною 10 мм., скрѣпленныхъ уголками и консолями. Кромѣ того, для уничтоженія горизонтальнаго распора отъ перекрывающаго кессона свода и отъ входящаго въ кессонъ, при его погруженіи, грунта, въ раму введены сильныя поперечныя связи (*a a*) чер. 77. До половины высоты рабочей камеры каменная кладка, для образованія сводочнаго покрытія, велась горизонтальными, постепенно свѣшивающимися рядами, а затѣмъ переходила въ стрѣльчатый сводъ изъ искусственныхъ камней (чер. 79). Пазухи сверхъ пятъ свода забучены кладкой на цементномъ растворѣ.

Вверху, нѣскодько выше свода, вставлялся для шахтовой трубы упоръ съ горизонтальной плитой, впущенной въ кладку; затѣмъ къ этой упорной

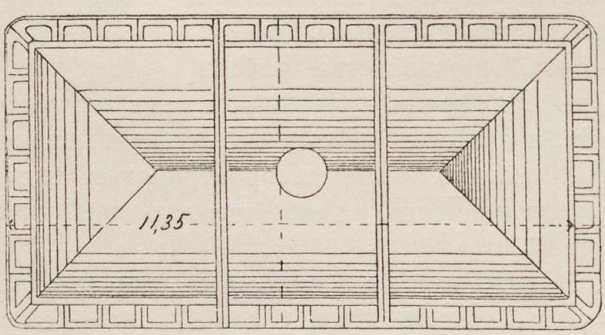
Чер. 77.



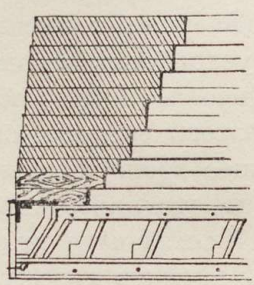
Чер. 79.



Чер. 78.



Чер. 80.



трубѣ, по мѣрѣ опусканія кессона и роста надъ нимъ каменной кладки основанія, привинчивались съемныя шахтовыя трубы. Внутри и снаружи вся поверхность кессона оштукатуривалась цементомъ, что значительно повышаетъ плотность кессона и его непроницаемость для воздуха. Сежурне на той же постройкѣ примѣнилъ и желѣзный кассонъ и такимъ образомъ имѣлъ возможность при одинаковыхъ условіяхъ сравнить достоинства той и другой конструкціи, при чемъ оказалось, что въ каменномъ кессонѣ потеря воздуха была значительно меньше, чѣмъ въ желѣзномъ.

Все производство работъ по погруженію кессона и по устройству на немъ основанія совершенно сходно съ таковыми же при примѣненіи желѣзнаго кессона.

Деревянные кессоны. Во многихъ мѣстностяхъ Америки, гдѣ дерево дешево, а камень и желѣзо дороги, примѣняютъ за послѣднее время деревянные кессоны, стѣнки и потолокъ коихъ состоятъ изъ горизонтально положенныхъ дубовыхъ брусьевъ, при чемъ для потолка ихъ укладывается нѣсколько рядовъ. Для большей непроницаемости стѣнки проконопачиваются на глубинѣ 15 см. и окрашиваются изъ нутра смолой съ масломъ, а между сплошными горизонтальными рядами брусьевъ на потолкѣ укладывается сплошной цинковый листъ. Ножъ кессона дѣлается изъ желѣза или изъ чугуна.

Въ настоящее время деревянные кессоны примѣняются и въ Германіи.

Одно изъ неудобствъ деревянныхъ кессоновъ заключается въ ихъ воспламеняемости. Такъ, наприм., деревянный кессонъ моста черезъ рѣку East-River въ Нью-Іоркѣ загорался во время опусканія 7 разъ, при чемъ одинъ изъ такихъ пожаровъ можно было потушить только тѣмъ, что кессонъ на нѣсколько дней затопляли водой.

При постройкѣ Сибирской ж. д. были примѣняемы деревянно-бетонные кессоны особой конструкціи нашего инженера Е. К. Кнорре, весьма удачно придуманные и оказавшіеся, по крайней мѣрѣ для той мѣстности, дешевле желѣзныхъ. Къ сожалѣнію, въ настоящемъ курсѣ не мѣсто входить въ подробное описаніе и расчетъ кессонныхъ основаній вообще, поэтому мы ограничимся лишь нѣсколькими общими указаніями.

Кессонъ инженера Кнорре отличается отъ американскихъ деревянныхъ кессоновъ тѣмъ, что его стѣны состоятъ изъ ряда вертикально-поставленныхъ стоекъ, а грузъ потолка воспринимается и передается на эти стѣны посредствомъ брусчатыхъ деревянныхъ консолей. Потолокъ устроенъ двойной и заполненъ цементнымъ бетономъ. Такое же заполненіе введено между наружной стѣной и внутренней досчатой обшивкой. Въ пожарномъ отношеніи опасность значительно уменьшается тѣмъ, что всѣ щели заполняются жидкимъ цементнымъ бетономъ. Слѣдуетъ замѣтить, что дерево, какъ матеріалъ для кессоновъ, имѣетъ еще то преимущество передъ желѣзомъ, что въ прѣсной водѣ сохраняется неопредѣленно долгое время, тогда какъ желѣзо, ржавѣетъ.

Подробности объ устройствѣ деревянныхъ кессоновъ можно найти у А. Бреннеке: „Устройство основаній и фундаментовъ“ пер. А. И. Никольскаго.

Dr. Pott въ Англіи, еще въ 1843 году, предложилъ пневматическій способъ устройства фундаментовъ, основанный не на сгущеніи воздуха, а на обратномъ принципѣ, на его разряженіи. Онъ состоитъ въ погруженіи съ помощью атмосфернаго давленія желѣзныхъ полыхъ цилиндровъ путемъ выкачиванія изъ нихъ воздуха. Такой цилиндръ, снизу открытый, а сверху имѣвшій клапанъ съ герметическимъ затворомъ, устанавливался въ опредѣленномъ мѣстѣ и первоначально погружался въ землю отъ дѣйствія собственной тяжести. Затѣмъ закрываютъ верхній клапанъ и начинаютъ выкачивать изъ цилиндра воздухъ; при этомъ труба погружалась, во-1-хъ, отъ дѣйствія атмосфернаго давленія, а во-2-хъ, отъ разрыхленія грунта, вслѣдствіе притока грунтовой воды въ разрѣженное пространство внутри цилиндра.

Въ слабый разжиженный грунтъ такіе пневматическіе цилиндры погружаются

довольно легко, въ особенности при дѣйствіи, кромѣ атмосфернаго давленія, еще искусственной нагрузки; но при этомъ необходимо время отъ времени открывать верхній затворъ, выкачивать изъ цилиндра воду и вычерпывать грязь; послѣ чего закрыть и снова начинать выкачиваніе воздуха. Операпію эту повторяютъ до тѣхъ поръ, пока цилиндръ не станетъ на твердый грунтъ.

§ 7.

Второй случай при грунтахъ 3-го разряда. Если подъ грунтомъ 3-го разряда залегаетъ материкъ на неопредѣленной глубинѣ или на глубинѣ слишкомъ значительной, переходящей извѣстную норму (приблизительно отъ 5 до 6 саж.), то примѣненіе описанныхъ конструкцій основанія, имѣющихъ цѣлью передать грузъ строенія на материкъ, является или невозможнымъ, или слишкомъ дорогимъ. Въ подобныхъ случаяхъ приходится примѣнять такіе способы, которые давали бы возможность приспособленія, имѣющагося слабаго грунта къ воспринятію груза строенія, искусственно увеличить его плотность и придать ему коэффиціентъ сопротивленія сжатію, требуемый сооруженіемъ. Если же надлежащаго уплотненія достигнуть неудобно или слишкомъ дорого, то тогда необходимо вынуть на извѣстную глубину слабый грунтъ и замѣнить его новымъ, лучшаго и равномѣрнаго качества. Наконецъ если и этого недостаточно, то можно употребить и тотъ и другой способъ, т.-е. сначала на извѣстной глубинѣ уплотнить слабый грунтъ, а затѣмъ насыпать на него слой новаго, болѣе плотнаго несжимаемаго грунта, на который и передать непосредственно грузъ фундамента.

а) Уплотненіе подошвы фундамента можетъ быть достигнуто въ различной степени различными способами.

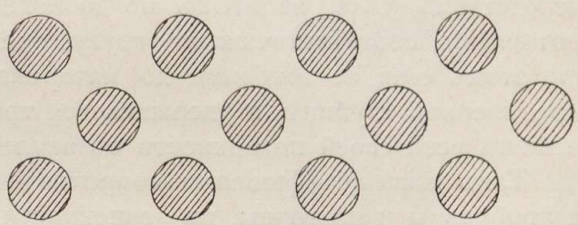
При зданіяхъ незначительнаго вѣса сопротивленіе грунта можетъ быть увеличено втрамбованіемъ въ подошву фундамента кирпичнаго или каменнаго щебня. Для этой цѣли на дно рва или котлована вырытаго на извѣстную глубину для фундамента и выравненнаго подъ ватерпасъ, насыпаютъ слой щебня толщиною не болѣе 10—12 см. и ручными трамбовками уколачиваютъ его до тѣхъ поръ, пока онъ не войдетъ въ слабый грунтъ и не начнетъ разбиваться подъ ударами трамбовки. Если одинъ такой слой втрамбованъ и щебень еще не разбивается, а лишь погружается въ грунтъ, то насыпаютъ новый слой щебня и продолжаютъ трамбованіе. Если имѣется грунтовая вода, то ее удаляютъ откачкой и тогда каждый втрамбованный слой заливаютъ гидравлическимъ растворомъ.

Въ этомъ отношеніи были произведены интересныя испытанія инженеромъ Левачевымъ при постройкѣ основанія подъ террасу при храмѣ Христа Спасителя въ Москвѣ. Работы производились близъ берега рѣки Москвы, гдѣ грунтъ оказался на весьма значительную глубину наносный и насыпной, съ сопротивленіемъ въ 0,5 кг. на кв. см.; послѣ втрамбованія щебня его сопротивленіе увеличилось въ 2 раза и равнялось 1 кг., что и было принято въ основаніе разсчетовъ по опредѣленію размѣровъ подошвы.

b) Уплотненіе грунта ниже горизонта грунтовыхъ водъ можетъ быть достигнуто забивкой свай частокомъ на разстояніи 1 или 2 діаметровъ одна отъ другой, въ шахматномъ порядкѣ (чер. 81) по всей площади подошвы основанія; этимъ достигается уплотненіе слоя на глубину равную длинѣ сваи. Между коренными сваями забиваются иногда еще промежуточныя сваи на глубину, на сколько онѣ войдутъ въ уплотненный грунтъ до отказа. Эти сваи носятъ названіе коротышей и имѣютъ различную длину.

Фундаментъ Исакіевскаго собора въ Петербургѣ основанъ на грунтѣ, уплотненномъ забивкой свай частокомъ. Такое же укрѣпленіе подошвы сдѣлано и подъ фундаментомъ Большого театра въ Москвѣ, но съ введеніемъ коротышей. Нѣсколько лѣтъ тому назадъ при изслѣдованіи появленія трещинъ въ стѣнахъ театра оказалось, что головы этихъ свай, вслѣдствіе пониженія грунтовыхъ водъ, сгнили и фундаментъ далъ осадку. Для приведенія всего зданія въ состояніе надлежащей устойчивости пришлось спиливать сваи и подводить по частямъ новый фундаментъ.

Чер. 81.



Отъ забивки свай въ близкомъ разстояніи другъ отъ друга происходитъ сжатіе частицъ грунта, такъ что грунтъ сверху выпучивается. Этотъ разрыхленный слой вынимаютъ, вершины свай спиливаются подъ одинъ уровень и промежутки между ними заполняются каменнымъ или кирпичнымъ щебнемъ съ заливкою гидравлическимъ растворомъ. На укрѣпленной такимъ образомъ подошвѣ приступаютъ къ каменной кладкѣ фундамента.

Въ одной изъ мѣстностей Парижа, въ которой встрѣтился слабый наносный и насыпной грунтъ толщиною отъ 10—12 метр. при отсутствіи грунтовой воды, французскій инженеръ Dulac примѣнилъ остроумный способъ уплотненія грунта, состоящій въ слѣдующемъ: съ помощью паденія на грунтъ особой конической тяжелой бабы онъ устроилъ рядъ колодцевъ, которые затѣмъ были заполнены тощимъ бетономъ, чѣмъ и было достигнуто уплотненіе грунта и подготовка подошвы. Первоначально, на разстояніи 1,2 метр. центръ отъ центра вдавливались въ грунтъ на глубину около 10 метровъ колодцы, каждый въ діаметрѣ 0,8 метр., съ помощью ударовъ конической, внутри съ пустотой, бабы, вѣсомъ въ 1.500 кг. и падающей съ высоты 10—12 метр. Коперъ работалъ паромъ и при каждомъ паденіи баба углублялась въ грунтъ на 0, 4 метр. Зацѣпленіе и отцѣпленіе бабы было автоматическое. Когда колодецъ готовъ, то его заполняли слоями щебня, заливали растворомъ, продолжая трамбованіе, но уже бабой другой формы, въ видѣ гранаты (гранатообразной), вѣсомъ въ 1.000 кг. При этомъ слои щебня вдавливались въ стѣнки колодца, вслѣдствіе чего діаметръ его почти на 40 см. увеличивается и промежутки между колодцами соотвѣтственно уменьшались. Это вдавливаніе щебня въ грунтъ еще болѣе его уплотняетъ, и весь грунтъ на глубину колодцевъ превращается въ одну сплошную массу тощаго бетона. Когда баба вѣсомъ въ одну тонну, падая съ высоты 10 м. на площадь около 3.000 см^2.,

не производила осадки, то такое напряженіе грунта принималось за достаточное для предполагаемаго зданія въ 5 этажей.

Верхнія части столбовъ связываются въ одно цѣлое сплошнымъ бетоннымъ слоемъ, на которомъ уже возводится кладка фундамента. Зданіе, съ такимъ укрѣпленіемъ подошвы построенное въ 1894 году, до сихъ поръ не дало ни малѣйшей осадки.

Затѣмъ такой же способъ устройства былъ примѣненъ и въ другихъ мѣстностяхъ Парижа, гдѣ обнаружился слабый грунтъ, при чемъ, вслѣдствіе меньшаго груза самыхъ зданій, глубина колодцевъ ограничивалась отъ 1,5 до 2 мет. и баба употреблялась вѣсомъ не въ $1^1/_2$, а въ 1 тону.

Вообще въ Парижѣ за материкъ для грузныхъ многоэтажныхъ строеній принимается такой, котораго споротивленіе равно отъ 3 до 7 килог. на кв. см.

Уплотненіе грунтовъ изъ мелкаго песка, пропитаннаго водою, можетъ быть достигнуто введеніемъ въ грунтъ на извѣстную толщину цементнаго раствора. Такъ въ 1893 году Robert Harris въ Америкѣ взялъ привилегію на уплотненіе грунта изъ плывучаго песка съ помощью впрыскиванія въ него цементнаго раствора. Насколько такой пріемъ достигаетъ своей цѣли и съ какимъ связанъ расходомъ, остается еще неизслѣдованнымъ.

c) **Свайное основаніе**. Вѣсъ строенія можетъ быть переданъ грунту посредствомъ свай, забитыхъ не до полнаго отказа, а до извѣстнаго сопротивленія, соотвѣтствующаго грузу, предполагаемому на каждую сваю. При этомъ свая не доходитъ до материка, который располагается на неопредѣленной глубинѣ, а удерживается треніемъ о мягкій грунтъ или сцѣпленіемъ всей своей поверхности съ землей.

Такъ какъ коэффиціенты сопротивленія подобнаго рода свай весьма разнообразны и не точны, въ зависимости отъ качества грунта, то въ подобныхъ случаяхъ или производятъ испытаніе грунта пробной сваей, или руководствуются практическими правилами, имѣющими всегда большой запасъ. Такъ, по опытамъ во Франціи, на голову каждой такой сваи нагрузка не должна превышать 4 пуд. на каждый квадратный футъ поверхности, погруженной въ грунтъ. Ренкинъ полагаетъ для свай, удерживаемыхъ треніемъ о грунтъ, $5^1/_2$ пудовъ на 1 кв. д. площади поперечнаго сѣченія головы свай. Слѣдовательно, для сваи діаметромъ 12″, при площади поперечнаго сѣченія равной 113 кв. д., можетъ быть предназначенъ грузъ, по проекту, въ 621 пудъ. Во всякомъ случаѣ этотъ коэффиціентъ долженъ быть провѣренъ вбиваніемъ пробныхъ свай въ нѣсколькихъ мѣстахъ испытуемаго грунта.

Для опредѣленія той нагрузки, которую въ состояніи выдержать свая, руководствуются формулой Брикса. Положимъ, что путемъ забивки пробной сваи мы получили слѣдующія данныя: число ударовъ $n=20$, погруженіе отъ послѣдняго удара $=h=2''$, высота H подъема бабы$=42''$, вѣсъ ея $Q=24$ пуд. и вѣсъ сваи $G=12$ пудамъ; въ такомъ случаѣ безопасная нагрузка на сваю, по формулѣ Брикса, равна:

$$P=\frac{nHG}{5h}\left(\frac{Q}{Q+G}\right)^2=\frac{20\,.\,42\,.\,12}{5\,.\,2}\left(\frac{24}{24+12}\right)^2=438 \text{ пуд.}\ ^*)$$

*) Можно принять и болѣе простую формулу $p=\frac{nQH}{h}\times\frac{1}{25}$.

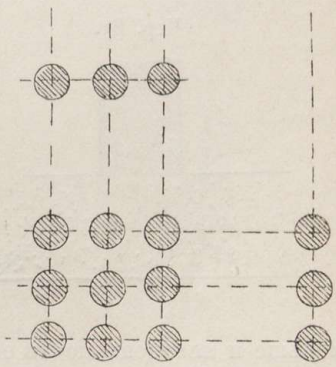
Въ Америкѣ для цѣлей устройства основаній на сваяхъ, забитыхъ не до материка, пользуются нѣсколько иной, болѣе сокращенной формулой, а именно: $P = \frac{QH}{h + 2,5}$; если въ это выраженіе вставить тѣ же величины, то получимъ:

$$P = \frac{24 \cdot 42}{2 + 2,5} = 224 \text{ пуд.}$$

Слѣдовательно, въ этомъ случаѣ получается большій запасъ прочности.

Въ этой формулѣ величины Q и H, а также и коэффиціентъ равный 2,5, остаются постоянными; измѣняться можетъ только величина h, которая задается и, въ нашемъ примѣрѣ, не должна превышать 2″, опредѣленныхъ пробной сваей. Если величина h при производствѣ работъ оказывается больше заданной, то тогда берутъ сваю бо́льшей длины или большаго діаметра. Наконецъ, такъ какъ при увеличеніи h величина P уменьшается, то можно, не измѣняя размѣровъ свай, увеличить ихъ число, которое опредѣлится, раздѣляя грузъ строенія P_0 на P, т.-е. $\frac{P_0}{P} = n$.

Чер. 82.



Сваи располагаются правильными рядами (черт. 82) такъ, чтобы на нихъ было удобно нарубить деревянный ростверкъ или расположить бетонный слой, какъ это было указано выше при описаніи устройства основанія на сваяхъ, забитыхъ до материка.

При отсутствіи воды деревянныя сваи могутъ быть замѣнены винтовыми.

d) Песчаное основаніе. Выше было уже упомянуто, что всякій, даже очень слабый грунтъ можетъ однако служить надежнымъ основаніемъ, если грузъ строенія передать на уширенную поверхность и этимъ настолько уменьшить давленіе на квадратную единицу подошвы, насколько это необходимо, чтобы достигнуть равновѣсія между сопротивленіемъ грунта и грузомъ строенія на ту же единицу и этимъ достигнуть полной устойчивости сооруженія. Слѣдовательно, въ подобныхъ случаяхъ приходится дѣлать возможно большее уширеніе, а вмѣстѣ съ тѣмъ и углубленіе фундамента. Очевидно, что увеличивать кладку фундамента не расчетъ, но цѣль эта можетъ быть достигнута сплошнымъ вынутіемъ слабаго грунта на извѣстную глубину подъ всей площадью основанія и замѣною его новымъ, лучшаго качества и способнаго передать воспринимаемое давленіе на большую площадь слабаго грунта, чѣмъ площадь фундамента.

Разсматривая свойства песка, мы видимъ, что въ чистомъ состояніи, при средней крупности, онъ какъ нельзя болѣе подходитъ для этой цѣли.

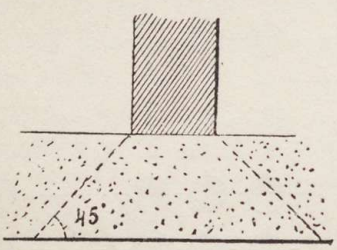
При изученіи строительныхъ матеріаловъ было упомянуто, что песокъ имѣетъ способность образовать сводики и передавать давленіе на стѣнки. Это свойство справедливо только при производствѣ опытовъ въ сосудахъ незначительныхъ измѣреній. По опытамъ капитана Niel'a песокъ хотя и не образуетъ сводики на большихъ разстояніяхъ, но свойство это обнаруживается, когда незначительная часть дна уступаетъ

и въ такомъ случаѣ оно (свойство) содѣйствуетъ равномѣрной передачѣ давленія, перенося его на части болѣе крѣпкія того же дна. Если грунтъ, на которомъ лежитъ слой песку подается неравномѣрно, то песокъ по своей несжимаемости, хотя давимый неравномѣрно въ верхней своей поверхности, измѣняетъ свой видъ такимъ образомъ, что на площади грунта устанавливается равновѣсіе.

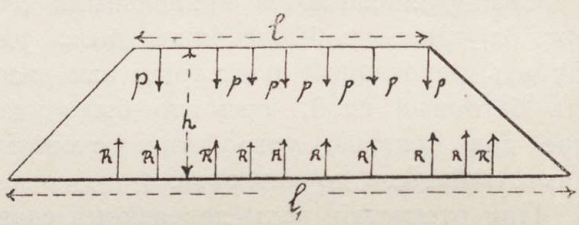
По опытамъ Гагена можно принять, что давленіе песчанаго слоя, въ сухомъ его состояніи, не заключеннаго въ искусственныя стѣнки, простирается въ стороны подъ угломъ 45^0 (черт. 83), а при пескѣ, расположенномъ въ водѣ,—подъ угломъ 24^0, при этомъ, будучи нагруженъ, свѣженасыпанный песокъ даетъ нѣкоторое сжатіе, но затѣмъ, когда песчинки уложатся совершенно плотно, то представляетъ изъ себя хотя и сыпучее, но совершенно несжимаемое тѣло.

Кромѣ того, по опытамъ того же ученаго оказывается, что при постепенномъ увеличеніи слоя песка, первоначально увеличивается и давленіе на подошву насыпи, но затѣмъ, при дальнѣйшей насыпкѣ, это приращеніе давленія будетъ все меньше и

Чер. 83.



Чер. 84.



меньше и наконецъ почти совершенно прекращается, какъ бы разсѣивается. За этимъ предѣломъ толщины песчанаго слоя дальнѣйшее увеличеніе его не измѣняетъ давленія на подошву насыпи,—оно остается постояннымъ.

Итакъ, слѣдовательно, главныя выгоды песка заключаются въ его несжимаемости и въ равномѣрной передачи давленія на бо́льшую площадь. Поэтому при грунтахъ, о которыхъ идетъ рѣчь, примѣненіе песка, какъ матеріала для устройства подошвы основанія, имѣетъ существенное преимущество.

Такъ какъ уголъ откоса, по которому песокъ передаетъ принимаемое на себя давленіе, равенъ 45^0, то заложеніе откоса должно быть равно его высотѣ, поэтому толщина песчанаго слоя найдется изъ уравненія

$$h = \frac{l_1 - l}{2} \text{ (черт. 84).}$$

Здѣсь l—верхняя ширина слоя, а l_1—нижняя. Послѣдняя опредѣляется въ зависимости отъ груза строенія P на квадр. единицу и коэффиціента сопротивленія грунта R, изъ уравненія

$$l_1 R = Pl,$$

откуда

$$l_1 = \frac{Pl}{R}.$$

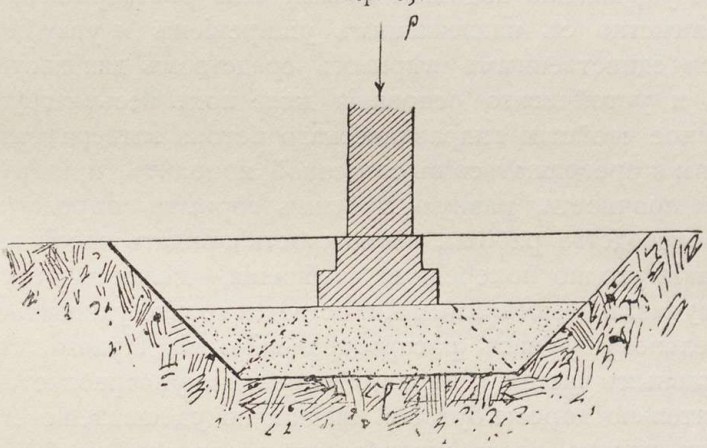
Слѣдовательно, h, высота песчаннаго слоя, равна

$$h = \frac{1}{2} l \left(\frac{P}{R} - 1 \right).$$

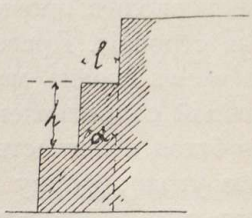
Тамъ, гдѣ имѣются текучія грунтовыя воды, песчаное основаніе во избѣжаніе подмыва его, должно быть окружено шпунтовыми стѣнками или глиняными перемычками. Но лучше, въ подобныхъ случаяхъ, примѣнять бетонное основаніе. Въ грунтахъ съ неподвижной грунтовой водой песчаное основаніе можетъ быть примѣнено съ полнымъ успѣхомъ. Смачиваніе песка и откачка воды не только не вредитъ, но, напротивъ, способствуетъ болѣе плотному укладыванію песка и бо́льшей его несжимаемости.

При производствѣ песчанаго основанія необходимо имѣть въ виду, что свѣженасыпанный слой песка, подъ вліяніемъ нагрузки фундаментомъ будущаго сооруженія, неминуемо дастъ осадку и тѣмъ большую, чѣмъ

Чер. 85.



Чер. 85 а.



больше толщина слоя, поэтому необходимо работу производить, насыпая песокъ слоями толщиною не болѣе 5—6 верш., обильно поливая ихъ водой, и утрамбовывать или укатывать каждый слой каткомъ. Матеріаломъ для песчанаго основанія долженъ быть по возможности крупный и совершенно чистый песокъ. Примѣсь глины даетъ неравномѣрную и значительную осадку.

Такъ какъ величина l_1, ширина нижняго основанія песчанаго слоя, выводится въ зависимости отъ R, которое въ слабыхъ грунтахъ можетъ быть очень незначительно, вслѣдствіе чего потребуется очень большая глубина песчанаго основанія, то, съ цѣлью уменьшенія этой глубины, увеличиваютъ l, т.-е. ширину верхняго основанія песчанаго слоя. Для этой цѣли фундаментъ ведутъ уступами, какъ показано на черт. 85.

Что касается размѣровъ уступовъ или уширеній фундамента, то ширина ихъ l (черт. 85а) должна быть въ извѣстномъ опредѣленномъ отношеніи къ ихъ высотѣ h и не переходить извѣстнаго предѣла; практически этотъ предѣлъ не долженъ переходить $^1/_2$, т.-е. уголъ α не долженъ быть

болѣе 27^0. Мы уже упоминали о томъ, что уширеніе должно быть въ предѣлахъ угла въ 25^0 къ вертикальной линіи.

Увеличивая R, можно также уменьшить h.

Это достигается уплотненіемъ подошвы подъ песчаной насыпью однимъ изъ способовъ, указанныхъ выше, такъ, напримѣръ, втрамбованіемъ кирпичнаго или каменнаго щебня. Терраса при храмѣ Христа Спасителя въ Москвѣ устроена на песчаномъ основаніе, при чемъ подошва насыпи, т.-е. дно вырытаго котлована, была уплотнена втрамбованіемъ каменнаго щебня, чѣмъ было достигнуто увеличеніе сопротивленія грунта въ 2 раза противъ неуплотненнаго грунта; при всемъ этомъ высота песчанаго основанія все же потребовалась въ $1^1/_2$ саж.

е) Бетонное основаніе. Нерѣдко устройство основаній въ слабомъ грунтѣ, въ особенности въ случаѣ отсутствія на извѣстной глубинѣ постоянныхъ грунтовыхъ водъ, ниже горизонта которыхъ возможно было бы заложить деревянное укрѣпленіе подошвы сваями или ростверкомъ,—бетонный слой, совмѣстно съ надлежащимъ уширеніемъ и углубленіемъ подошвы, является единственнымъ вѣрнымъ средствомъ для достиженія вполнѣ прочнаго и устойчиваго основанія даже подъ весьма грузныя строенія. Драгоцѣнное свойство гидравлическаго бетона затвердѣвать во всемъ своемъ массивѣ и превращаться въ сплошной монолитъ, пріобрѣтающій сопротивленіе и прочность, равную многимъ горнымъ породамъ, удобство и легкость производства работы, возможность придать массѣ какую угодно форму и какія угодно поперечныя измѣренія,—дѣлаютъ этотъ матеріалъ во многихъ случаяхъ незамѣнимымъ, и остается только удивляться сравнительно незначительному у насъ распространенію его. Правда, что при той пропорціи составныхъ частей, которая обыкновенно употребляется, стоимость бетона значительно дороже бутовой кладки, но удешевленіе его весьма возможно, стоитъ только, не въ ущербъ его прочности, измѣнить пропорцію составныхъ частей, т.-е. уменьшить количество входящаго въ его составъ дорого стоящаго цемента. Остальные матеріалы, входящіе въ составъ бетона, принадлежатъ къ числу очень недорогихъ, а иногда имѣются въ распоряженіи строителя за $^1/_{10}$ часть ихъ стоимости. Напримѣръ: щебень оставшійся отъ разборки старыхъ зданій, песокъ хорошаго качества, добываемый поблизости и проч. На 2-мъ съѣздѣ зодчихъ въ Москвѣ проф. Бѣлелюбскій, въ своемъ докладѣ объ испытаніи строительныхъ матеріаловъ, коснулся вопросовъ о составленіи тощихъ, а слѣдовательно и наиболѣе дешевыхъ, цементныхъ растворовъ съ помощью смѣси разной крупности песка съ цементомъ, при чемъ сопротивленія этихъ тощихъ растворовъ, при извѣстной пропорціи составныхъ частей, не уступаютъ, по его наблюденіямъ, дорого стоящимъ жирнымъ растворамъ. То же что объ растворахъ можетъ быть сказано и по отношенію къ бетону, такъ какъ здѣсь ту роль, которую играетъ чистый цементъ въ растворѣ, сцѣпляя частицы песка, исполняетъ цементный растворъ или, вѣрнѣе, та смѣсь цемента съ пескомъ, которая входитъ въ составъ бетона.

Бетонъ есть конгломератъ, состоящій изъ кирпичнаго или каменнаго

щебня съ промежутками, заполненными цементнымъ растворомъ, служащимъ связью между отдѣльными щебенками. Крѣпость бетона зависитъ отъ крѣпости и силы сцѣпленія со щебнемъ затвердѣвшаго раствора, такъ какъ крѣпость самой щебенки, въ особенности, если она приготовлена изъ естественнаго камня, можетъ быть принята a priori достаточной. На этомъ основаніи, при провѣркѣ крѣпости приготовленнаго бетона, всегда испытывается сила сцѣпленія ис опротивленіе давленію только цементнаго раствора, входящаго въ его составъ.

Итакъ, все удешевленіе бетона должно заключаться, главнымъ образомъ, во-1-хъ, въ составленіи не въ ущербъ прочности наиболѣе тощаго цементнаго раствора съ пескомъ разной крупности, и, во 2-хъ, въ уменьшеніи промежутковъ или пустотъ между щебенками, а это уменьшеніе, такъ же какъ и въ растворахъ, достигается путемъ приготовленія бетона изъ щебня разной величины, гдѣ крупные промежутки заполняются болѣе мелкимъ щебнемъ, между которымъ помѣщается щебень еще болѣе мелкій. Въ этомъ отношеніи мы находимъ чрезвычайно интересныя свѣдѣнія въ нѣмецкой технической литературѣ. Такъ Dyckerhoff производилъ испытаніе бетонныхъ брусковъ, приготовленныхъ изъ смѣси портландскаго цемента, песка и каменнаго щебня, крупность котораго примѣнялась въ предѣлахъ отъ 5 до 30 мм. Пробы подвергались первый день затвердѣванію на воздухѣ, съ надлежащимъ предохраненіемъ бетона отъ высыханія, а затѣмъ 27 дней въ водѣ. При этомъ получились слѣдующіе результаты (табл. 4.):

Таблица IV.

Пропорція составныхъ частей по объему.				Сопротивл. раздробленію.	
	Цементъ.	Песокъ.	Щебень.	На 1 кв. сант. въ килогр.	На 1 кв. д. въ пудахъ.
Бетонъ № 1.	1	2	3	196,2	78,48
„ № 2	1	2	5	170,5	68,20
Растворъ № 1.	1	2	—	151,8	60,72
Бетонъ № 3.	1	3	5	116,6	56,64
Растворъ № 2.	1	3	—	98,8	39,52
Бетонъ № 4.	1	4	5	90,6	36,24
„ № 5.	1	4	$8^1/_2$	86,0	34,40
Растворъ № 3.	1	4	—	75,2	30,08
Бетонъ № 6.	1	—	5	69,9	27,96

Изъ этой таблицы мы видимъ:

1) Что хорошо приготовленный бетонъ имѣетъ нѣсколько большее сопротивленіе, чѣмъ даже растворъ, въ составъ его входящій (бетонъ №№ 1 и 2 и растворъ № 1).

2) Что бетонъ, составленный изъ щебня и чистаго цемента, раствора безъ примѣси песка, имѣетъ меньшее сопротивленіе, чѣмъ съ пескомъ (бетонъ №№ 4 и 6); это объясняется тѣмъ, что пустоты и мѣста соприкосновенія между щебенками не заполняются растворомъ, котораго для этой цѣли недостаточно.

Очевидно, если бы мы взяли такой объемъ чистаго цементнаго раствора, какой необходимъ для заполненія промежутковъ между щебенками, то получили бы очень крѣпкую массу, но для этого необходимо на 1 объемъ щебня не $^1/_3$, а почти $^1/_2$ объема цементнаго раствора, что представляетъ очень дорогую смѣсь.

3) Уменьшеніе примѣси щебня до извѣстнаго предѣла—не экономично, такъ какъ при этомъ крѣпость увеличивается незначительно, тогда какъ стоимость увеличивается въ значительно большей степени. Это больше всего бросается въ глаза изъ сравненія бетоновъ №№ 4 и 5 (1+4+5 и 1+4+$8^1/_2$), гдѣ послѣдняя смѣсь, несмотря на значительное количество щебня, имѣетъ весьма малую разницу въ крѣпости сравнительно съ дорого стоящимъ бетономъ № 4.

Далѣе, тотъ же ученый, для того, чтобы испытанія ближе подходили къ условіямъ приготовленія бетонныхъ массивовъ на практикѣ, приготовилъ образцы пробъ длиною одинъ метръ изъ бетона, со щебнемъ различной крупности отъ 5 до 45 мм., при чемъ объемъ пустотъ такого щебня = 50% отъ своего объема. Испытанія надъ этими пробами, затвердѣвшими на открытомъ воздухѣ въ теченіе 7 мѣсяцевъ, дали слѣдующіе результаты (табл. 5):

Таблица V.

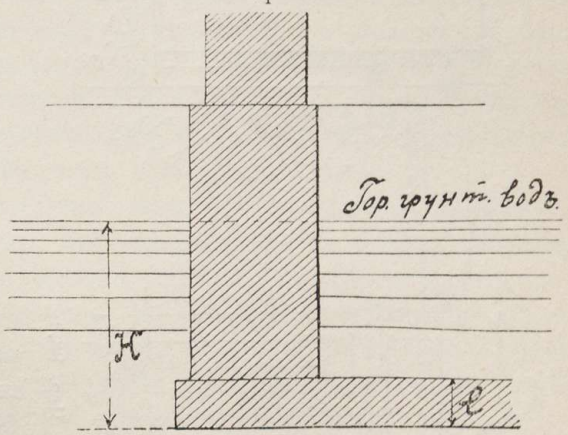
Пропорція составныхъ частей по объему.				Сопротивл. на сжатіе.	
	Цементъ.	Песокъ.	Щебень.	На 1 кв. сант. въ килогр.	На 1 кв. д. въ пудахъ.
Бетонъ № 1 . .	1	3	6	140,0	56,0
„ № 2 . .	1	4	8	121,2	48,48
„ № 3 . .	1	5	10	94,1	37,64

Изъ этой таблицы мы видимъ, что даже при составѣ бетона, въ которомъ цементъ составляетъ 16-ю часть отъ всего объема, сопротивленіе его чрезъ 7 мѣсяцевъ затвердѣванія на воздухѣ—37,64 пуда на кв. д., т.-е. болѣе средней нормы сопротивленія московскаго кирпича, такъ какъ при испытаніи въ Московскомъ Архитектурномъ Обществѣ только машинный кирпичъ завода Якунчикова далъ 50 пудовъ на кв. д.; остальные заводы отъ 25 до 35 пудовъ, не болѣе. Кладка изъ такого кирпича на известковомъ растворѣ даетъ сопротивленіе не болѣе 12 пуд. на кв. д.

Толщина бетоннаго слоя зависитъ отъ груза строенія, отъ равномѣрности распредѣленія давленія частей сооруженія, отъ однород-

ности грунта и отъ состава самаго бетона. Эта толщина для обыкновенныхъ гражданскихъ сооруженій измѣняется отъ 0,25 до 0,50 сажени и болѣе. Прочное сопротивленіе бетона на переломъ принимается отъ 3-хъ до 5 кг. на кв. см., если составъ его—5 частей песку, 1 ч. цемента и 5 ч. кирп. щебня. Коэффиціентъ на сжатіе, какъ мы видимъ изъ табл. 4 и 5, измѣняется въ зависимости отъ твердости щебня и состава самаго раствора *). Если бетонъ долженъ служить водонепроницаемымъ дномъ, подверженнымъ дѣйствію напора грунтовыхъ водъ, то его толщина опредѣляется изъ ур—нія: $H = e\gamma$, откуда $e = \frac{H}{\gamma}$; здѣсь (черт. 86) H — высота напора грунтовыхъ водъ, давящихъ на кв. ед. бетоннаго слоя, e— толщина этого слоя и γ— относительный вѣсъ бетона, принимаемый $= 2$. Такъ какъ вода при просачиваніи черезъ грунтъ встрѣчаетъ препятствія вслѣдствіе сопротивленія между частицами грунта, то является соотвѣтствующая потеря напора, которая принимается $= {}^1/_2$, слѣд., $e = \frac{H}{2\gamma}$.

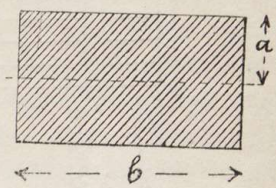
Чер. 86.



Обрѣзы бетоннаго слоя принимаются отъ ${}^1/_2$ до ${}^3/_4$ высоты всего слоя.

Въ Ротердамѣ и другихъ городахъ Голландіи, отличающихся слабымъ грунтомъ, бетонныя основанія чрезвычайно распространены и дѣлаются весьма значительной толщины и ширины, съ большими обрѣзами, что обусловливаетъ равномѣрную осадку строенія, хотя, можетъ быть, и очень значительную. Неравномѣрная нагрузка или неоднородность самаго грунта можетъ вызвать ломающіе моменты фундамента.

Чер. 87.

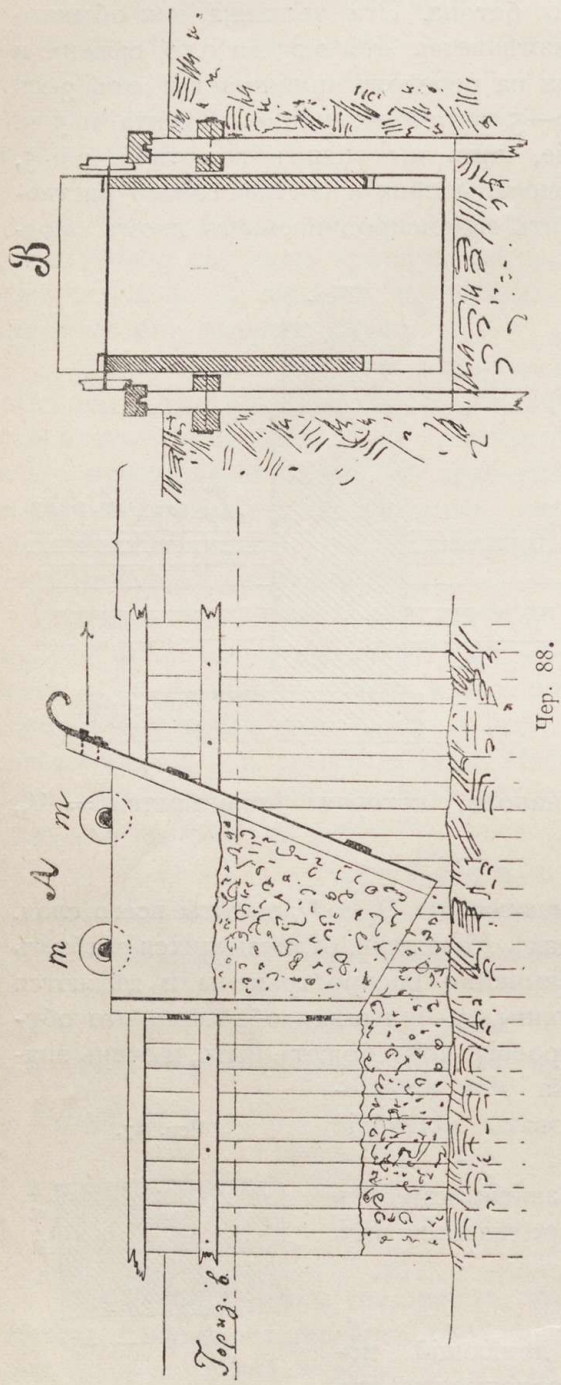


Толщина бетоннаго слоя, въ зависимости отъ его сопротивленія на переломъ, опредѣляется изъ ур—нія:

$$M\max \leqq \frac{I}{a} R,$$

здѣсь M max есть наибольшій ломающій моментъ, который опредѣляется въ зависимости отъ плана зданія, расположенія сосредоточенныхъ грузовъ и болѣе слабыхъ частей грунта; I — моментъ инерціи поперечнаго сѣченія бетоннаго слоя, при чемъ, если поперечное сѣченіе его прямоугольно (чер. 87), что въ большинствѣ случаевъ и бываетъ, то $I = \frac{bh^3}{12}$, гдѣ h—высота, а

*) Если принять составъ бетона 1:3:5, то сопротивленіе его на сжатіе, считая восьмикратную прочность, можетъ быть принято $= 12$ кг. на см.



Чер. 88.

b — ширина слоя; a = разстоянію отъ наиболѣе растянутаго слоя до нейтральной оси, проходящей чрезъ центръ тяжести поперечнаго сѣченія и $= \frac{h}{2}$; R — прочное сопротивленіе матеріала на разрывъ. Если $b = 1$, то $I = \frac{h^3}{12}$ и вышеприведенная формула получитъ слѣдующій видъ:

$$\frac{I}{a} = \frac{M\,\text{max.}}{R} = \frac{h^3 2}{12h} = \frac{h^2}{6},$$

откуда

$$h = \sqrt{\frac{6M\,\text{max.}}{R}}.$$

Что касается самого производства работъ по устройству бетоннаго основанія, то въ этомъ отношеніи точность и правильность работъ имѣетъ громадное значеніе. Необходимо тщательно перемѣшивать составныя части бетонной массы, а затѣмъ наносить на приготовленную подошву слоями не болѣе 4—5 верш. толщиной и плотно утрамбовывать, такъ какъ при большей толщинѣ слоевъ трамбованіе не достигаетъ цѣли. Кромѣ большей плотности бетона, а слѣдовательно большей крѣпости массы, трамбованіе необходимо въ экономическомъ отношеніи въ смыслѣ меньшей затраты цементнаго раствора, въ виду того, что при трамбованіи происходитъ уменьшеніе пустотъ между щебенкой на 20—25%, а слѣдовательно, въ томъ же количествѣ потребуется и растворъ для заполненія этихъ пустотъ.

Если при устройствѣ бетоннаго основанія или вообще укрѣпленія подошвы встрѣтится обильная грунтовая вода, которую трудно удалить откачкой, то по сторонамъ фундаментнаго рва забиваютъ дощатый шпунтовый рядъ и вычерпываютъ грунтъ на необходимую глубину. Затѣмъ, не выкачивая воду, наносятъ на дно рва слой бетона съ помощью подвижной воронки, чѣмъ и предохраняютъ бетонъ отъ размыванія.

Воронки могутъ быть устроены такъ, какъ это, напримѣръ, было сдѣлано при устройствѣ гавани на фарфоровомъ заводѣ въ Шарлоттенбургѣ (черт. 88 А и В), а именно: вдоль рва были забиты два параллельныхъ ряда шпунтовыхъ досокъ, чтобы оградить отъ текучей воды, при разстояніи между рядами, равномъ ширинѣ бетоннаго слоя. Воронка была сдѣлана изъ толстыхъ досокъ и двигалась на четырехъ каткахъ (*mm*) по верхнимъ насадкамъ шпунтовыхъ рядовъ. Толщина слоя бетоннаго основанія равнялась 1,1 метра, поэтому бетонъ наносился двумя слоями, вываливаясь, благодаря наклону передней стѣнки воронки и равномѣрности движенія ея, ровнымъ слоемъ, надлежащей толщины, на выравненную подошву фундамента. Верхній край воронки находился значительно выше обыкновеннаго горизонта воды и работа производилась вполнѣ успѣшно. Когда былъ нанесенъ первый слой, то катки располагались ниже на соотвѣтствующія оси и этимъ давалась возможность погружать слѣдующій слой.

Уже послѣ нанесенія перваго слоя, при обыкновенныхъ условіяхъ, можно начинать откачку воды, такъ какъ загражденіе съ боковъ шпунтовымъ рядомъ, а снизу бетоннымъ слоемъ служитъ достаточнымъ предохраненіемъ отъ обильнаго притока воды. Затѣмъ, или продолжаютъ наносить второй и третій слой бетона, или начинаютъ кладку фундамента. Такой способъ производства работъ примѣняется и въ томъ случаѣ, если встрѣтятся ключи; бетонъ ихъ закрываетъ и отводитъ въ сторону.

§ 8.

Фундаменты. По формѣ или по внѣшнему виду фундаменты раздѣляются на: 1) сплошные, т.-е. устроенные сплошь подъ всѣмъ зданіемъ или по всей площади, занимаемой планомъ строенія; 2) въ видѣ отдѣльныхъ фундаментовъ, устраиваемыхъ только подъ стѣны, и 3) въ видѣ столбовъ, размѣщенныхъ въ нѣкоторомъ разстояніи другъ отъ друга.

Сплошные фундаменты, составляя одинъ общій слой подъ цѣлымъ строеніемъ, требуя слишкомъ значительнаго количества каменной кладки, обходятся дорого, и поэтому примѣняются лишь для монументальныхъ зданій. Если слой сплошного фундамента имѣетъ достаточную высоту и хорошо сложенъ, т.-е. подходитъ къ монолиту, то различныя части строенія, на него поставленныя, даже при неравномѣрно сжимаемомъ грунтѣ не будутъ осѣдать отдѣльно, несмотря на нихъ различный вѣсъ, если только толщина слоя достаточна для сопротивленія перелому, слѣдовательно, при такомъ устройствѣ фундамента, достигается равномѣрная осадка въ большей степени, чѣмъ при употребленіи фундамента въ видѣ стѣнъ. Сплошной фундаментъ дѣлается въ томъ случаѣ, когда ширина его основанія, по расчету вѣса строенія и составу грунта, должна быть увеличена болѣе, чѣмъ въ 3 раза противъ ширины стѣнъ. Фундаментъ Исаакіевскаго собора въ Петербургѣ—сплошной; глубина его — 3 сажени 1 арш. и простирается за предѣлы сооруженія въ планѣ на 1 саж.

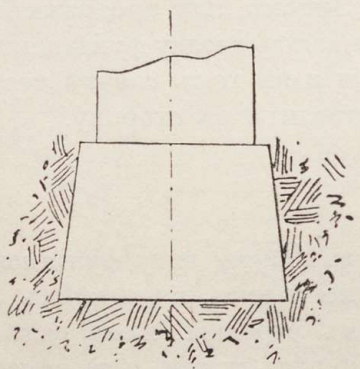
Сплошной фундаментъ, сложенный на гидравлическомъ растворѣ, выгоденъ еще въ томъ отношеніи, что представляетъ слой, предохраняющій

сооруженіе отъ грунтовой сырости. Для подобныхъ фундаментовъ бетонъ представляетъ наилучшій матеріалъ, такъ какъ послѣ затвердѣванія образуетъ сплошной камень.

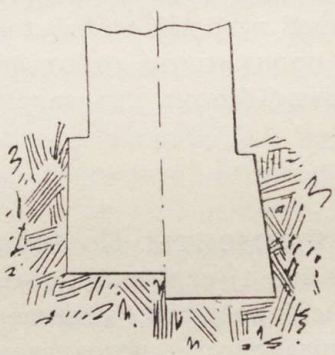
Фундаменты въ видѣ стѣнъ располагаются только подъ стѣнами зданія, поэтому и ихъ размѣры по ширинѣ и длинѣ зависятъ отъ размѣровъ самыхъ стѣнъ, такъ:

а) Ширина верхней поверхности фундамента дѣлается равной ширинѣ цокля съ нѣкоторымъ запасомъ, отъ чего образуются уступы съ одной или съ двухъ сторонъ, называемые обрѣзомъ. Обрѣзы дѣлаются различной величины, смотря по матеріалу, употребляемому на кладку фундамента, для бутоваго камня 4 верш., для кладки изъ кирпича-желѣзняка отъ $1\frac{1}{2}$ до 3 верш. Вообще обрѣзы обезпечиваютъ надлежащіе размѣры основанія для стѣнъ на случай неточности и ошибокъ въ каменной кладкѣ фундаментовъ, предупреждая свѣшиваніе стѣны съ фундамента, и вмѣстѣ съ тѣмъ это уширеніе идетъ въ пользу прочности основанія.

Чер. 89.



Чер. 90.



b) Высота фундамента зависитъ: 1) отъ глубины залеганія материка; 2) груза строенія; 3) отъ линіи промерзанія почвы, и 4) отъ высоты подвальнаго этажа, при чемъ подошва фундамента должна лежать ниже пола подвала, по качеству грунта, отъ 1 арш. и болѣе. Это необходимо для избѣжанія выдавливанія грунта изъ-подъ подошвы основанія, о чемъ уже было говорено выше.

с) Ширина фундамента при встрѣчѣ его съ подошвой строенія бываетъ или равна ширинѣ верхней его поверхности или нѣсколько шире; она находится въ зависимости отъ качества грунта и груза строенія, какъ это было объяснено выше. При устройствѣ фундамента съ уширеніемъ къ низу получается форма трапеціи, симметричной относительно вертикальной линіи (чер. 89, 90).

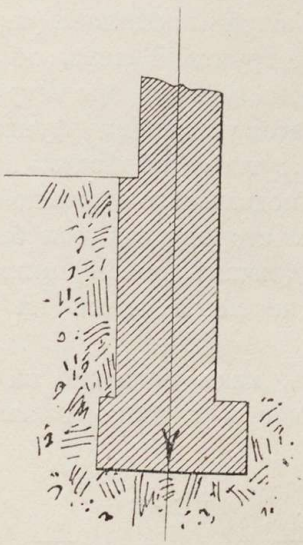
Форма симметричная переходитъ въ несимметричную, когда:

1. Фундаментъ долженъ прилегать къ существующему строенію (черт. 90).

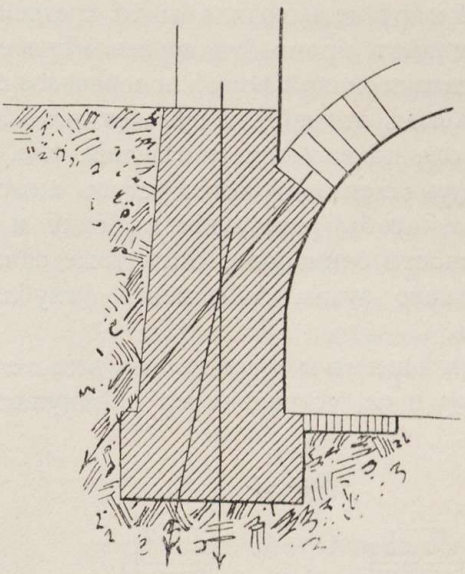
2. Когда устраивается подвальное помѣщеніе съ условіемъ устраненія откосовъ, обращенныхъ внутрь и стѣсняющихъ самое помѣщеніе (черт. 91).

3. Когда фундаментъ подверженъ дѣйствію наклонной или горизонтальной силы, стремящейся произвести вращательное движеніе около внѣшняго ребра (черт. 91а).

Чер. 91.

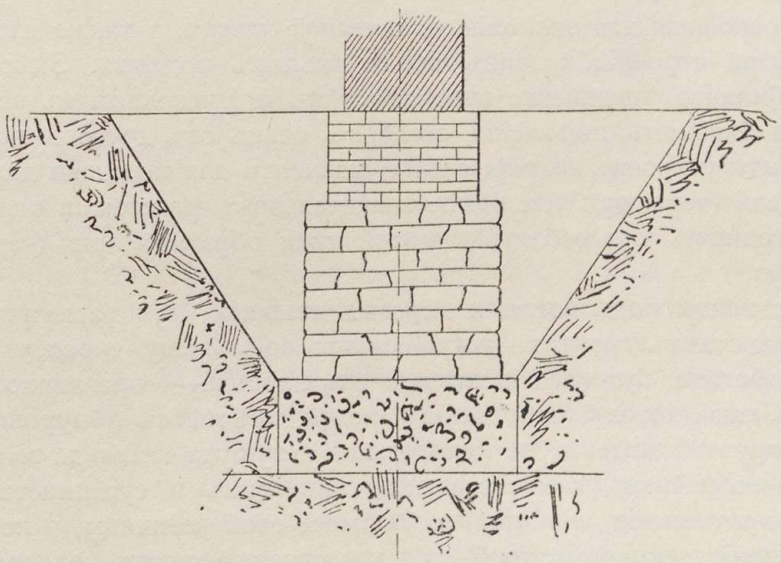


Чер. 91 а.



Обыкновенно фундаменты имѣютъ уступчатую форму (черт. 92), сохраняя въ общихъ линіяхъ форму трапеціи. Подобный видъ поперечнаго

Чер. 92.



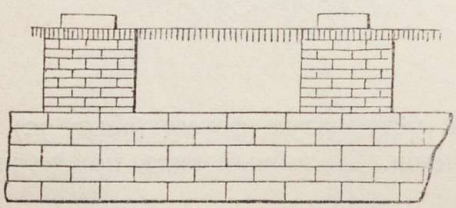
сѣченія фундаментъ принимаетъ въ томъ случаѣ, если подошва его должна быть уширена, или если онъ складывается изъ разнородныхъ матеріаловъ

(черт. 92), такъ, напр., изъ бетона, бутоваго камня и изъ кирпича, при чемъ при переходѣ отъ одного матеріала къ другому дѣлаются обрѣзы или уступы.

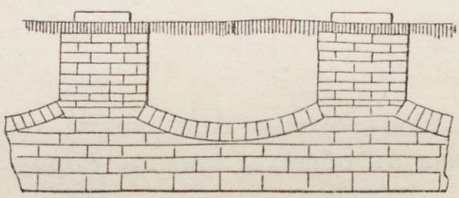
По вышеизложеннымъ правиламъ нужно, чтобы равнодѣйствующая встрѣчала подошву фундамента возможно близко къ ея срединѣ или по крайней мѣрѣ не выходила бы изъ средней трети ширины подошвы, (чер. 91а), иначе можетъ произойти неравномѣрное сжатіе грунта. Такимъ образомъ при несимметричной формѣ поперечнаго сѣченія, напримѣръ, при устройствѣ подвальныхъ этажей, эта цѣль отчасти достигается уширеніемъ фундамента ниже пола подвальнаго помѣщенія, т.-е. при отсутствіи обрѣза въ верхней части фундамента дѣлается уступъ ниже пола подвальнаго этажа до такого предѣла, чтобы разстоянія въ одну и другую сторону отъ оси были по возможности одинаковы. Вотъ тоже одна изъ причинъ, почему ниже пола подвальнаго этажа фундаментъ углубляется не менѣе, какъ на одинъ аршинъ.

Смѣшанные виды фундаментовъ, какъ показано на чертежахъ 93 и 94, устраиваются преимущественно при глубокомъ залеганіи

Чер. 93.



Чер. 94.



подошвы основанія для экономіи въ каменной кладкѣ, а также для поддержанія внутри строенія колоннъ или отдѣльныхъ подпоръ. Здѣсь мы видимъ комбинацію фундамента въ видѣ стѣнъ и фундамента въ видѣ столбовъ. При близкомъ положеніи столбовъ одинъ отъ другого подъ ними можетъ быть устроенъ непрерывный фундаментъ для передачи давленія на всю площадь (черт. 93); при болѣе значительномъ разстояніи оказывается болѣе выгоднымъ употреблять для этой цѣли обратныя арки (черт. 94).

Фундаменты подъ котлы и паровыя машины. Фундаменты подъ котлы въ сухихъ грунтахъ устраиваются по общему способу и возводятся изъ бетона, бутоваго камня или изъ кирпича—безразлично.

Такъ какъ котелъ, наполненный водой, вмѣстѣ съ обмуровкой передаетъ на грунтъ давленіе, не переходящее 0,25 пуда на кв. д., то при грунтахъ второго разряда, т.-е. песчаныхъ, глинистыхъ и суглинистыхъ, имѣющихъ сопротивленіе, значительно большее этой величины, — искусственное укрѣпленіе подошвы не требуется и кладка возводится непосредственно на оголенный грунтъ, выравнявъ его подъ ватерпасъ. При грунтахъ 3-го разряда, требующихъ глубокихъ фундаментовъ или особеннаго укрѣпленія подошвы искусственнымъ ея уплотненіемъ, грузъ котловъ выгоднѣе

передать на фундаменты самаго котельнаго зданія съ помощью желѣзныхъ балокъ или каменныхъ арокъ, или же путемъ подвѣшиванія котла вмѣстѣ съ обмуровкою къ стропильнымъ фермамъ или потолочн. балкамъ.

Работы значительно усложняются, если въ грунтѣ встрѣчается вода, которая не можетъ быть удалена дренажемъ, а между тѣмъ необходимо принять надлежащія мѣры къ ея устраненію, въ видахъ предохраненія отъ сырости котельной кладки и дымоходовъ. Приходится устраивать бетонный ящикъ, который и служитъ основаніемъ для котла съ обмуровкою, при чемъ всѣ четыре стѣнки этого ящика должны возвышаться на нѣсколько дюймовъ надъ уровнемъ самаго высокаго стоянія грунтовыхъ водъ. Какъ дно ящика, такъ и стѣнки должны быть сдѣланы изъ гидравлическаго бетона. Чѣмъ жирнѣе бетонъ и чѣмъ толще стѣнки, тѣмъ больше непроницаемость ящика. Крупность песка тоже имѣетъ значеніе, такъ какъ замѣчено, что мелкій песокъ даетъ меньшую проницаемость, поэтому бетонъ слѣдуетъ приготовлять безъ примѣси щебня. По наблюденіямъ Dyckerhoff'a нижеслѣдующій составъ (по вѣсу) песчанаго бетона, при толщинѣ стѣнки въ 15 мм., оказался непроницаемымъ *):

1	ч.	цемента,	1	ч.	песка			
1	„	„	2	„	„	$^1/_2$	ч.	известк. тѣста.
1	„	„	3	„	„	1	„	„ „
1	„	„	5	„	„	$1^1/_2$	„	„ „
1	„	„	6	„	„	2	„	„ „

Очевидно, что такая толщина стѣнки непроницаема лишь при лабораторныхъ опытахъ въ малыхъ размѣрахъ. Всякій знаетъ изъ практики, что даже при незначительномъ напорѣ воды уже трудно отъ нея огородиться бетономъ обыкновеннаго производства; поэтому менѣе 10 см. толщину стѣнокъ бетоннаго ящика не дѣлаютъ.

Во всякомъ случаѣ наблюденія Dyckerhoff'a интересны, какъ указанія на то, что и съ помощью смѣшаннаго раствора можно достигнуть непроницаемости стѣнки.

Бетонъ, немедленно по его набивкѣ, подвергнутый дѣйствію напора воды, нерѣдко пропускаетъ воду, но затѣмъ эта проницаемость, по мѣрѣ его затвердѣванія, совершенно пропадаетъ. Поэтому, если есть возможность производить работу бетоннаго ящика при низкомъ стояніи грунтовыхъ водъ и дать ему время совершенно затвердѣть (28 дней), то пропорцію песка въ вышеозначенныхъ смѣсяхъ можно на 1 ч. увеличить или на $^1/_2$ части уменьшить количество известковаго тѣста.

При значительной высотѣ подпора воды вѣрнѣе устраивать ящикъ изъ котельнаго желѣза тщательной клепки, съ укрѣпленіемъ ребрами изъ тавроваго или углового желѣза. Къ подобнаго рода желѣзной или бетонной конструкціи нерѣдко приходится прибѣгать при расположеніи котловъ центральнаго отопленія въ подвальномъ этажѣ, такъ какъ полъ котельной въ большинствѣ случаевъ необходимо понизить по крайней мѣрѣ

*) Der Portland-Cement und seine Anwendung im Bauwesen. s. 67.

на 3 арш. ниже пола подвала, а слѣдовательно, опуститься на 7 или на 8 арш. ниже горизонта земли. На такой глубинѣ почти всегда можно встрѣтить грунтовыя воды.

Если грунтовыя воды не постоянны, а появляются лишь временами, то ихъ можно удалять періодической откачкой. Для этой цѣли въ самомъ пониженномъ мѣстѣ котельной устраиваютъ колодецъ глубиною отъ 2 до 3 ф. и устанавливаютъ ручной насосъ, которымъ и выкачиваютъ воду.

Конструкція и размѣры фундаментовъ подъ паровыя машины зависятъ не только отъ ихъ груза и отъ качества грунта, но главнымъ образомъ отъ силы ударовъ и сотрясенія, которыми сопровождается работа машины, поэтому необходимо придать фундаменту такой массивъ, который бы своимъ вѣсомъ могъ противостоять и уменьшать сотрясенія машины, прикрѣпленной къ нему болтами. Размѣры всѣхъ частей машины соотвѣтствуютъ величинѣ парового цилиндра, поэтому глубина фундамента опредѣляется въ зависимости отъ діаметра (D) поршня. Такъ при грунтахъ второго разряда эта глубина принимается въ предѣлалъ отъ 4,5 D до 9 D, смотря по тому, претерпѣваетъ ли машина слабые или сильные сотрясенія или удары.

Длина болтовъ, коими прикрѣпляется рама къ фундаменту, измѣняется тоже въ зависимости отъ машины, отъ 3,5 D до 7 D или среднее отъ 4 до 5 D. Діаметръ болтовъ опредѣляется изъ слѣдующей эмпирической формулы.

$$\delta = 0{,}025\ D + 24 \text{ мм.}$$

Матеріаломъ для фундаментовъ подъ машины можетъ быть бутовая или кирпичная кладка, сложенная на цементномъ или смѣшанномъ растворѣ, со введеніемъ въ кладку прокладныхъ плитъ черезъ каждые 5—6 рядовъ кирпича, съ устройствомъ перваго слоя изъ цементнаго монолита, толщиною въ $^1/_6$ отъ всей высоты фундамента.

Въ грунтахъ слабыхъ, имѣющихъ постоянныя грунтовыя воды, подошва основанія можетъ быть укрѣплена лежнями изъ бревенъ, стесанныхъ на два канта и положенныхъ съ промежуткомъ, равнымъ $^1/_2$ дерева; пространство между бревнами затрамбовывается щебнемъ, а поверхъ настилается сплошь досками толщиною въ $2^1/_2$ д. При этомъ всѣ эти работы и дальнѣйшее возведеніе клади фундамента производятся съ откачкою воды, чтобы дать возможность полнаго удобства для тщательнаго исполненія работы.

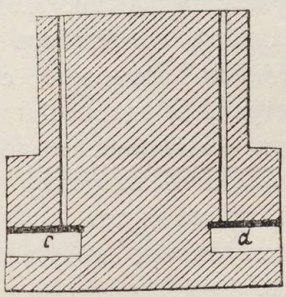
Форма фундаментовъ подъ паровыя машины или станки весьма несложна и имѣетъ видъ уширяющагося книзу массива (черт. 95 и 96). Для закрѣпленія болтовъ дѣлается или внутренняя галлерея A съ лазомъ B (на черт. 96 показанъ пунктиромъ), или печурки c и d помѣщаются снаружи фундамента. Въ послѣднемъ случаѣ болты вставляются въ продолговатое отверстіе, которымъ снабжается шайба K (черт. 97), и когда болтъ дойдетъ до печурки, то его поворачиваютъ, при чемъ его головка принимаетъ положеніе, показанное на черт. 97.

Матеріаломъ для фундаментовъ можетъ служить правильная и плотная бутовая или кирпичная кладка на цементномъ растворѣ, при чемъ

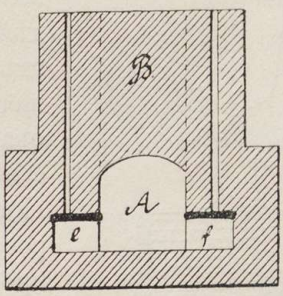
кирпичъ долженъ быть полужелѣзнякъ, правильной формы. Еще проще и вполнѣ цѣлесообразно употреблять въ подобныхъ случаяхъ бетонные массивы при составѣ бетона: 1 ч. цем., 3 ч. песка и 4 ч. кирпичнаго или каменнаго щебня.

При производствѣ работъ по возведенію фундамента подъ машину слѣдуетъ соблюдать особенную правильность и точность. Обыкновенно, съ того завода, гдѣ заказана паровая машина, присылается деревянная рама, прочно сдѣланная изъ досокъ толщиною отъ 1 до $1^1/_2$ дюймовъ, на которой начерчены, кромѣ плана фундамента, еще и главныя линіи горизонтальной проекціи машины, намѣчены и просверлены дыры для болтовъ. Эту раму располагаютъ на козлахъ надъ фундаментной ямой на такой высотѣ, чтобы при кладкѣ послѣдняго ряда кирпича оставалось еще достаточное мѣсто для удобной работы каменщиковъ. Затѣмъ приготовляютъ деревянные бруски квадратнаго сѣченія, равнаго сѣченію отверстія для фундаментныхъ болтовъ, длиною равною высотѣ фундамента, и подставляютъ каж-

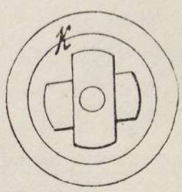
Чер. 95.



Чер. 96.



Чер. 97.



дый брусокъ подъ раму, положенную на козлахъ такъ, чтобы его ось была вертикальна и совпадала съ центромъ отверстія для болта въ рамѣ. Бруски должны быть гладко обстроганы, чтобы по возведеніи фундамента ихъ можно было легко вытащить.

Прежде всего выкладываются тѣ нѣсколько рядовъ кладки, въ которыхъ заключаются каналы для доступа къ болтовымъ чекамъ, и эти каналы перекрываются крупными камнями или чугунными плитами. Каналы идутъ горизонтально отъ наружныхъ очертаній фундамента до болтовыхъ отверстій; ширина и высота ихъ въ небольшихъ фундаментахъ 8—12 дюймовъ, въ большихъ же они дѣлаются такихъ размѣровъ, что въ нихъ можетъ пролезть человѣкъ особенно если, по размѣрамъ фундамента и положенію болтовыхъ отверстій, длина каналовъ выходитъ велика и нельзя черезъ нихъ достать до болта рукою.

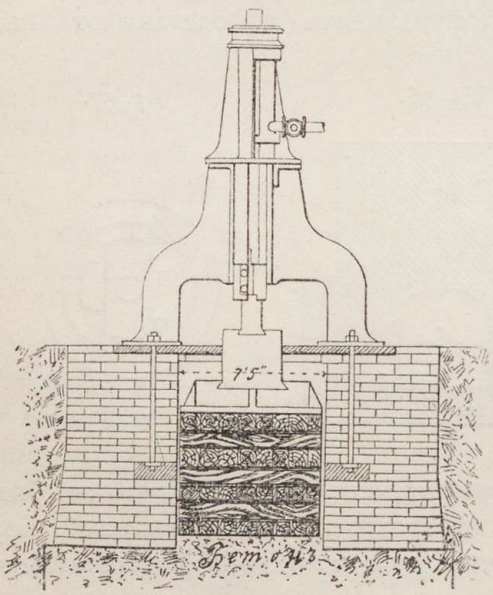
Затѣмъ продолжаютъ кладку выше, провѣряя, не сдвинулась ли съ мѣста рама и совпадаетъ ли направленіе брусковъ съ отвѣсомъ и съ положеніемъ болтовыхъ отверстій въ рамѣ и плитахъ, перекрывающихъ печурки.

Упругіе фундаменты. Части, подверженныя сильнымъ ударамъ, какъ, напр., паровые молоты, для исправнаго дѣйствія требуютъ упругихъ

фундаментовъ. Въ подобныхъ случаяхъ обыкновенно употребляютъ деревянныя подкладки въ видѣ горизонтальныхъ брусьевъ, расположенныхъ въ нѣсколько рядовъ одинъ надъ другимъ, или же устраиваютъ массивъ изъ асфальтоваго бетона, состоящаго изъ асфальтовой мастики, смѣшанной въ горячемъ состояніи съ каменнымъ щебнемъ въ пропорціи половина на половину. Величина камешковъ должна соотвѣтствовать размѣрамъ обыкновеннаго шоссейнаго щебня.

На черт. 98 показанъ въ разрѣзѣ небольшой паровой молотъ, вѣсомъ въ 100 пуд., съ основаніемъ подъ наковальнею изъ горизонтально расположенныхъ рядовъ брусьевъ, стянутыхъ болтами по ихъ толщинѣ. Этотъ деревянный массивъ, называемый подстуломъ, основанъ на бетонномъ слоѣ, расположенномъ подъ всей подошвой фундамента.

Чер. 98.



Промежуточный слой изъ деревянныхъ брусьевъ хотя и оказывается весьма полезнымъ, но тѣмъ не менѣе при такомъ устройствѣ толчки и шумъ остаются еще довольно чувствительными. Самымъ дѣйствительнымъ средствомъ тамъ, гдѣ желательно возможно совершенное устраненіе ударовъ и шума, оказывается изолированіе посредствомъ прокладокъ изъ каучука. Послѣдній примѣняется въ видѣ рессоръ, клапановъ, подушекъ и прокладокъ.

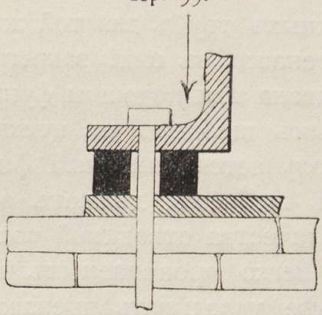
Если постаментъ машины не связанъ съ фундаментомъ болтами, то каучукъ прокладывается между этими частями просто въ видѣ изолирующаго слоя, тогда машина совершенно отдѣлена отъ фундамента промежуточнымъ слоемъ каучука и этимъ дѣйствительно достигается полная изоляція относительно распространенія шума и сотрясеній, но зато при этомъ часто страдаетъ устойчивость механизма. Для избѣжанія этихъ неудобствъ и достиженія прочной связи между машиною и основаніемъ, ихъ, какъ мы видѣли, обыкновенно связываютъ болтами; въ такомъ случаѣ прокладки употребляются не въ видѣ сплошного слоя, а вводятся въ видѣ каучуковыхъ параллелепипедовъ или кружковъ въ мѣстахъ прикрѣпленія болтовъ къ нижней подушкѣ (черт. 99). Но при этомъ болты переносятъ сотрясенія верхней плиты на нижнюю, и изоляція нарушается. Кромѣ того, прокладки сильно сжимаются и при плохомъ качествѣ каучука вскорѣ пріобрѣтаютъ свойство вполнѣ твердаго, неупругаго тѣла и перестаютъ исполнять свое назначеніе.

При употребленіи каучуковыхъ прокладокъ указывается на необходимость полной изоляціи, подобно электрической, т.-е. такой, при

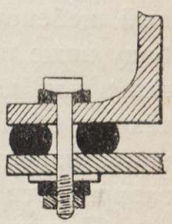
которой изолируемыя мелаллическія части совершенно не соприкасаются. Употребляя, напр., болты, ихъ окружаютъ каучуковыми цилиндрами, а подъ гайки подкладываютъ каучуковыя шайбы (черт. 100).

Каучукъ слѣдуетъ употреблять лучшаго качества, средней плотности и однородной выварки, который выдерживаетъ до разрыва не менѣе 35 кг. на кв. см. Каучукъ хорошаго качества, употребленный въ благопріятныхъ условіяхъ, долговѣченъ почти безъ предѣла. Въ закрытомъ пространствѣ, не имѣя свободы раздаватся въ стороны каучукъ совершенно не сжимаемъ. Для обнаруживанія эластическихъ свойствъ каучуковыя прокладки должны получить такую форму, которая позволяла бы имъ свободно расширяться. Такія формы можно придумать самыя разнообразныя; но чаще всего употребляются отрѣзки полыхъ цилиндровъ. Не слѣдуетъ слишкомъ нагружать каучукъ, тогда онъ теряетъ упругость. При хорошихъ качествахъ каучука надо принимать для расчета размѣровъ давленіе отъ 2 до 8 килограм. на кв. см. Наименьшая нагрузка употребляется для ослабленія ударовъ; наибольшая—для машинъ, дѣйствующихъ правильнымъ, равномѣрнымъ ходомъ, безъ ударовъ, какъ, напр., вентиляторы. Для насосовъ надо взять среднюю величину.

Чер. 99.



Чер. 100.



Подъ дѣйствіемъ удара каучукъ сжимается въ теченіе нѣкотораго момента времени и такимъ образомъ какъ бы растягиваетъ ударъ, превращая его въ давленіе *).

Устройство подвальныхъ этажей и предохраненіе ихъ отъ сырости. Подвальнымъ этажомъ называется такое помѣщеніе, которое или на всю свою высоту, или на половину располагается ниже горизонта земли. Поэтому всѣ наружныя стѣны подвала съ одной стороны примыкаютъ непосредственно къ грунту, что ставитъ ихъ въ особыя, неблагопріятныя условія.

Уже на глубинѣ 1 фута отъ поверхности земли, даже въ самое сухое время года, мы замѣчаемъ въ грунтѣ нѣкоторую влажность, которая является вслѣдствіе выпадающихъ дождей и таянія снѣга. Если вода эта, проникая черезъ грунтъ, встрѣчаетъ водонепроницаемый слой, то она накопляется на немъ въ видѣ, такъ-называемой, грунтовой воды, иногда обнаруживающейся уже на глубинѣ отъ 1 до $1^1/_2$ арш. отъ поверхности земли, слѣдовательно, располагается выше линій промерзанія грунта. Въ подобныхъ случаяхъ, даже при отсутствіи подвальнаго этажа, для сохра-

*) Подробности о значеніи каучука для упругихъ фундаментовъ подъ машины изложены въ статьѣ П. Сальмановича „Основанія и фундаменты“ въ руководствѣ по Гражданскому Зодчеству. Ст. 63.

ненія самаго фундамента безусловно необходимо понизить уровень грунтовыхъ водъ путемъ дренированія почвы, такъ какъ иначе вода, проникая въ кладку фундамента и замерзая въ немъ, будетъ его разрушать. Если же имѣется подвальный этажъ, то удаленіе грунтовой воды тѣмъ болѣе необходимо. Къ сожалѣнію, не всегда и не вездѣ возможно дренировать мѣстность; нерѣдко полъ подвала располагается ниже горизонта рѣки или озера; въ такомъ случаѣ дренажъ будетъ не отводить, а приводить воду.

Въ обыкновенныхъ же случаяхъ всегда является возможность отвести воду изъ дренажа если не въ канализацію, то въ особо вырытый для этой цѣли колодецъ или вообще къ наиболѣе пониженному мѣсту. При этомъ дренажныя трубы небольшаго діаметра располагаются ниже пола подвала въ уровень съ подошвой фундамента, вокругъ всего зданія снаружи, съ небольшимъ уклономъ въ одну сторону и соединяются съ общимъ коллекторомъ. На поворотахъ и черезъ каждыя 5 саж. устраиваются смотровые колодцы.

Вмѣсто дренажныхъ трубъ для той же цѣли можетъ служить каменный щебеночный дренажъ, въ видѣ закрытыхъ канавъ, вырытыхъ на глубину ниже пола подвала или подошвы фундамента и заполненныхъ каменнымъ или кирпичнымъ щебнемъ въ кускахъ величиной отъ 5 до 6 см.; такимъ образомъ получается каменный фильтръ. Паденіе или уклонъ канавъ, наполненныхъ щебнемъ, дѣлаютъ отъ $^1/_{150}$ до $^1/_{100}$; ширина дна, въ зависимости отъ количества отводимой воды, дѣлается отъ 25 до 30 см.

При грунтахъ легко проницаемыхъ водой, вмѣсто щебеночнаго дренажа, цѣлесообразнѣе укладывать дренажныя гончарныя или цементныя трубы, каждая длиною въ 30 см., при діаметрѣ отъ 2,5 до 10 см.; самый употребительный размѣръ—5 см. При менѣе проницаемой почвѣ лучше дренировать канавами со щебнемъ, какъ поглащающими болѣе воды. При значительныхъ размѣрахъ пропитаннаго водой пласта—принимаютъ одновременно и тотъ и другой способы, т.-е. располагаютъ дренажныя трубы и, кромѣ того, насыпаютъ на нихъ щебень.

Въ случаѣ дренированія мѣстности значительнаго района, отъ главнаго коллектора дѣлаютъ второстепенныя отвѣтвленія трубками меньшаго діаметра, при чемъ главную линію прокладываютъ или въ мѣстности наиболѣе пропитанной водой, или имѣющей наибольшій уклонъ.

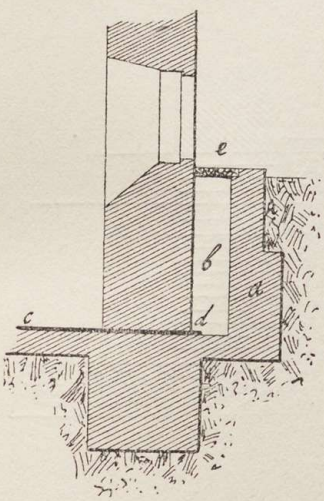
При невозможности отвести воду дренажемъ прежде всего слѣдуетъ избѣгать устройства подвальныхъ этажей, въ особенности жилыхъ, такъ какъ всѣ средства (о которыхъ будетъ сказано ниже) противъ сырости такихъ помѣщеній все же не вполнѣ достигаютъ своей цѣли, и если такіе подвалы допустимы, то во всякомъ случаѣ какъ нежилые, для кладовыхъ, погребовъ, складовъ и т. п.

Для жилыхъ подвальныхъ этажей трудно достигнуть необходимыхъ гигіеническихъ условій, во-1-хъ, потому, что подвалъ, находясь ниже поверхности грунта, т.-е. окруженный не воздухомъ, а землей, почти лишенъ естественной вентиляціи черезъ стѣны, что при отсутствіи искусственнаго провѣтриванія служитъ причиной появленія сырости на стѣнахъ и того

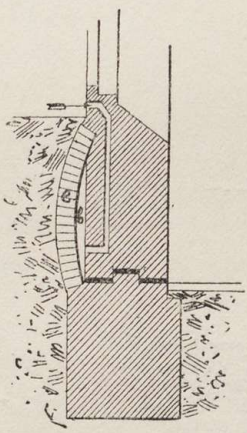
непріятнаго затхлаго воздуха, который приходится чувствовать каждому входящему въ жилой подвалъ. Наружный воздухъ, проникающій въ него черезъ окна и двери, никогда не можетъ быть вполнѣ чистъ, такъ какъ онъ поступаетъ изъ самыхъ нижнихъ слоевъ атмосферы. Во-2-хъ, потому, что подвальный этажъ почти всегда находится въ неблагопріятныхъ условіяхъ по отношенію къ свѣту, этому необходимому источнику жизни; живительные солнечные лучи почти никогда не проникаютъ въ него.

Во всякомъ случаѣ, будетъ ли подвалъ предназначенъ для жилого или для нежилого помѣщенія, если онъ окруженъ грунтомъ, пропитаннымъ водой, то необходимо принять мѣры для предохраненія его стѣнъ отъ сырости. Для этого прежде всего освобождаютъ наружныя поверхности стѣнъ отъ соприкасанія съ грунтомъ, для чего на разстояніи 9 или 12 верш. отъ этихъ стѣнъ устраиваютъ подпорную стѣну *a* (черт. 101) вокругъ всего

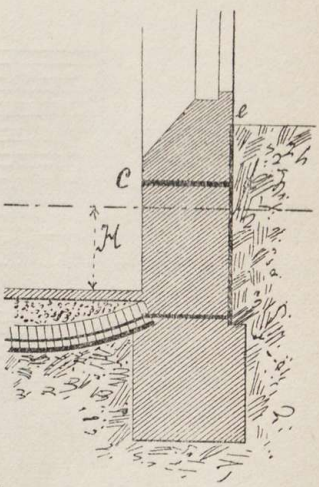
Чер. 101.



Чер. 102.



Чер. 103.



строенія. Для того, чтобы въ образовавшуюся отступку *b* не затекла дождевая вода и не нападалъ снѣгъ, ее прикрываютъ или сводикомъ, или камен. лещадками.

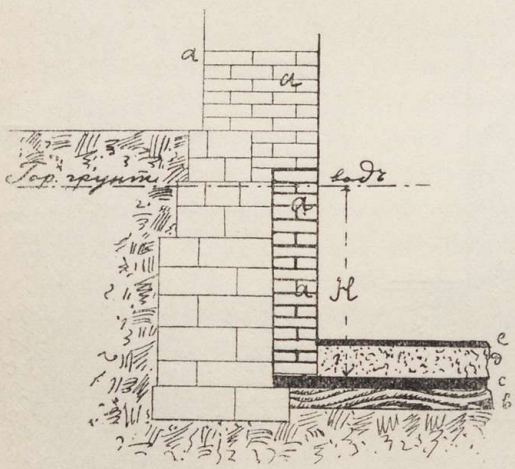
Съ этою же цѣлью устраиваютъ огражденіе стѣнъ ниже поверхности грунта посредствомъ лучковыхъ сводиковъ *e* (чер. 102), направляющая которыхъ поставлена вертикально, а пяты расположены одна надъ другой. Такимъ образомъ вокругъ всего строенія образуется воздушный слой *b*, который посредствомъ нѣсколькихъ каналовъ въ стѣнкѣ соединяется съ наружной атмосферой; на зиму эти продушины закрываются. Въ обоихъ случаяхъ располагается асфальтовый слой *cd* (чер. 101), предупреждающій всасываніе грунтовой влаги въ стѣны и прониканіе ея черезъ полъ подвала.

Если подвальный этажъ устраивается значительно ниже горизонта грунтовыхъ водъ, такъ что полъ его испытываетъ нѣкоторое давленіе снизу вверхъ, то для предупрежденія образованія въ полу трещинъ и прониканія черезъ нихъ воды въ подвалъ — примѣняютъ одну изъ слѣдующихъ конструкцій:

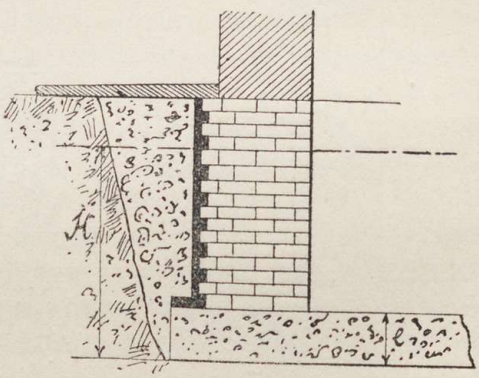
1) Изолирующій асфальтовый слой (чер. 103), проходящій сквозь стѣну, расположенъ по кирпичной выстилкѣ въ четвертку въ видѣ обратнаго лучковаго свода. По этому своду устраивается второй обратный сводъ въ $^1/_2$ кирпича; все это выравнивается щебнемъ, на который наносится чистый полъ изъ кирпича, асфальта, лещадокъ или другого матеріала. Другой асфальтовый слой *cd* устраивается въ каменной кладкѣ выше перваго и выше горизонта грунтовыхъ водъ и наконецъ третій слой накладывается вертикально на наружную поверхность стѣны. Само собою разумѣется, что вся кладка подвальныхъ этажей производится на цементномъ растворѣ.

2) Фундаментъ и стѣны подвала (чер. 104) выводятся изъ бутовой кладки на гидравлическомъ растворѣ, которая съ внутренней стороны облицовывается кирпичомъ *a*, сложеннымъ на асфальтовой мастикѣ (особая масса, способная крѣпко соединяться съ кирпичами и совершенно не про-

Чер. 104.



Чер. 105.



пускать воду). Снизу прониканіе воды предупреждается сплошной брусчатой деревянной настилкой, со вбитыми въ нее сверху до половины 4-хъ дюймов. гвоздями, на которыхъ располагается слой асфальта *c*; на этотъ слой наносится цементный бетонъ *d*, состоящій изъ 1 ч. цем., 3 ч. песку и 5 ч. щебня и наконецъ чистый полъ *e*.

Кирпичная кладка на растворѣ портландскаго цемента, а также жирный бетонъ изъ того же матеріала (чер. 105) служитъ хорошимъ средствомъ къ огражденію подваловъ отъ грунтовой воды. При этомъ наружная поверхность стѣны, какъ показано на чертежѣ, дѣлается съ неровностями, чтобы асфальтовая или цементная штукатурка лучше держалась. Кромѣ бетоннаго слоя подъ поломъ подвала, бетонъ того же состава забивается за стѣны фундамента до самой поверхности земли, служа частью основаніемъ для тротуара (чер. 105).

Толщина бетоннаго слоя опредѣляется изъ формулы $e = \frac{H}{2\delta}$, гдѣ H — высота горизонта грунтовыхъ водъ, δ — относительный вѣсъ бетона (отъ

1,9 до 2,1 пудъ) и затѣмъ дробь H/δ помножается на коэффиціентъ равный $^1/_2$.

Асфальтъ не имѣетъ сцѣпленія съ камнемъ, деревомъ или цементомъ, такъ какъ въ разогрѣтомъ состояніи онъ недостаточно жидокъ, чтобы всасываться въ поры этихъ строительныхъ матеріаловъ, поэтому при обдѣлкѣ асфальтовымъ слоемъ вертикальныхъ или наклонныхъ поверхностей, необходимо ввести между асфальтомъ и каменной кладкой промежуточный слой, который бы, крѣпко прилипая къ асфальту, имѣлъ достаточно сцѣпленія и съ камнемъ. Этимъ веществомъ служитъ чистый битумъ, растворенный въ бензинѣ, терпентинѣ и т. п. Онъ наносится кистью нѣсколько разъ на поверхность, предполагаемую покрыть асфальтовымъ слоемъ. Растворъ настолько жидокъ, что легко и глубоко всасывается порами строительнаго матеріала; затѣмъ летучее масло быстро испаряется и асфальтъ въ порахъ затвердѣваетъ, крѣпко сцѣпляясь съ камнемъ, цементомъ или деревомъ. На эту окраску наносится асфальтовый слой, который къ ней хорошо прилипаетъ и удерживается даже на потолкѣ.

Если фундаментъ строенія находится въ водѣ, то сырость впитывается каменной кладкой и, по закону волосности, поднимается иногда на весьма значительную высоту отъ поверхности земли. Для предупрежденія этого, въ какомъ бы грунтѣ зданіе ни строилось, его необходимо предохранить отъ сырости, что прежде всего достигается расположеніемъ по всей верхней поверхности фундамента изолирующаго водонепроницаемаго слоя, состоящаго изъ асфальта, просмоленнаго толя, слоя портландскаго цемента, стекла, березовой скалы и т. п. Теплопроводимость кирпичной стѣны, пропитанной сыростью, увеличивается почти въ пять разъ сравнительно съ сухимъ ея состояніемъ; поэтому въ зимнее время внутренняя поверхность сырыхъ наружныхъ стѣнъ дѣлается очень холодной и даже на нихъ можетъ появиться иней. Кромѣ того, по опытамъ Ланга, такія стѣны дѣлаются совершенно непроницаемыми для воздуха, слѣдовательно, жилое помѣщеніе совершенно лишается при такихъ условіяхъ естественной вентиляціи. На поверхности стѣнъ, вслѣдствіе постоянной ихъ влажности, образуется плѣсень, особаго рода грибокъ, который разрушаетъ кирпичъ, дѣлаетъ его дряблымъ, неспособнымъ противостоять давленію. Такимъ образомъ сырость, съ одной стороны, дѣлаетъ постройки непригодными для жилья, съ другой—способствуетъ скорѣйшему разрушенію зданія, которое вслѣдствіе этого требуетъ значительныхъ расходовъ на ремонтъ.

О причинахъ сырости въ каменныхъ строеніяхъ вообще и о мѣрахъ уничтоженія ея будетъ сказано ниже.

Стѣны и перегородки.

Ст. 2. Стѣны и перегородки.

Стѣны по своему назначенію бываютъ слѣдующихъ родовъ:

1) Ограды, или заборы, служащія только для огражденія или отдѣленія какого-нибудь пространства. Если стѣны этого рода построены изъ несгораемаго матеріала и назначены для преграды распространенія пожара, то онѣ получаютъ названіе брандмауеровъ.

2) Стѣны, служащія для огражденія жилого или нежилого помѣщенія и вмѣстѣ съ тѣмъ служащія опорами для поддержанія покрытій, называются капитальными стѣнами зданій, при чемъ, когда онѣ ограждаютъ подобное пространство снаружи, то называются лицевыми (наружными), расположенныя по длинѣ строенія — продольными, а по ширинѣ—поперечными.

Наконецъ, внутреннія стѣны незначительныхъ размѣровъ, служащія для раздѣленія внутренняго пространства на части или комнаты, называются перегородками, или переборками.

Къ общимъ условіямъ, которымъ должны удовлетворять всякаго рода стѣны, относятся: прочность, устойчивость и дешевизна.

Для удовлетворенія первымъ двумъ условіямъ необходимо, чтобы силы, дѣйствующія на стѣну, не разрушали бы матеріалъ, изъ котораго она построена, и, кромѣ того, чтобы при дѣйствіи тѣхъ же силъ положеніе ея оставалось неизмѣннымъ, т.-е. чтобы ни самая стѣна, ни ея части не имѣли бы ни поступательнаго и ни вращательнаго движеній.

Частныя требованія, которыя ставятся тоже какъ необходимыя условія, могутъ заключаться въ слѣдующемъ: 1) наименьшая теплопроводность; 2) несгораемость; 3) легкость, и 4) наименьшая звукопроводность.

Требованіе несгораемости предъявляется для всѣхъ монументальныхъ построекъ безъ исключенія. Наконецъ, легкость стѣнъ иногда бываетъ необходимымъ условіемъ, въ особенности при устройствѣ перегородокъ.

По своему внѣшнему виду стѣны состоятъ изъ 3-хъ частей: 1) нижней части, или цокля, 2) поля стѣны и 3) вѣнчанія или карниза.

§ 9.

а) **Цоколь**. Нижняя часть зданія, непосредственно выведенная на фундаментѣ и составляющая какъ бы переходъ отъ послѣдняго къ стѣнѣ, называется цоколемъ. Назначеніе его—возвысить зданіе надъ поверхностью земли и сохранить нижнія части стѣнъ отъ брызговъ дождевой воды, снѣга, случайной механической порчи и т. п. Первое назначеніе эстетическое, второе—утилитарное.

Зданіе безъ цокля представляется какъ бы вросшимъ въ землю и производитъ непріятное впечатлѣніе; поэтому безъ цокля не должно строиться ни одно зданіе. Размѣры цокля настолько важны, что иногда неудачное назначеніе ихъ можетъ испортить въ архитектурно-художественномъ отношеніи видъ всей постройки; при этомъ однако точныхъ правилъ для опредѣленія размѣровъ цокля нѣтъ. За средній размѣръ цокля принимаютъ $^1/_{20}$ отъ всей вышины стѣны. Во всякомъ случаѣ высота его должна быть не менѣе 1 арш. Но бываютъ случаи, напр., при многоэтажныхъ высокихъ строеніяхъ, когда цоколь по высотѣ занимаетъ весь нижній этажъ, который при этомъ носитъ названіе цокольнаго этажа. Въ подобныхъ случаяхъ, ради художественныхъ требованій, высота цоколя дѣлается значительно больше, чѣмъ таковая требуется конструктивными условіями.

При проектированіи цоколя слѣдуетъ принять во вниманіе слѣдующее:

1) Цоколь всегда долженъ имѣть горизонтальный верхъ; стало быть, при покатой поверхности земли высота цоколя въ разныхъ частяхъ строенія будетъ не одинакова; цоколемъ какъ бы сравнивается покатость мѣстности. Верхняя его линія обыкновенно совпадаетъ съ поломъ нижняго этажа.

2) Цоколь долженъ выступать впередъ за предѣлы поддерживаемыхъ имъ стѣнъ; это условіе вызывается его назначеніемъ служить пьедесталомъ для всего строенія.

3) Наружный видъ цоколя долженъ выражать прочность и массивность и отличаться простотою. Мелкія архитектурныя детали въ цоколѣ, даже при самой богатой отдѣлкѣ фасадовъ, противорѣчатъ эстетическому чувству.

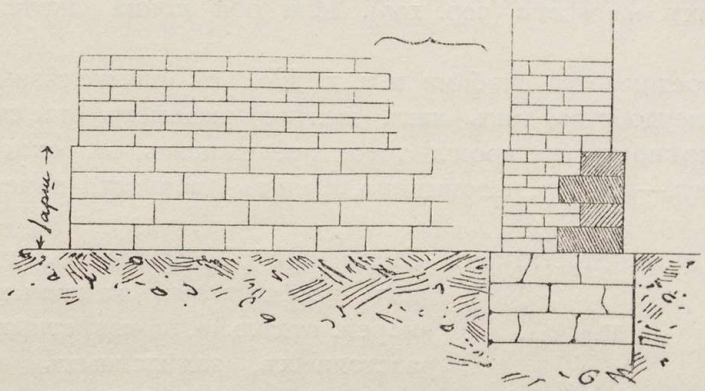
Такъ какъ цоколь по своему положенію неминуемо будетъ подверженъ дѣйствію сырости и различной порчи отъ внѣшнихъ случайныхъ механическихъ усилій, то на его устройство употребляютъ камни большихъ размѣровъ и твердыхъ породъ, напримѣръ, гранита, песчаника и т. п. Если цоколь, по недостатку этого матеріала, не выкладывается сплошь изъ камня, то его одѣваютъ каменною плитой или складываютъ изъ кирпича-желѣзняка, или же, наконецъ, отштукатуриваютъ болѣе прочной штукатуркой, напримѣръ, цементной.

Простѣйшая форма цоколя состоитъ изъ неширокаго пояса въ 1 аршинъ, отдѣленнаго отъ стѣны уступомъ (чер. 106) и сложеннаго въ видѣ облицовки изъ тесоваго камня, расположеннаго перемежающимися рядами

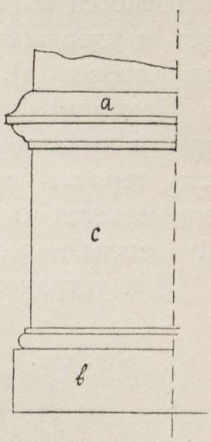
изъ тычковъ и ложковъ. Кладка цоколя здѣсь происходитъ одновременно съ кладкою стѣны, такъ какъ разница въ величинѣ осадки цокольной одежды и стѣны при этомъ весьма незначительна.

Камни для цоколя обтесываются съ лица, съ постелей и съ заусенковъ, при чемъ постелями называются верхнія грани камней, а заусенками—боковыя грани.

Чер. 106.

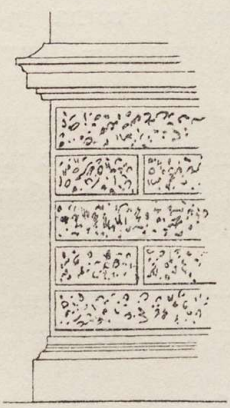


Чер. 107.

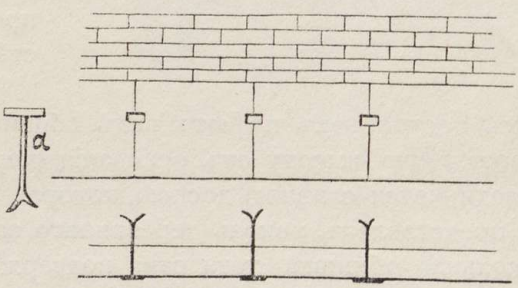


Пояски, ограничивающіе цоколь вверху и внизу, придаютъ цоколю болѣе красивую форму, поэтому цоколи высокіе, принадлежащіе къ богатоукрашеннымъ домамъ, дѣлаются изъ 3 частей (черт. 107): карниза цоколя *a*, стула *c* и базы *b*. Послѣдняя всегда состоитъ изъ гладкаго пояса, находящагося у самой поверхности земли, и нѣсколькихъ обломовъ; высота

Чер. 108.



Чер. 109.



ея равняется $^1/_6$ до $^1/_7$ всей высоты цоколя. Высота карниза обыкновенно меньше высоты базы, а свѣсъ его равняется его высотѣ. Стулъ цоколя, или промежутокъ между базой и карнизомъ, остается гладкимъ или обдѣлывается рустами (какъ это показано на чер. 108).

Большія и многоэтажныя зданія требуютъ высокихъ цоколей; напро-

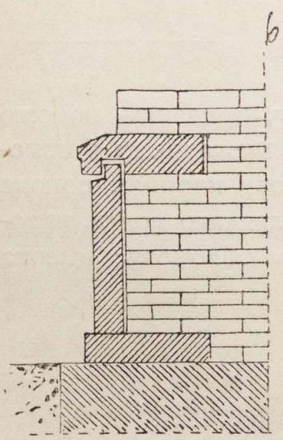
тивъ того, невысокія могутъ имѣть самые низкіе. Обыкновенно городскіе двухъ- и трехъэтажные дома имѣютъ цоколи, составляющіе отъ $^1/_{10}$ до $^1/_{12}$ всей ихъ высоты.

Плиты, которыми при недостаткѣ камня одѣваютъ цоколь снаружи, должны быть прикрѣплены къ нему такъ, чтобы онѣ не могли отдѣлиться и не препятствовали бы правильной осадкѣ стѣнъ. Обыкновенно плиты прикрѣпляются къ стѣнамъ желѣзными закрѣпами, одинъ конецъ которыхъ вкладывается въ стѣну, а другой, раздвоенный, проходитъ между стыками плитъ и удерживаетъ ихъ на мѣстѣ (чер. 109). Или оба конца закрѣпы развѣтляются (а).

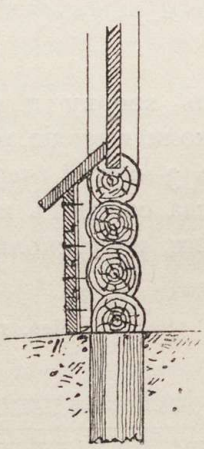
Наконецъ плиты соединяются скобами и т. д. Но всѣ эти желѣзныя закрѣпы имѣютъ свои неудобства, такъ какъ желѣзо ржавѣетъ отъ сырости, теряетъ свою крѣпость, да, кромѣ того, превращаясь въ окись, увеличивается въ объемѣ,—все это, несомнѣнно, вредитъ прочности каменной одежды цоколя.

Для устраненія этихъ недостатковъ плиты прикрѣпляются къ стѣнамъ посредствомъ каменныхъ якорей, отдѣльно, на извѣстныхъ разстояніяхъ, задѣланныхъ въ каменную кладку, или же, составляя цѣлый рядъ якорей, образующихъ какъ бы пазъ, въ который заходятъ четверти плитъ (чер. 110). Для безопасности осадки въ пазахъ якорей оставляютъ запасы. Безъ этой предосторожности плиты могутъ быть раздавлены стѣною, или якоря переломлены, и тогда можетъ произойти отдѣленіе плитъ отъ стѣны.

Чер. 110.



Чер. 111.



Деревянные цоколи при деревянныхъ постройкахъ имѣютъ видъ обшивки, идущей на болѣе или менѣе значительную высоту отъ основанія (чер. 111). Цоколь съ обшивкою стѣны соединяется сливною доскою, которая служитъ для отвода воды. На чер. 111 представленъ цоколь деревяннаго забора.

Цокольная обшивка хотя сама подвержена порчѣ, но зато она защищаетъ нижнія части строенія отъ вліянія на нихъ сырости. По мѣрѣ порчи обшивка перемѣняется.

Къ деревяннымъ цоколямъ слѣдуетъ отнести обдѣлку внутри строенія нижнихъ частей стѣнъ столярными щитами, имѣющими названіе панелей.

Для провѣтриванія подполья въ лѣтнее время въ цоколѣ оставляютъ продушины, которыя на зиму закрываются. Въ настоящее время часто не дѣлаютъ продушинъ, а просто засыпаютъ все подполье пескомъ и устраиваютъ полы, о которыхъ будетъ рѣчь впереди.

б) Опредѣленіе размѣровъ стѣнъ по отношенію къ прочности, устойчивости и теплопроводимости.

а) По отношенію къ прочности и крѣпости стѣнъ ихъ размѣры опредѣляются на основаніи слѣдующихъ соображеній:

Такъ какъ каждый матеріалъ сопротивляется раздавливанію лишь до извѣстныхъ предѣловъ, то толщина и высота стѣнъ находятся въ прямой зависимости отъ этого предѣла. При этомъ слѣдуетъ помнить, что каменная кладка имѣетъ значительно меньшее сопротивленіе, сравнительно съ сопротивленіемъ естественныхъ или искусственныхъ камней, ее составляющихъ. Поэтому толщину стѣны слѣдуетъ опредѣлять на основаніи коэффиціентовъ, добытыхъ путемъ изслѣдованія на раздавливаніе и переломъ не отдѣльныхъ камней, а самой каменной кладки, при чемъ крѣпость такой кладки, какъ это доказано между прочимъ наблюденіями проф. Бёме (Bôme), зависитъ отъ качества раствора, употребленнаго для сцѣпленія камней или для заполненія между ними промежутковъ. Что касается кирпичной кладки, то сопротивленіе ея не можетъ быть выражено вполнѣ точнымъ коэффиціентомъ и зависитъ: во-1-хъ, отъ качества кирпича, который весьма различенъ въ различныхъ мѣстахъ и самъ въ свою очередь зависитъ отъ доброкачественности глины и надлежащаго обжига; во-2-хъ, отъ раствора, употребленнаго для сцѣпленія между кирпичами, и въ-3-хъ, отъ тщательности и правильности работы. Для испытанія сопротивленія кирпичной кладки Нейманъ бралъ массивъ, сложенный изъ 6 кирпичей (черт. 112), и подвергъ его сжатію; при этомъ получились слѣдующіе результаты въ кг. на кв. см.

Чер. 112.

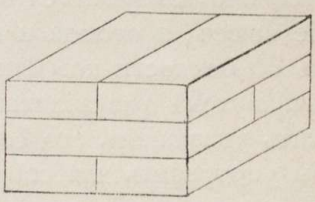


Таблица VI.

	Времен. сопрот.		Прочн. сопрот.	
	Раздавл.	I трещин.	Кг. на кв. см.	Пуд. на □″
Кирпичъ въ отдѣльности	202	110	11,0	4,4
Кирпичная кладка, сложенная на известковомъ растворѣ еще не затвердѣвшемъ . .	58	16	1,6	0,64
Кладка на цементномъ растворѣ въ составѣ 1 ч. ц. и 2 ч. песку	108	65	6,5	2,5

По даннымъ, полученнымъ берлинской королевской механической лабораторіей, мы имѣемъ:

Таблица VII.

	Времен. сопротивл. въ кг. на кв. см. на раздробленіе.
Кирпичная кладка на известковомъ растворѣ черезъ 3 мѣсяца.	112 — 117
Известковый растворъ въ отдѣльности.	12,5

Кирпичная кладка на смѣшанномъ растворѣ 7 ч. изв., 1 ч. ц. и 16 ч. песку черезъ 3 мѣсяца	133 — 153
Этотъ же растворъ въ отдѣльности. .	46
Кладка на растворѣ 1 ч. ц. 6 ч., песку черезъ 3 мѣсяца	144 — 157
Растворъ въ отдѣльности.	123

Испытанія Неймана даютъ слишкомъ малые коэффиціенты; на практикѣ разрушеніе происходитъ не при тѣхъ условіяхъ, при какихъ производились испытанія. Когда возводятся каменныя сооруженія, то кладка постепенно нагружается по мѣрѣ ея возведенія, при чемъ происходитъ сжатіе швовъ, а отсюда и ихъ бо́льшая плотность и бо́льшое сопротивленіе; въ особенности коэффиціентъ крѣпости раствора, въ отдѣльности полученный путемъ раздавливанія кубиковъ изъ этого раствора, не можетъ служить указаніемъ его сопротивленія въ каменной кладкѣ. Кто же рѣшился бы употребить для сооруженія стѣнъ матеріалъ, имѣющій сопротивленіе на раздавливаніе 12,5 кг. на кв. см., т.-е. прочное сопротивленіе равное 1,25 кг. А между тѣмъ мы видимъ на глазахъ примѣры благополучнаго существованія каменныхъ строеній на простомъ известковомъ растворѣ. Очевидно, что въ видѣ тонкихъ горизонтальныхъ слоевъ растворъ имѣетъ несравненно бо́льшее сопротивленіе, чѣмъ въ видѣ кубика.

Данныя, полученныя въ берлинской лабораторіи, какъ видно изъ приведенныхъ величинъ, указываютъ, какая огромная разница въ крѣпости черезъ 3 мѣсяца смѣшаннаго раствора съ примѣсью лишь $^1/_{24}$ части цемента, сравнительно съ простымъ известковымъ растворомъ; вмѣстѣ съ тѣмъ этотъ растворъ придаетъ и значительно большее сопротивленіе самой кирпичной кладкѣ.

Относительно смѣшанныхъ растворовъ, т.-е. тощихъ цементныхъ съ примѣсью извести, нельзя не замѣтить, что они имѣютъ большія преимущества сравнительно съ чисто известковыми растворами. Мы знаемъ, что процессъ затвердѣванія послѣднихъ заключается, во-1-хъ, въ высыханіи ихъ, а во-2-хъ, въ переходѣ известковаго гидрата въ углекислую соль, при чемъ получается твердый камень наподобіе известковаго песчанника. Но этотъ процессъ образованія $CaCO_3$ происходитъ весьма медленно и почти только съ поверхности; въ продолженіе длиннаго періода времени известковый растворъ находится просто въ высушенномъ состояніи, при которомъ известь имѣетъ способность впитывать въ себя влагу и размякать, превращаясь въ слабую массу. Совершенно другія свойства имѣетъ цементный растворъ даже очень тощаго состава (напримѣръ, 1 ч. изв. и 6 ч. песку; см. табл.). По прошествіи 28 дней онъ уже переходитъ въ крѣпкій камень, сильно связывающій кирпичи и превращающій всю кладку въ одну монолитную массу. Даже болѣе тощіе растворы при составѣ 1 ч. ц. и 8 ч. песку могутъ въ тотъ же періодъ времени дать очень твердую и крѣпко связывающую кирпичъ массу. Но, къ сожалѣнію, съ такими тощими растворами не возможно работать—они разсыраются; болѣе же жирные обходятся значительно дороже известковыхъ. Если же тощій цементный растворъ смѣшать съ небольшимъ количествомъ известковаго тѣста, то мы получимъ растворъ такой консистенціи, при которой онъ вполнѣ удобно примѣняется для каменной кладки. Такой растворъ, затвердѣвая и просыхая превращается въ пористую массу, проницаемую для воздуха, а съ нимъ вмѣстѣ и для CO_2, которая, соединясь съ известью, обращаетъ ее въ нерастворимый и неспособный размякать камень.

Можетъ быть покажется страннымъ, почему мы, допуская лишь самую незначительную примѣсь свободной извести въ цементѣ, въ данномъ случаѣ не опасаемся примѣшивать къ нему этого же вещества въ весьма значительномъ количествѣ. Но не слѣдуетъ забывать, что въ чистомъ цементѣ мы имѣемъ дѣло съ пережженой извѣстью, которая гасится очень медленно и сопровождаетъ этотъ процессъ увеличеніемъ въ объемѣ тогда, когда вся масса раствора уже затвердѣетъ; для смѣшаннаго же раствора мы беремъ гашеную известь, не способную увеличиваться въ объемѣ.

Итакъ, смѣшанный растворъ имѣетъ слѣдующія преимущества передъ известковымъ: 1) онъ быстрѣе затвердѣваетъ и даетъ большее сопротивленіе въ короткій срокъ. Такъ, по даннымъ таблицы № 7 мы видимъ, что черезъ три мѣсяца известковый растворъ далъ сопротивленіе на раздавливаніе 12,5 кг. на кв. см., а смѣшанный—46 кг.; 2) онъ затвердѣваетъ не только съ поверхности, но и внутри всей своей массы; 3) разъ затвердѣвъ и просохнувъ, онъ не имѣетъ способности отъ сырости размякать и задерживать влагу, какъ это замѣчается въ высохшемъ известковомъ растворѣ, поэтому стѣны, сложенныя на смѣшанномъ растворѣ, быстрѣе просыхаютъ.

Что касается стоимости, то при составѣ 1:1:8, смѣшанный растворъ, какъ показала практика въ Петербургѣ, обходится лишь на 2,5% дороже известковаго.

Все сказанное объ этомъ новомъ растворѣ даетъ право заключить, что онъ для каменной кладки вообще болѣе пригоденъ, чѣмъ известковый.

Вообще же, при опредѣленіи прочности и крѣпости каменной кладки изъ различныхъ естественныхъ или искусственныхъ матеріаловъ, сложенныхъ на различныхъ растворахъ, можно руководствоваться нижеслѣдующей таблицей *) проф. Бёме, въ которой крѣпость каменной кладки выражена въ процентномъ отношеніи къ сопротивленію камней въ отдѣльности.

Таблица VIII.

Таблица проф. Бёме.

Сопротивленіе.	Составы растворовъ.			
	I.	II.	III.	IV.
	1 ч. извести, 2 ч. песку.	7 ч. извести, 1 ч. цемента, 16 ч. песку.	1 ч. пор. цем., 6 ч. песку.	1 ч. цемента, 3 ч. песку.
δ	44%	48%	55%	63%
δ_1	4,4	4,8	5,5	6,3

Здѣсь δ выражаетъ временное, а δ_1—прочное сопротивленіе.

На основаніи этихъ данныхъ составлена слѣдующая таблица:

Таблица IX.

Названіе камней.	Среднее временное сопротивленіе въ отдѣльности.	Прочн. сопрот. въ кг. на кв. см.	
		Камней въ отдѣльности.	Каменная кладка на растворѣ № 3.
Гранитъ	1107	110	60
Порфиръ	1302	130	72
Песчанникъ	460	46	25
Базальтъ	1382	138	76
Московскій машинный кирпичъ зав. А.	400	40	22
То же, зав. В.	182	18,2	10
Ручной Московскій	35	3,5	1,9
То же другого завода	120	12,0	6,6

*) Handbuch der Architectur, 1 Band, III Th., S. 77.

Сопротивленіе кирпичной кладки въ пудахъ на кв. дюймъ московскаго кирпича, примѣняя таблицу Бёме.

Таблица X.

Кирпичная кладка.	Временное сопротивленіе кирпича.	Прочное сопротивленіе кирпичной кладки на растворѣ:			
		1 ч. извести, 2 ч. песку.	7 ч. извести, 1 ч. цемента, 16 ч. песку.	1 ч. цем., 6 ч. песку.	1 ч. цем., 3 ч. песку.
Ручной кирпичъ.	35	1,54	1,68	1,92	2,20
Машин. кирпичъ.	50	2,2	2,40	2,75	3,15

Въ зависимости отъ различныхъ коэффиціентовъ на раздавливаніе и высота стѣны должна быть въ извѣстныхъ предѣлахъ. Такъ, напримѣръ, кирпичныя стѣны, принимая среднюю величину прочнаго сопротивленія кирпичной кладки на раздавливаніе въ 2,5 пуда на кв. д., должны быть высотою не больше 17 саж.; стѣны изъ слабаго известковаго камня—не выше 10 саж.; изъ тесоваго камня—70 саж. и т. д. Изъ этого слѣдуетъ, что при одинаковой высотѣ, стѣны, сложенныя изъ тесоваго камня, могутъ быть въ 4 раза тоньше кирпичныхъ и вынесутъ одинаковую нагрузку; изъ гранита—въ 28 разъ и т. д.

Поэтому провѣрка стѣнъ относительно раздавливанія дѣлается обыкновенно только въ томъ случаѣ, если онѣ, кромѣ собственнаго вѣса, несутъ особые значительные грузы, вѣсъ коихъ направленъ вертикально.

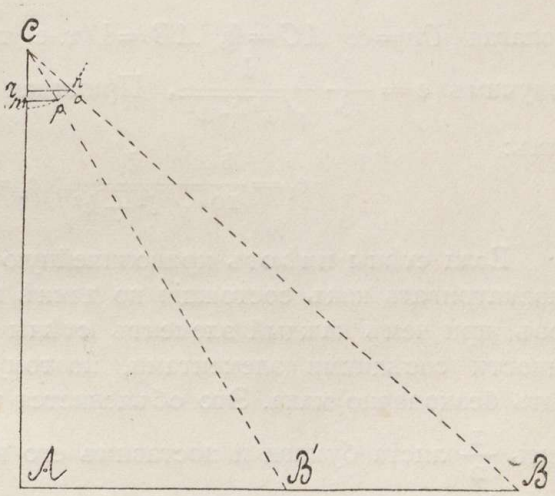
Обозначая этотъ вѣсъ черезъ P *kg*, а собственный вѣсъ стѣны — черезъ G *kg*, площадь, поперечнаго сѣченія ея — черезъ F кв. м., высоту стѣны — h метр., длину — l метр. и ширину — e метр., вѣсъ куб. единицы (куб. м.) кладки—δ, а черезъ k допускаемую нагрузку на 1 кв. м. поверхности, получимъ $Fk=P+g$, а такъ какъ $F=el$, а $g=elh\delta$, то $e=\frac{p}{l(k-h\delta)}$; принимая $l=1$, получимъ $e=\frac{p}{k-h\delta}$, т.-е. толщина стѣны по отношенію къ сопротивленію раздавливанію должна быть пропорціональна грузу, на ней расположенному, и обратно пропорціональна разности между допускаемой нагрузкой на единицу поверхности и произведеніемъ изъ высоты стѣны на вѣсъ куб. единицы кладки. Мы видимъ изъ этой формулы, что существуетъ извѣстный предѣлъ толщины стѣны въ зависимости отъ ея высоты, т.-е. когда $k=h\delta$. Напр., для кирпичной кладки, при сопротивленіи ея=8 кг. на кв. см., предѣлъ высоты $h=\frac{k}{\delta}=\frac{80000}{1600}=50$ м. Положимъ, что $p=50000$ кг. и $h=8$ м., въ такомъ случаѣ при $l=1$ $e=\frac{50000}{80000-8\times1600}=0{,}75$ м., здѣсь δ принята равной 1600 кг.

в) Толщина стѣнъ для удовлетворенія условію устойчивости опредѣляется, смотря по высотѣ ихъ, вѣсу и дѣйствію тѣхъ

силъ, которымъ онѣ подвергаются, а также по свободной, ни съ чемъ не связанной длинѣ ихъ, ибо чѣмъ чаще расположены поперечныя стѣны, тѣмъ болѣе связи въ стѣнахъ, и слѣдовательно, при всѣхъ другихъ одинаковыхъ обстоятельствахъ, толщину ихъ можно уменьшить.

Если бы дѣйствіе всѣхъ силъ, развивающихся и дѣйствующихъ на стѣны, можно было выразить совершенно точно, то и толщина стѣнъ могла бы быть опредѣлена самымъ точнымъ образомъ; но такъ какъ въ большей части случаевъ дѣйствіе внѣшнихъ силъ бываетъ настолько сложно, что выразить ихъ теоретически весьма затруднительно, то обыкновенно пользуются чисто практическими данными по этому предмету и эмпирическими формулами, выведенными изъ опытовъ и наблюденій, повѣренныхъ долголѣтнею прочностью тѣхъ зданій, изъ разсмотрѣнія которыхъ онѣ выведены. Въ этомъ отношеніи обыкновенно руководствуются формулами, предложенными французскимъ инженеромъ Rondelet, который сдѣлалъ выводы изъ разсмотрѣнія до 500 существующихъ построекъ и далъ формулы, обнимающія почти всѣ случаи, могущіе встрѣтиться на практикѣ. Мы не станемъ вдаваться въ подробности правилъ, предложенныхъ Ронделе, а ограничимся лишь главнѣйшими изъ нихъ, а именно:

Чер. 113.



1) Самую бо́льшую устойчивость имѣютъ свободныя стѣны, толщина которыхъ равна $^1/_8$ отъ всей высоты ихъ; нѣсколько меньшую устойчивость при толщинѣ ихъ, равной $^1/_{10}$, и предѣльная толщина ихъ не должна быть меньше $^1/_{12}$ высоты стѣны.

2) Изложенное правило относится лишь къ стѣнамъ, свободно стоящимъ. Если же онѣ ограждаютъ какое-либо замкнутое пространство, имѣющее въ планѣ видъ прямоугольника или многоугольника, то при этомъ толщина ихъ можетъ быть меньше.

Въ этомъ случаѣ толщина стѣнъ опредѣлится слѣдующимъ образомъ: положимъ, что мы имѣемъ прямоугольное пространство, окруженное съ четырехъ сторонъ стѣнами. Пусть AB и AB' (черт. 113) будутъ стороны этого прямоугольника, т.-е. длины поперечной и продольной стѣнъ. Чтобы опредѣлить толщину каждой изъ этихъ стѣнъ, изъ точки A возставляемъ перпендикуляръ AC, равный высотѣ ихъ; изъ точки C, какъ изъ центра, радіусомъ, равнымъ $^1/_8$, $^1/_{10}$ или $^1/_{12}$ отъ высоты AC (смотря по тому, должна ли быть устойчивость стѣны слабая, значительная или средняя) описываютъ часть окружности mn; затѣмъпроводятъ прямую BC, пересѣкающую mn въ точкѣ o. Перпендикуляръ or, опущенный изъ этой точки на AC,

будетъ искомая толщина стѣны при длинѣ ея AB. Для того, чтобы опредѣлить толщину стѣны, длина которой AB', надо провести линію CB' и изъ точки P, пересѣченія ея съ mn, опустить перпендикуляръ на AC, которой и будетъ искомая толщина стѣны. Это правило можетъ быть выражено формулой, выведенной изъ вышеуказаннаго построенія. Въ самомъ дѣлѣ: изъ треугольника ABC имѣемъ $BC = \sqrt{AB^2 + AC^2}$, а изъ подобія треугольниковъ ABC и COr имѣемъ:

$$\frac{Or}{CO} = \frac{AB}{BC} = \frac{AB}{\sqrt{AB^2 + AC}}.$$

Слѣдовательно, подставляя вмѣсто CO его величину, равную $\frac{AC}{8}$ имѣемъ:

$$Or = \frac{AC.\ AB}{8\sqrt{AB^2 + AC^2}}.$$

Полагая $Or = e$, $AC = h$, $AB = l$, т.-е. толщину, высоту и длину стѣны, получимъ $e = \frac{h}{8} \frac{l}{\sqrt{l^2 + h^2}}$. Принимая коэффиціентъ $= \frac{1}{10}$ и $\frac{1}{12}$ получимъ:

$$e_1 = \frac{h}{10} \frac{l}{\sqrt{l^2 + h^2}};\ e_2 = \frac{h}{12} \frac{l}{\sqrt{l^2 + h^2}}.$$

Если стѣны имѣютъ криволинейную форму въ планѣ, то ихъ можно разсматривать какъ состоящія по длинѣ изъ безконечно малыхъ элементовъ, при чемъ каждый элементъ стѣны поддерживается въ своей устойчивости сосѣдними элементами, поэтому толщина такихъ стѣнъ можетъ быть безконечно мала. Это объясняется такимъ примѣромъ: если мы возьмемъ $\frac{1}{2}$ листа бумаги и поставимъ его на ребро въ прямолинейномъ положеніи, то онъ держаться не будетъ; но стоитъ только свернуть его въ форму цилиндра, какъ онъ пріобрѣтаетъ полную устойчивость, хотя толщина стѣнъ такого цилиндра можетъ быть не болѣе $\frac{1}{1000}$ отъ его высоты. Однако на практикѣ необходимо, такъ или иначе, опредѣлить толщину криволинейной стѣны, поэтому Ронделе замѣняетъ кругъ вписаннымъ въ него 12-ти угольникомъ и за длину стѣны принимаетъ сторону этого многоугольника или, что то же, $= \frac{r}{2}$, если r радіусъ окружности; при этомъ толщина e такихъ свободно стоящихъ стѣнъ получается равной

$$l = \frac{h}{8} \frac{\frac{r}{2}}{\sqrt{\frac{r^2}{4} + h^2}}$$

Выведенныя формулы относятся къ стѣнамъ, свободно ограждающимъ какое-либо непокрытое пространство (оградныя стѣны). Въ обыкновенныхъ строеніяхъ наружныя стѣны связаны между собою черезъ нѣсколько

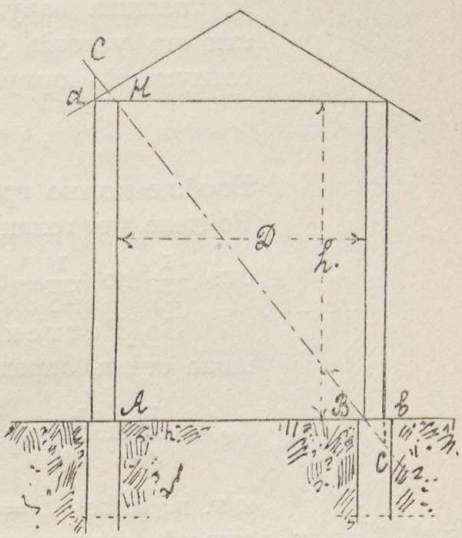
саженъ внутренними стѣнами, кромѣ того, потолочныя балки, стропила и желѣзныя связи соединяютъ какъ наружныя, такъ и внутреннія стѣны въ одно цѣлое, такъ что ни одна изъ нихъ не можетъ принять малѣйшаго движенія, не увлекая за собой другихъ частей строенія. Стало быть, относительно устойчивости, стѣны строеній находятся въ болѣе благопріятныхъ обстоятельствахъ, чѣмъ стѣны, свободно ограждающія какое-нибудь пространство.

При разсмотрѣніи устойчивости стѣнъ могутъ встрѣтиться слѣдующіе случаи:

1) Стѣны ограждаютъ совершенно свободное пространство, однако, покрытое потолкомъ, стропилами и кровлей, и

2) Внутреннее пространство между стѣнами подраздѣляется потолками на этажи, а продольными и поперечными стѣнами — на покои.

Чер. 114.

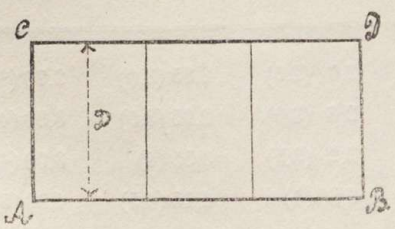


Для опредѣленія толщины въ первомъ случаѣ Ронделе поступаетъ слѣдующимъ образомъ: проведемъ діагональ HB (черт. 114), отложимъ на концахъ этой діагонали части HC и BC, равныя $\frac{1}{12}$ AH. Горизонтальныя проекціи ихъ aH и bH и выразятъ искомую толщину продольныхъ стѣнъ. Послѣднее правило выражается слѣдующей формулой:

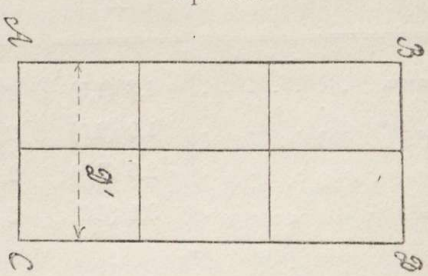
$$e = \frac{h}{12} \frac{D}{\sqrt{D^2 + h^2}},$$

гдѣ D—разстояніе между стѣнами, h—ихъ высота.

Чер. 115.



Чер. 116.

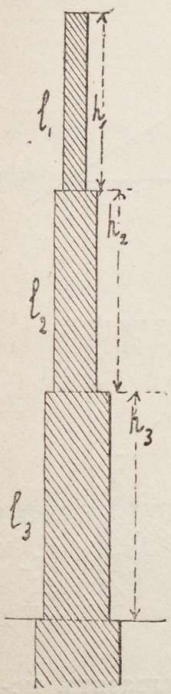


Если строеніе, кромѣ наружныхъ стѣнъ, имѣетъ еще внутреннія поперечныя стѣны (черт. 115), то толщина продольныхъ стѣнъ AB и CD опредѣлится, прибавляя къ разстоянію $AC = D$, $\frac{1}{2}$ высоты зданія h и

взявъ $\frac{1}{24}$ отъ полученной суммы: $e = \frac{D + \frac{1}{2}h}{24}$. При обыкновенныхъ постройкахъ къ этой величинѣ прибавляется еще 0,027 м., а при значительныхъ, монументальныхъ постройкахъ—0,054 м. Если же пространство между стѣнами, кромѣ поперечныхъ стѣнъ, пересѣчено еще продольными стѣнами (чер. 116), то при разстояніи между лицевыми стѣнами $AC = D'$ и высотѣ ихъ h', толщина наружныхъ продольныхъ стѣнъ въ зависимости отъ условія устойчивости опредѣляется, по Ронделе, слѣдующей формулой:

$$e = \frac{D' + h'}{48}.$$

Чер. 117.



Вообще можно принять, на основаніи правилъ и опытовъ Ронделе, что толщина стѣнъ крытыхъ строеній должна быть отъ $\frac{1}{25}$ до $\frac{1}{15}$—средняя $\frac{1}{20}$ отъ высоты ихъ.

По Реттенбахеру, для заводскихъ строеній толщина стѣнъ опредѣляется по слѣдующей формулѣ:

$$e_1 = \frac{D}{40} + \frac{h_1}{25};\ e_2 = \frac{D}{40} + \frac{h_1 + h_2}{25};\ e_3 = \frac{D}{40} + \frac{h_1 + h_2 + h_3}{25}$$

и т. д.; здѣсь D = ширинѣ зданія, h_1, h_2, h_3 и т. д.—вышина этажей, считая отъ пола до пола, какъ обозначено на чер. 117 и e_1, e_2 и e_3—поэтажная толщина стѣны.

Таблица XI.

Толщины стѣнъ, опредѣленныхъ по формуламъ Реттенбахера для фабричныхъ зданій при высотѣ этажей = 15′.

Номера этажей, считая сверху.	Толщина стѣны въ футахъ при ширинѣ строенія:				
	28′	42′	56′	70′	84′
1 этажъ	1,3 (1,5)	1,65 (2,0)	2,0 (2,5)	2,35 (3,0)	2,70 (3,5)
2 „	1,9 (2,0)	2,25 (2,5)	2,6 (3,0)	2,95 (3,5)	3,30 (4,0)
3 „	2,5 (2,5)	2,85 (3,0)	3,2 (3,5)	3,55 (4)	3,90 (4,5)
4 „	3,1 (3,0)	3,25 (3,5)	3,80 (4)	4,15 (4,5)	4,50 (5,0)

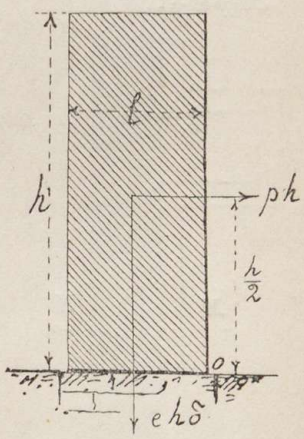
Примѣчаніе. Цифры, поставленныя въ скобкахъ, обозначаютъ число кирпичей въ круглыхъ числахъ. Правила Реттенбахера и для всякихъ другихъ строеній даютъ результаты очень подходящіе для практическихъ цѣлей.

Примѣръ. Залъ шириною 12 м. и высотою 8 м.

$$e = \frac{12{,}0}{40} + \frac{8{,}0}{25} = 0{,}62 \text{ м.} \infty 2{,}5 \text{ кирпича.}$$

Когда возводятся свободно стоящія стѣны значительной высоты, какъ, напримѣръ, пограничные брандмауеры, то необходимо провѣрить устойчивость стѣны и по отношенію къ сопротивленію ихъ напору вѣтра. Для этого необходимо, чтобы моментъ силы тяжести стѣны, взятый относительно наружнаго ребра (противоположнаго напору вѣтра) подошвы стѣны, около котораго вѣтеръ стремится ее опрокинуть, былъ бы равенъ моменту силы давленія вѣтра относительно того же ребра. Слѣдовательно, для статическаго равновѣсія, полагая длину стѣны равной сажени, имѣемъ (чер. 118) $eh\delta\frac{e}{2} = ph\frac{h}{2}$, откуда $e = \sqrt{\frac{ph}{\delta}}$, гдѣ p—давленіе вѣтра на кв. единицу поверхности стѣны, а δ—вѣсъ 1 куб. единицы каменной кладки, ph—давленіе вѣтра на единицу длины стѣны, при чемъ точка приложенія равнодѣйствующей этого давленія будетъ на разстояніи $\frac{h}{2}$ и моментъ относительно ребра вращенія o выразится $ph\frac{h}{2}$, eh — объемъ стѣны, $eh\delta$—вѣсъ стѣны, точка приложенія котораго въ центрѣ объема, слѣдовательно моментъ этой силы $= \frac{\delta he^2}{2}$.

Чер. 118.



Давленіе вѣтра, дѣйствующаго на стѣну, пропорціонально величинѣ поверхности стѣны и квадрату скорости вѣтра. Выражая черезъ F площадь, подверженную давленію вѣтра, въ кв. метр., v—скорость вѣтра, то давленіе выразится: $P = 0{,}12248\ Fv^2$. Для наибольшаго давленія принимаютъ $v = 35$ м. тогда $P = 150$ кг. на кв. м.

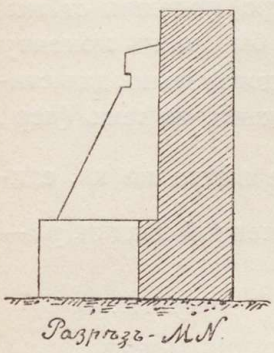
Изъ вышеприведеннаго уравненія моментовъ видно, что степень устойчивости стѣны, т.-е. моментъ сопротивленія опрокидыванію, пропорціональна квадрату толщины стѣны въ нижней ея части. Пользуясь этимъ, можно достигнуть бо́льшей устойчивости стѣны не сплошнымъ ея утолщеніемъ, а только утолщеніемъ книзу или устройствомъ выступовъ съ одной или съ двухъ сторонъ стѣны, на нѣкоторомъ разстояніи одинъ отъ другого, въ формѣ пилястръ или контрофорсовъ, какъ это показано на чер. 119 въ разрѣзѣ и 120—въ планѣ. За ось вращенія въ этихъ случаяхъ принимаются нижнія горизонтальныя ребра выступовъ, противоположныхъ дѣйствію распора.

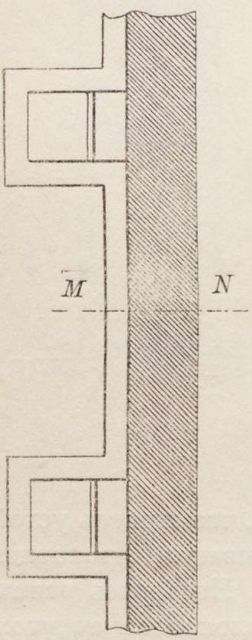
Толщина подпорныхъ стѣнъ выводится въ зависимости отъ величины бокового давленія вѣса подпертой земли и того груза, который располагается на верхней, наружной поверхности подпертой земляной призмы. Практическое правило для опредѣленія размѣровъ подобныхъ

стѣнъ заключается въ слѣдующемъ (чер. 121): при кирпичной стѣнкѣ уширеніе книзу $= \frac{1}{15}$ до $\frac{1}{10}$ H, а средняя толщина стѣны принимается = отъ $\frac{1}{4}$ до $\frac{1}{3}$ H.

Всѣ вышеозначенныя формулы были выведены для толщины стѣнъ въ зависимости отъ условія ихъ устойчивости и относятся къ нижнему поперечному ихъ сѣченію, т.-е. ограниченному тѣми ребрами, около которыхъ, въ случаѣ опрокидыванія стѣны, будетъ происходить вращеніе. Далѣе, вверхъ, стѣны могутъ быть сдѣланы тоньше, уступая по-этажно, что значительно сберегаетъ матеріалъ, устойчивость же стѣнъ отъ этого нисколько не уменьшается. Уступы въ кирпичныхъ стѣнахъ, очевидно, не могутъ быть менѣе $\frac{1}{2}$ кирпича.

Чер. 119.

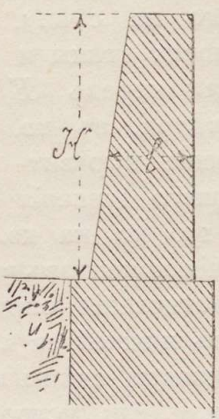




Чер. 120.

с) При опредѣленіи толщины стѣнъ для жилыхъ строеній необходимо, чтобы наружныя стѣны не обладали слишкомъ значительной теплопроводимстью, т.-е. чтобы температура ихъ внутренней поверхности въ самые сильные морозы не отличалась бы слишкомъ рѣзкой разницей отъ внутренней температуры покоя (средняя — около 20° С.); въ противномъ случаѣ на этой поверхности будетъ осаждаться влага, а можетъ быть и иней. Это явленіе обыкновенно называется промерзаніемъ стѣнки.

Чер. 121.



Въ нашемъ климатѣ, если стѣны сложены изъ сплошной кирпичной кладки, то толщина ихъ для жилого помѣщенія должна быть въ $2\frac{1}{2}$ кирпича, не менѣе; изъ известняка—0,5 саж. и изъ гранита — 0,6 саж. Взявъ это во вниманіе и расчитывая толщину стѣнъ одноэтажныхъ строеній по отношенію къ ихъ устойчивости, по Ронделе, даже для кирпичныхъ стѣнъ, мы получимъ размѣры, которые далеко не достаточны, чтобы противодѣйствовать промерзанію. Въ подобныхъ случаяхъ для нашего суроваго климата весьма полезно примѣнять стѣны съ пустотами внутри (о чемъ будетъ сказано ниже), съ заполненіемъ этихъ пустотъ какимъ-либо дурно проводящимъ тепло матеріаломъ.

Несложный подсчетъ даетъ возможность теоретически опредѣлить температуру внутренней поверхности наружной стѣны жилого дома въ періодъ наибольшей разности температуръ, т.-е. при морозахъ въ—30° С. *)

Представимъ себѣ вертикальную кирпичную стѣну a, b, c, d (чер. 121а) и обозначимъ черезъ:

T и t—температуру воздуха внутренняго, по лѣвую и наружнаго, по правую сторону стѣны;

t' и t''—соотвѣтств. температуры поверхностей стѣны;

Q' и Q''—коэффиціенты потери тепла;

e—толщина стѣны, и λ—коэффиц. теплопроводности.

Съ внутренней стороны потеря тепла происходитъ путемъ лученспусканія и прикосновенія воздуха, поэтому $Q' = K_1 + K_2$; съ внѣшней же стороны—только прикосновеніемъ воздуха, поэтому $Q'' = K_1$.

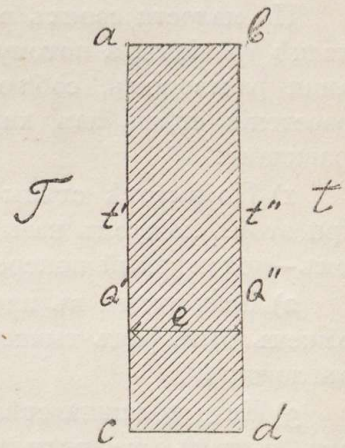
Чтобы найти значеніе t', мы имѣемъ уравненіе

$$T - t' = \frac{W\,(T-t)}{Q'};\ \text{откуда}\ t' = T - \frac{W\,(T-t)}{Q'} \quad \ldots\ldots\ldots\ (a).$$

Здѣсь W обозначаетъ, такъ называемый, всеобщій коэффиціентъ передачи тепла и равенъ

$$W = \frac{1}{\frac{1}{Q'} + \frac{e}{\lambda} + \frac{1}{Q''}} \quad \ldots\ldots\ldots\ (b).$$

Чер. 121 а.



Согласно данымъ Пекле мы можемъ принять для кирпичной стѣнки: $Q'' = K_1 = 0{,}5$; $Q' = K_1 + K_2 = 0{,}5 + 0{,}8 = 1{,}3$; $\lambda = 0{,}5$; $T = 20°$ С.; $t = -30°$ С. и $(T-t) = 50°$ С.

Вставляя эти величины въ уравненіе (b), получимъ

$$W = \frac{1}{2{,}77 + \frac{e}{0{,}5}},$$

а на основаніи уравненія (a)

$$t' = T - \frac{50}{3{,}6 + 2{,}6\,e}$$

Этотъ выводъ намъ даетъ возможность опредѣлять t' при различныхъ толщинахъ стѣны (e).

Такъ при $e = 0{,}83$ ф., т.-е. въ 1 кирпичъ

$$t' = 20 - \frac{50}{3{,}6 + 2{,}6 \times 0{,}83} = 20 - 10{,}5 = 9{,}5° \text{ С.}$$

При $e = 1{,}25$ ф., т.-е. $1^1/_2$ кирпичамъ

$$t' = 20 - \frac{50}{3{,}6 + 2{,}6 \times 1{,}25} = 20 - 7{,}4 = 12{,}6° \text{ С.}$$

При $e = 2{,}33$ фут., 1 аршину, т.-е. въ $2^1/_2$ кирпича.

$$t' = 20 - \frac{50}{3{,}6 + 2{,}6 \times 2{,}33} = 20 - 5{,}17 = 14{,}83° \text{ С.}$$

Слѣдовательно мы видимъ, что при аршинной стѣнѣ температура внутренней поверхности ея равна почти 15° С., поэтому эта толщина и принята для жилыхъ строеній.

---

*) См. Лукашевичъ. Курсъ Отопленія и Вентиляціи.

Кладка кирпичныхъ стѣнъ. Кирпичъ лучше другихъ каменныхъ матеріаловъ удовлетворяетъ условіямъ, которыя требуются отъ стѣнъ жилыхъ строеній. Достоинства кирпича слѣдующія:

1) Малая теплопроводность сравнительно съ естественнымъ камнемъ.

По Пекле, теплопроводность:

Кирпича	отъ	0,3796	до 0,5.
Мрамора	„	2,069	„ 2,59.
Известняка грубаго . .	„	1,265	„ 1,548.

2) Пористость (воздухопроницаемость).

3) Быстрота производства работъ по возведенію самой кладки.

4) Вѣсъ кирпича, какъ нельзя болѣе подходитъ къ средней силѣ каменщика и не требуетъ для своего перемѣщенія никакихъ приспособленій.

5) Дешевизна.

По малости своихъ размѣровъ кирпичъ не можетъ удерживаться въ кладкѣ треніемъ, а потому, чтобы сдѣлать кладку прочною, нужно связать камни растворомъ, соблюдая въ то же время строгую перевязку. При возведеніи стѣнъ изъ кирпича слѣдуетъ руководствоваться слѣдующими правилами:

1) По высотѣ стѣны ложки должны перемежаться съ тычками. При этомъ ложкомъ называется кирпичъ, положенный вдоль стѣны, а тычкомъ—положенный поперекъ.

2) Если стѣны въ планѣ составляютъ уголъ, то по одной его сторонѣ долженъ быть рядъ тычковъ, а по другой—тотъ же рядъ долженъ состоять изъ ложковъ.

3) Если толщина стѣны измѣряется цѣлой длиной кирпича, то въ одномъ и томъ же ряду, какъ съ одной, такъ и съ другой его стороны должны обнаружиться въ ложковыхъ рядахъ—ложки, а въ тычковыхъ—тычки. Если же толщина стѣны измѣряется не цѣлой длиной кирпича, а половинками (наприм., $1\frac{1}{2}$, $2\frac{1}{2}$, $3\frac{1}{2}$ и т д.), то одинъ и тотъ же рядъ, выходя съ одной стороны ложками, обнаруживаетъ съ другой стороны тычки, и наоборотъ.

4) Швы должны быть въ перевязку, т.-е. вертикальные швы одного ряда не должны находиться въ одной вертикальной плоскости со швами непосредственно надъ или подъ ними лежащихъ рядовъ, а должны непремѣнно встрѣчать тѣло кирпича.

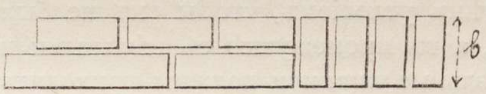
5) Если всѣ стѣнки пересѣкаются подъ угломъ, то ряды кирпичей должны располагаться такимъ образомъ, чтобы внутренняя линія одной стѣны пересѣкала бы внутреннюю линію другой, встрѣчая не стыкъ, а непремѣнно тѣло кирпича; слѣдовательно, кирпичъ долженъ пропускаться до половины или менѣе своей длины или ширины (ложковъ или тычковъ) за пересѣченіе линіи, образующей внутренній уголъ стѣны.

6) Во внутрь стѣны нужно класть по возможности больше тычковъ, такъ, чтобы ложки были только наружными кирпичами.

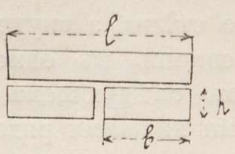
7) Для соблюденія перевязки приходится употреблять части кирпичей: четвертныя, половинчатыя и трехчетвертныя; ихъ кладутъ большею частью въ углахъ стѣнъ. Впрочемъ употребленіе такихъ частей должно быть по возможности меньше, потому что для полученія ихъ нужно отесывать цѣлые кирпичи, т.-е. терять время и матеріалъ; кромѣ того, такія части не имѣютъ такой прочности, какъ цѣлые кирпичи, такъ какъ при тескѣ ослабляется связь между частицами.

Прежде, чѣмъ перейти къ разсмотрѣнію различныхъ способовъ перевязки и разрѣзки кирпичной кладки, опредѣлимъ тѣ размѣры, какіе долженъ имѣть кирпичъ, чтобы была возможность соблюсти правила разрѣзки; для этого необходимо, чтобы относительные размѣры кирпича удовлетворяли бы слѣдующимъ условіямъ: 1) чтобы два горизонтальныхъ ряда кирпичей, положенныхъ плашмя одинъ на другой вмѣстѣ съ горизонтальнымъ швомъ, соотвѣтствовали высотѣ кирпича, поставленнаго на ребро (черт. 122); 2) чтобы два тычка съ промежуточнымъ вертикальнымъ швомъ покрывались однимъ ложкомъ (черт. 123).

Чер. 122.



Чер. 123.



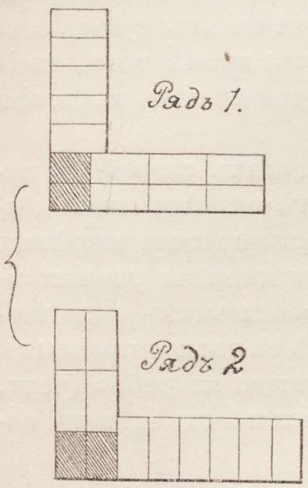
Слѣдовательно, если мы назовемъ длину, ширину и толщину кирпича буквами l, b, h, а толщину шва—e, то необходимо, чтобы $l = 2b + e$, $b = 2h + e$. На основаніи § 15 Уроч. положенія, обыкновенный красный кирпичъ долженъ имѣть размѣры 6 вершк., 3 и $1\frac{1}{2}$, т.-е. $l = 2b$, $b = 2h$, какъ бы предполагая, что толщина шва равна нулю. Очевидно, что изъ такого кирпича нельзя имѣть кладку съ правильной перевязкой, и что по отношенію къ размѣрамъ кирпича въ нашемъ уроч. положеніи вкралась ошибка, которую желательно исправить; поэтому 2-й съѣздъ русскихъ зодчихъ въ Москвѣ (1895 г., февраль) постановилъ: ходатайствовать передъ правительствомъ объ утвержденіи слѣдующихъ нормальныхъ размѣровъ краснаго (стѣннаго) кирпича: длина—0,125 с., ширина—0,06 саж. и толщина—0,03 саж. Этими размѣрами допускается отступленіе отъ 2-го требованія, въ виду рѣдкихъ случаевъ, когда необходимо горизонтальные ряды комбинировать съ кирпичомъ на ребро.

Разсмотримъ теперь употребительнѣйшіе способы перевязокъ. Простѣйшій изъ нихъ—перемѣнными рядами, т.-е. рядъ ложкомъ, а другой рядъ тычкомъ.

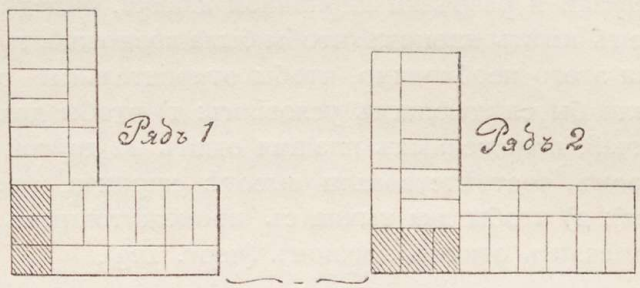
Такъ какъ кирпичъ имѣетъ опредѣленные размѣры, то и толщина кирпичныхъ стѣнъ опредѣляется кратнымъ числомъ ширины кирпича, такимъ образомъ стѣны бываютъ въ $\frac{1}{2}$, 1, $1\frac{1}{2}$, 2, $2\frac{1}{2}$, 3 и т. д. кирпичей. На черт. 124, 125, 126 представлены образчики такихъ кладокъ перемѣнными

рядами. Ряды первый и второй идутъ въ перемежающемся порядкѣ; трехчетвертные кирпичи, для отличія отъ цѣльныхъ, заштрихованы. Изъ представленныхъ способовъ кладки стѣнъ видно, что тутъ употребленъ исключительно кирпичъ цѣлый и трехчетвертной, на практикѣ же всегда имѣется большое количество пополамъ разбитаго кирпича, который тоже долженъ быть употребленъ въ дѣло, но класть такой кирпичъ отнюдь не должно

Чер. 124.

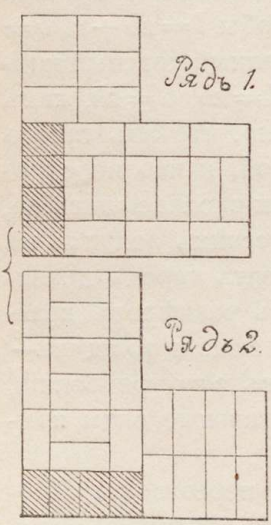


Чер. 125.



на лицо стѣны, а внутрь, и съ тѣмъ условіемъ, чтобы онъ не былъ положенъ сплошь въ одномъ ряду, а въ промежуткѣ съ цѣльными и, кромѣ того, въ слѣдующемъ ряду цѣльные кирпичи должны приходиться надъ ломанами нижними рядами, и наоборотъ.

Чер. 126.



На западѣ чаще всего употребляется способъ кладки весьма прочный и красивый, называемый крестовой кладкой, которая представлена на чертежѣ 4 и 5 листъ I въ планѣ, въ видѣ шести рядовъ, а въ фасадѣ—на черт. 6 того же листа. Примѣръ взятъ для стѣны толщиною въ $2^1/_2$ кирпича. Отличительный признакъ этой кладки заключается въ томъ, что съ внѣшней стороны, какъ это видно изъ чертежа 6, образуются не входящіе другъ въ друга, а отдѣльно одинъ надъ другимъ расположенные кресты.

Въ этой кладкѣ вертикальные швы ложковъ, расположенные по направленію отвѣсной линіи, раздѣляются не однимъ рядомъ кирпичей, какъ въ предыдущемъ способѣ кладки, а тремя рядами, что обусловливаетъ лучшую перевязь, а потому и большую прочность стѣны.

Чтобы уяснить себѣ способы крестовой кладки, надо замѣтить, что при этомъ ряды тычковъ точно такъ же смѣняются ложками, какъ и въ предшествовавшемъ способѣ; разница въ томъ, что два послѣдующихъ ложковыхъ ряда не одинаковы, какъ это видно на чертежѣ. Кладка ведется слѣдующимъ образомъ: въ 1-мъ ряду, по наружной сторонѣ стѣны, рас-

полагаются ложки, при чемъ съ угла положены трехчетвертные; 2-й рядъ тычковый, 3-й рядъ, опять ложки, но съ той разницей, что, кромѣ трехчетвертного, по наружному ряду кладется половинка, послѣ которой уже укладываются ложки; 4-й рядъ опять тычки; 5-й рядъ—ложковый, обыкновенный, безъ введенія половинки, съ употребленіемъ лишь трехчетвертныхъ; 6-й рядъ—тычки и т. д. Этотъ способъ кладки вмѣстѣ съ бо́льшей прочностью даетъ довольно красивый видъ съ поверхности стѣны (съ фасада черт. 6 листъ 1). Правда, что здѣсь отъ каменщика, стоящаго на углу, требуется больше вниманія и аккуратности; но если только эта одна причина служитъ препятствіемъ къ распространенію у насъ способа крестовой кладки, то надо думать, что впослѣдствіи онъ будетъ въ большомъ употребленіи. На чертежахъ, кромѣ кладки кирпичныхъ стѣнъ въ углахъ, показаны кладки въ оконныхъ и дверныхъ отверстіяхъ съ употребленіемъ трехчетвертныхъ кирпичей.

Кромѣ правильной перевязки, весьма важное значеніе при производствѣ каменной кладки имѣетъ качество раствора (о чемъ уже было сказано) и соблюденіе горизонтальности швовъ. Послѣднее обстоятельство важно въ томъ отношеніи, что при горизонтальности рядовъ растворъ можетъ выдержать очень большое давленіе; если же это не соблюдено, то возникающія усилія скалыванія появляются какъ въ самомъ растворѣ, такъ и въ мѣстахъ его сцѣпленія съ камнями.

На практикѣ точное соблюденіе горизонтальности швовъ невозможно, поэтому сила сцѣпленія между элементами каменной кладки, противодѣйствующая скалыванію,—имѣетъ большое значеніе.

Въ этомъ отношеніи весьма интересны наблюденія французскаго ученаго R. Feret, который пришелъ къ слѣдующимъ выводамъ:

1. Сцѣпленіе одного и того же раствора съ различными тѣлами—различно.

Сцѣпленіе растворовъ съ камнями зависитъ отъ крупности зеренъ послѣднихъ, и оно тѣмъ болѣе, чѣмъ каменный матеріалъ пористѣе. Величина сцѣпленія не зависитъ отъ величины неровностей и шероховатостей на сцѣпляемыхъ поверхностяхъ камня: напр., сопротивленіе сцѣпленію почти одно и то же, были ли поверхности камней, до ихъ скалыванія, сдѣланы гладкими, или же имѣли впадины и выпуклости, до сантиметра величиной По отношенію къ желѣзу, напротивъ, сцѣпленіе болѣе въ томъ случаѣ, когда поверхность желѣза шероховата, чѣмъ если она отшлифована.

2. Сцѣпленіе раствора съ каменными матеріалами уменьшается, если ихъ поверхности загрязнены, или недостаточно смочены передъ употребленіемъ въ кладку.

Сопротивленіе растворовъ мало возрастаетъ съ ихъ уплотненіемъ (?).

3. Для одного и того же строительнаго матеріала сцѣпленіе растворовъ одинаковаго состава, но приготовленныхъ изъ портландъ-цементовъ весьма различнаго качества, очень мало разнится; иногда даже величина этого сцѣпленія больше для плохихъ цементовъ (?), чѣмъ для цементовъ лучшаго качества.

Далѣе Feret доказалъ, что для одного и того же цемента сцѣпленіе его возрастаетъ съ увеличеніемъ тонкости помола.

Цементы романскіе и гидравлическія извести развиваютъ, при одинаковомъ составѣ растворовъ, меньшее сцѣпленіе, чѣмъ цементы портландскіе. Смѣси портландъ-цемента съ другими вяжущими веществами даютъ меньшія сцѣпленія, чѣмъ чистый портландъ-цементъ.

4. Величина зеренъ песка вліяетъ почти такъ же на сцѣпленіе, какъ и на сопротивленіе разрыву. Вообще говоря, чѣмъ большее количество крупныхъ зеренъ содержитъ песокъ, тѣмъ больше и сцѣпленіе растворовъ.

5. Сцѣпленіе, растворовъ при равныхъ прочихъ условіяхъ, не пропорціонально количеству цемента, входящему въ нихъ. Повидимому, послѣ достиженія нѣкоторой степени жирности раствора, является почти непроизводительнымъ увеличеніе содержанія въ немъ цемента.

6. Вліяніе на сцѣпленіе природы воды, взятой для затворенія,—ничтожно, но вліяніе пропорціи ея весьма значительно. Сцѣпленіе, почти нулевое для растворовъ, затворенныхъ очень сухо, быстро возрастаетъ съ увеличеніемъ пропорціи воды и достигаетъ максимума для растворовъ нормальной консистенціи или нѣсколько болѣе мокрыхъ. При смачиваніи камней кладки, сцѣпленіе ихъ съ растворомъ увеличивается.

Кстати замѣтимъ, что старый кирпичъ, поры коего заполнены затвердѣвшимъ растворомъ, имѣетъ значительно меньшее сцѣпленіе съ послѣднимъ, такъ какъ растворъ уже не присасывается поверхностью кирпича; поэтому старый кирпичъ можно только вводить въ кирпичную кладку вперемежку съ новымъ: одинъ или два ряда черезъ 5—6 рядовъ новаго.

Кладка пустотѣлыхъ стѣнъ.

Выше было указано, что въ нашемъ суровомъ климатѣ, гдѣ нужно обращать вниманіе на теплопроводимость стѣнъ, весьма полезно примѣнять способъ кирпичной кладки стѣнъ съ пустотами внутри, заполненными какимъ-либо дурнымъ проводникомъ, или же, облицовывать стѣны, пустотѣл. кирпичомъ. Очевидно, что такія стѣны менѣе теплопроводимы, т.-е. болѣе способны сберегать тепло въ комнатахъ.

На основаніи законовъ охлажденія тѣлъ и коэффиціентовъ Пекле теплопроводимости матеріаловъ и потери тепла лучеиспусканіемъ и прикосновеніемъ воздуха, составлена слѣдующая таблица:

Таблица XII.

Потеря тепла одной кв. саженью поверхности наружныхъ стѣнъ каменныхъ строеній при разности температуръ комнатной и наружной на 1^0 С. и въ 1 часъ времени.

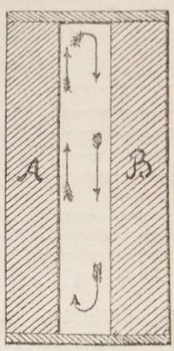
	Един. тепл.
1. Для стѣнъ въ два кирпича	9,8
2. „ „ „ $2^1/_2$ „	8,33
3. „ „ „ 3 „	7,25
4. Для стѣнокъ, сложенныхъ въ $1^1/_2$ кирпича съ промежуткомъ въ $^1/_2$ кирпича, засыпаннымъ толченымъ углемъ (Герардовы стѣны)	4,21
5. Герардовы стѣны съ оболочками въ $^1/_2$ кирпича и промежуткомъ въ $2^1/_2$ вер., заполненныхъ толченымъ углемъ	4,6
6. Тоже съ заполненіемъ вмѣсто угля золою	4,41
7. Для стѣнъ толщиною въ $2^1/_2$ кирпича съ облицовкою въ томъ числѣ пустотѣлымъ кирпичомъ, располагая послѣдній тычкомъ и ложкомъ	7,54
8. То же съ облицовкою въ $^1/_2$ кирпича пустотѣлымъ	7,76
9. Для стѣнъ въ 2 кирпича съ облицовкою въ томъ числѣ пустотѣлымъ кирпичомъ, располагая оный тычкомъ и ложкомъ по внутренней сторонѣ наружныхъ стѣнъ	8,8
10. То же съ облицовкою, толщиною въ одинъ пустотѣлый кирпичъ .	7,0

Изъ этой таблицы видно, что наивыгоднѣйшія по отношенію къ сохраненію тепла суть Герардовы стѣны, съ пустотами, заполненными внутри золой или толченымъ углемъ. Стѣны, сложенныя въ $1^1/_2$ кирпича съ промежутками, заполненными золою, вдвое болѣе сохраняютъ тепла, чѣмъ стѣны толщиною въ $2^1/_2$ кирпича сплошной кладки; въ этомъ случаѣ, слѣдовательно, употребляя, взамѣнъ 1077 кирпичей, только 648 на каждую кв. сажень стѣны, достигается бо́льшее сбереженіе тепла, а стало быть, топлива.

Необходимо замѣтить, что хотя теоретически стѣны съ воздушной прослойкой, ничѣмъ не заполненной, и должны быть менѣе теплопроводны, чѣмъ сплошныя, но на практикѣ это далеко не подтверждается; стѣны же съ промежуткомъ, засыпаннымъ золой, углемъ или забитыя торфянымъ порошкомъ, обнаруживаютъ, какъ видно изъ таблицы, значительно меньшую теплопроводимость.

Bussler доказалъ наблюденіями, что стѣна съ воздушной прослойкой теплопроводима почти въ одинаковой степени, какъ и сплошныя стѣны, при чемъ, главнымъ образомъ, тепло теряется отъ болѣе нагрѣтой стѣнки путемъ лучеиспусканія; потеря уменьшается при болѣе гладкой, полированной поглощающей поверхности, какъ это мы видимъ при двойныхъ оконныхъ рамахъ. Наружное стекло отражаетъ лучеиспусканіе отъ внутренняго. Весьма практичнымъ матеріаломъ для заполненія промежутковъ является такъ называемый кизелькуръ, или инфузорная кремнистая земля. При полной несгораемости и весьма малой гигроскопичности это сыпучее тѣло обладаетъ ничтожной теплопроводимостью *).

Чер. 127.



Передача тепла черезъ воздушный прослоекъ, ничѣмъ не заполненный, происходитъ отъ того, что воздухъ, будучи самъ по себѣ дурнымъ проводникомъ въ совершенно покойномъ состояніи, въ то же самое время обладаетъ свойствомъ теплопрозрачности и подвижности. Вслѣдствіе этого двѣ кирпичныя стѣны, ограждающія воздушную прослойку, могутъ свободно лучеиспускать тепло другъ другу, а воздухъ, нагрѣваясь соприкасаніемъ съ поверхностью болѣе теплой стѣнки, переноситъ эту теплоту къ поверхности болѣе холодной стѣны. Представимъ себѣ двѣ стѣнки A и B (черт. 127), между которыми воздушная прослойка; при этомъ температура T лѣвой поверхности больше t—правой. Очевидно, что воздухъ будетъ постоянно двигаться до тѣхъ поръ, пока температуры этихъ стѣнокъ не сравняются. Поэтому для того, чтобы уменьшить по возможности теплопроводимость кирпичной кладки, надо прослойку между оболочками заполнить дурнымъ проводникомъ изъ тѣлъ твердыхъ. Герардовы стѣны весьма выгодны въ указанномъ отношеніи, но онѣ мало распространены на практикѣ лишь потому, что требуютъ болѣе тщательной работы и кладки на гу-

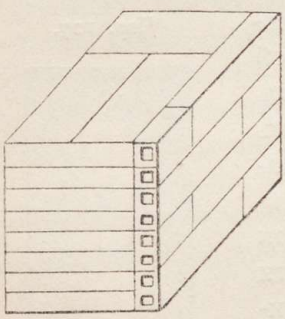
*) См. статью о несгораемыхъ потолочныхъ покрытіяхъ: трепельный кирпичъ.

стомъ растворѣ, къ которой наши каменщики не привыкли. На Ганноверской ж. д. почти всѣ строенія построены такимъ образомъ.

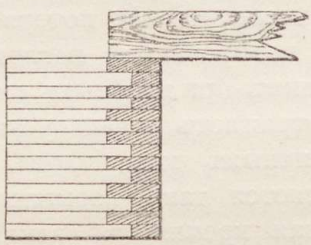
На чертежѣ 7, листъ 2, представлены 2 (послѣдовательныхъ) ряда такой кладки. Здѣсь наружная оболочка стѣны состоитъ изъ 1 кирпича, а внутренняя—изъ $^1/_2$ кирпича, промежутокъ между обѣими оболочками равенъ $1^1/_2$ верш. Черезъ каждые 12 верш., т.-е. черезъ 2 ложка, кладется тычокъ, состоящій изъ цѣльнаго кирпича, заполняющаго и входящаго въ противоположную стѣнку на $1^1/_2$ вершка, вслѣдствіе этого необходимо класть половинку кирпича для того, чтобы имѣть по всей длинѣ стѣны сплошную пустоту.

Для полученія сплошного промежутка и вмѣстѣ съ тѣмъ для достиженія возможной устойчивости и прочности стѣнъ, кладку можно вести такъ, какъ это показано на чертежѣ 10, листъ 2. Здѣсь промежутокъ ведется зигзагами и равенъ $^1/_2$ кирпича, такъ что въ общей сложности стѣнка имѣетъ толщину въ $2^1/_2$ кирпича.

Чер. 128.



Чер. 129.



Чтобы имѣть пустоту на $^1/_4$ кирпича, но не сплошную въ вертикальной плоскости, кладку располагаютъ такъ, какъ это показано на черт. 8, (два ряда въ планѣ) и 9 (въ вертикальн. разрѣзѣ), листъ 2; при этомъ очевидно, что движеніе воздуха, показанное на черт. 127, будетъ замедляться, а съ этимъ вмѣстѣ и теплопередача.

При употребленіи пустотѣлаго кирпича для той же цѣли, т.-е. взамѣнъ сплошныхъ пустотъ, достигается бо́льшая прочность стѣны. При этомъ дѣлаютъ или только одну облицовку въ 1, $^1/_2$ или $^1/_4$ кирпича (черт. 11 листъ 2 и чер. 128), или кладутъ сплошь стѣну изъ пустотѣлаго кирпича. Изъ пустотѣлаго кирпича стѣна устойчивѣе въ смыслѣ сопротивленія дѣйствію распора или давленію вѣтра, но обратная крѣпость по отношенію къ вертикально дѣйствующимъ силамъ меньшая, нежели Герардовскихъ стѣнъ, или съ пустотами. Это ясно видно изъ самой формы пустотѣлаго кирпича. Прочность его относится къ прочности обыкновеннаго краснаго кирпича, какъ 11 : 17.

Облицовка стѣнъ, будетъ ли она пустотѣлымъ или какимъ-либо инымъ кирпичомъ, должна быть сдѣлана на томъ же растворѣ, на которомъ кладется и вся стѣна, чтобы осадка на швахъ была одинакова. Въ стѣнахъ, сложенныхъ на извести и облицованныхъ съ внутренней стороны кладкой на цементѣ въ $^1/_2$ кирпича, при расположеніи на ней концовъ балокъ (чер. 129), вслѣдствіе бо́льшей осадки кладки на известковомъ растворѣ весь грузъ покрытія передается только на внѣшнюю оболочку въ $^1/_2$ кирпича, вслѣдствіе чего эта внѣшняя оболочка можетъ раздробиться, и на поверхности ея появятся трещины.

Желѣзныя связи. При опредѣленіи размѣровъ стѣнъ по отношенію къ ихъ устойчивости было замѣчено, что устойчивость каждой стѣны въ строеніи зависитъ преимущественно отъ связи съ другими стѣнами, встрѣчающимися съ ними подъ угломъ. Понятно, что каждая наружная стѣна строенія будетъ встрѣчать во всѣхъ поперечныхъ стѣнахъ сильное сопротивленіе своему наклону внутрь строенія, но эти же стѣны будутъ сопротивляться обратному наклону, отъ строенія, лишь въ той мѣрѣ, въ какой обнаруживается взаимная связь ихъ съ поперечными стѣнами. Если потолочныя балки не прикрѣпляются къ стѣнамъ, то для доставленія этой связи и для приведенія всѣхъ стѣнъ въ одно цѣлое употребляются *желѣзныя связи*, въ видѣ полосъ прямоугольнаго поперечнаго сѣченія, закладываемыя горизонтально въ толщинѣ стѣны на различной высотѣ. Связи эти главнымъ образомъ полезны въ первый періодъ существованія стѣнъ, когда растворъ еще не затвердѣлъ, а между тѣмъ постройка загружается временной нагрузкой тотчасъ же за ея окончаніемъ. Связь извѣстнаго поперечнаго сѣченія тѣмъ болѣе оказываетъ пользы, чѣмъ она выше заложена въ стѣнѣ; по этой причинѣ стараются закладывать связи въ стѣнахъ какъ можно выше; но, съ другой стороны, если бы всѣ связи, которыя предполагаютъ помѣстить въ стѣнѣ, были собраны у ея вершины, тогда могло бы произойти отдѣленіе верхней или выпучиваніе средней части стѣны.

Основываясь на предыдущемъ, для расположенія желѣзныхъ связей приняты слѣдующія правила:

1) Въ одноэтажныхъ, невысокихъ строеніяхъ, гдѣ черезъ каждыя 3 или 4 сажени есть поперечныя стѣны, желѣзныхъ связей не употребляютъ (если только нѣтъ распора, при которомъ связи располагаются на основаніи особыхъ соображеній).

2) Въ многоэтажныхъ постройкахъ связи располагаются не въ каждомъ этажѣ, но черезъ этажъ, помѣщая ихъ надъ оконными перемычками, напр., поверхъ 2-го и 4-го или поверхъ 2-го и 3-го этажей.

3) Въ строеніяхъ, не имѣющихъ этажей, связи закладываются на вертикальныхъ разстояніяхъ около 2 саж.

4) Въ планѣ строенія связи располагаются по прямому направленію, поэтому связи не должны слѣдовать за всѣми незначительными выступами и впадинами, находящимися въ стѣнахъ.

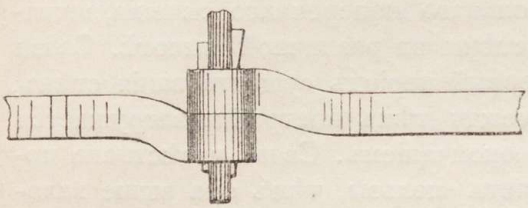
5) Во внѣшнихъ стѣнахъ связи закладываются обыкновенно за $^1/_2$ кирпича отъ наружной стороны стѣнъ.

6) Желѣзныя связи закладываются также во внутреннихъ, капитальныхъ стѣнахъ, расположенныхъ перпендикулярно или подъ какимъ нибудь угломъ къ направленію внѣшнихъ стѣнъ, въ томъ же уровнѣ, и скрѣпляются съ ними посредствомъ пироновъ.

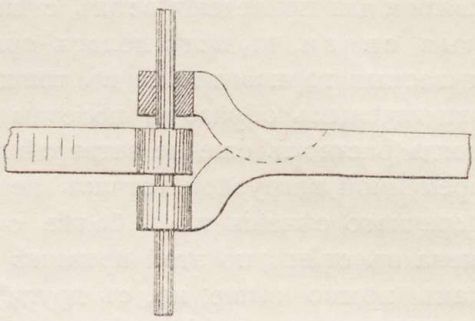
При устройствѣ несгораемыхъ потолочныхъ покрытій, состоящихъ изъ желѣзныхъ балокъ, промежутки между которыми заполняются какимъ нибудь несгораемымъ матеріаломъ—связи въ стѣнахъ зданія не употребляются, такъ какъ онѣ легко замѣняются скрѣпленіями этихъ балокъ со стѣнами, о чемъ будетъ сказано ниже.

Желѣзныя связи приготовляются отдѣльными звеньями изъ полосового желѣза шириною (около) 3″, толщиною отъ ½″ до ⅝″, длиною отъ 3 и болѣе саженъ. Въ углахъ связи сопрягаются слѣдующимъ образомъ: каждое звено имѣетъ на концахъ проушины въ видѣ простого или двойного обуха (черт. 130 и 131). Въ проушину вставляется штырь, который заклинивается и ставится нѣсколько наклонно къ вертикальной линіи, для того, чтобы захватить большую поверхность кладки. Клинья, вколачивае-

Чер. 130.



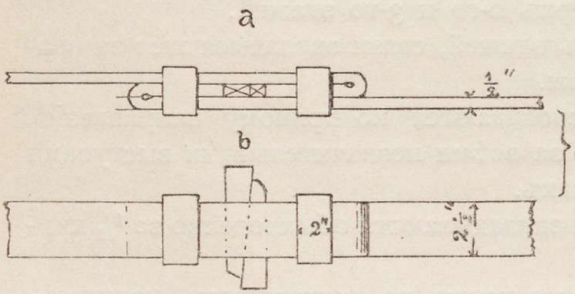
Чер. 131.



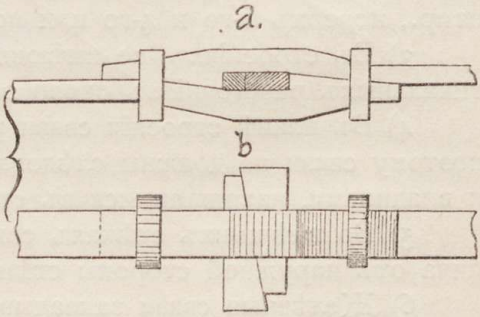
мые около штырей, служатъ для натяженія связей. Соединеніе связей по длинѣ ихъ представлено на черт. 132 и 133 въ планѣ *b* и фасадѣ *a*. Здѣсь употребленіе обуховъ избѣгается. Концы связей или выковываются въ видѣ крючковъ (черт. 140), между которыми вставляются клинья или, что еще проще, загибаются на 180° (черт. 132). Въ обоихъ случаяхъ необходимо надѣть два хомутика, для нажатія концовъ.

Такъ какъ усилія, которымъ подвергается или можетъ подвергнуться связь—неопредѣленны, то и размѣры ихъ поперечныхъ сѣченій не подда-

Чер. 132.



Чер. 133.



ются расчету. Сопротивляясь отклоненію стѣны, связь не можетъ предупредить трещины, являющіяся, напр., вслѣдствіе неравномѣрной осадки, вызываемой слабымъ грунтомъ. Тѣмъ не менѣе, все же, въ нѣкоторыхъ случаяхъ желѣзныя связи необходимы, способствуя соединенію всѣхъ частей строенія въ одно цѣлое. Въ фабричныхъ строеніяхъ концы связей (въ особенности поперечныхъ) со штырями часто выпускаются наружу. Это имѣетъ цѣлью: во 1-хъ, доставить желѣзу большее удобство измѣнять свою длину

сообразно перемѣнѣ температуры, а во 2-хъ, въ этомъ положеніи связь захватываетъ большую массу кладки.

Желѣзо, находясь въ кладкѣ въ неблагопріятныхъ условіяхъ, быстро ржавѣетъ. При разборкѣ старыхъ строеній нерѣдко оказывается, что связи превратились въ труху. Окрашиваніе желѣза сурикомъ или какимъ либо другимъ веществомъ, не надолго предохраняетъ его отъ окисленія. Поэтому на связи можно разсчитывать только въ первый періодъ существованія стѣнъ; когда растворъ закрѣпнетъ и свяжетъ всю кладку въ одинъ монолитъ въ связяхъ и надобности нѣтъ. Если стѣны зданія устроены правильно, какъ по конструкціи, такъ и по размѣрамъ; если работы произведены тщательно, изъ надлежащихъ матеріаловъ; если, наконецъ, покрытія не производятъ распора—то связи не нужны. Если же эти условія не соблюдены, то, все равно, связи не спасутъ и неудержатъ строеніе въ равновѣсіи.

Стѣны строенія, отклонившагося нѣсколько отъ отвѣснаго положенія, напримѣръ, вслѣдствіе неравномѣрной осадки подошвы основанія, могутъ быть приведены въ первоначальное положеніе посредствомъ желѣзныхъ связей. Для чего связываютъ отклонившуюся стѣну желѣзными полосами съ другими прочными частями строенія и, натягивая полосы, можно привести ее въ первоначальное положеніе. Натягиваніе полосъ дѣлается посредствомъ клиньевъ, при послѣдовательномъ нагрѣваніи и охлажденіи полосъ, при чемъ къ нимъ подносятъ жаровни и этимъ нагрѣваютъ, и когда полосы удлиняются, то ихъ натягиваютъ или завинчиваніемъ гайки, или подклиниваніемъ. Полосы, остывая, будутъ укорачиваться и увлекать за собою стѣны. Повторяя это нѣсколько разъ, можно привести стѣну въ требуемое положеніе.

Обдѣлка внѣшней поверхности стѣнъ. Поверхности стѣнъ, чтобы придать имъ менѣе однообразный видъ—расчленяются. Расчлененіе бываетъ вертикальное (полуколонны, пилястры) и горизонтальное (карнизы и тяги). На практикѣ обыкновенно примѣняютъ оба эти способа расчлененія, но преобладаніе котораго нибудь изъ нихъ зависитъ отъ стиля строенія. Расчлененіемъ какъ бы выдѣляютъ части, изъ которыхъ состоитъ строеніе; такъ—горизонтальными тягами отдѣляется крыша и этажи; вертикальными—окна, двери, выступы стѣнъ и проч. Цоколь, какъ главную часть, необходимо отдѣлять отъ поля стѣны, при чемъ, однако, онъ не слѣдуетъ за всѣми измѣненіями фасада, а только имѣетъ выступы, соотвѣтствующіе лишь самымъ главнымъ изъ этихъ измѣненій. Поле стѣнъ не остается гладкимъ, но обдѣлывается различнымъ образомъ. О горизонтальныхъ расчлененіяхъ будетъ сказано особо въ статьѣ о карнизахъ, а здѣсь разсмотримъ только обдѣлку полей стѣнъ и вертикальное расчлененіе.

Между различными способами обдѣлки полей стѣнъ наиболѣе распространенный—рустами.

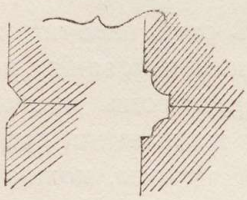
Тесовые камни, которыми облицовывается стѣна, окантовываются профилевкой (черт. 134, показана профилевка въ разрѣзѣ) или чисто обтесываются прямоугольными, выступающими рядами. На черт. 12 листъ 2 представлена облицовка изъ крупныхъ естественныхъ камней, которыхъ лицевая

сторона опрофилевана и обтесана въ рамку, съ оставленіемъ грубой тески по всей средней поверхности. Въ другомъ камнѣ эта же поверхность покрыта вертикальными и горизонтальными неглубокими бороздками.

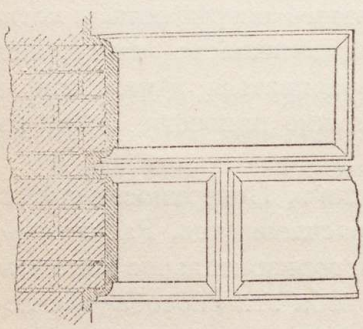
Такой облицовкой рустами украшены старинные венеціанскіе дворцы, при чемъ глубина руста и рельефъ камня измѣнялся поэтажно; въ нижнемъ цокольномъ этажѣ онъ дѣлается крупнѣе, а въ верхнихъ этажахъ мельче.

Въ настоящее время нерѣдко такое украшеніе стѣнъ выдѣлывается изъ штукатурки, нанося ее на поверхность стѣны уже имѣющую соотвѣтственную профиль выдѣланную кирпичомъ (черт. 135). Ширина камня можетъ занимать 3, 4 и даже 5 рядовъ кирпича, при чемъ кладка выводится налицо съ пустошевкой, т.-е. шовъ не заполняется растворомъ, чтобы

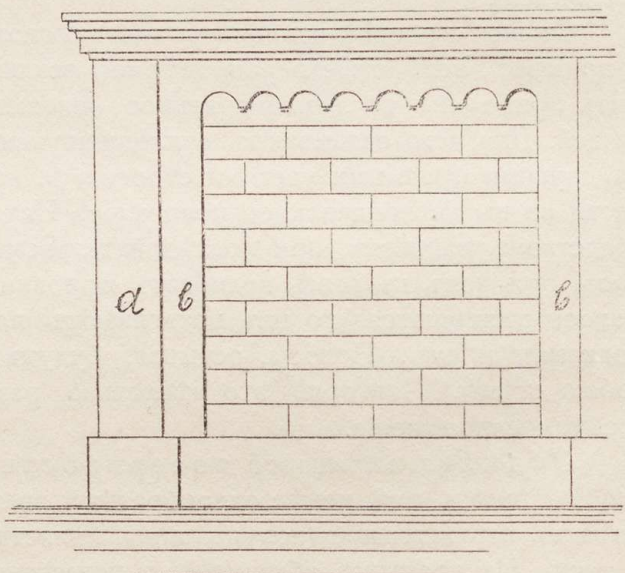
Чер. 134.



Чер. 135.



Чер. 136.



штукатурка крѣпче удерживалась на поверхности. Толщина штукатурки не должна быть болѣе 1″. Длина камня дѣлается въ 2 или въ 3 его ширины, рѣдко въ 4, развѣ только для украшенія цоколя, который дѣлается болѣе массивнаго вида. Для этой цѣли и ширина камня берется иногда и въ 5 рядовъ кирпича.

Наружныя поверхности кирпичныхъ стѣнъ не всегда покрываются штукатуркой; фасады зданій нерѣдко остаются въ своемъ натуральномъ видѣ „въ кирпичѣ“, который лишь съ поверхности окрашивается клеевою окраской или же весь фасадъ облицовывается, болѣе красивымъ и по цвѣту и по виду, такъ называемымъ облицовочнымъ кирпичомъ, который, будучи сдѣланъ изъ особаго рода глины и подвергнутый особому закалу при обжигѣ, имѣетъ способность стойко сопротивляться вліянію атмосферныхъ перемѣнъ. Въ виду значительной стоимости этого кирпича облицовка фасадовъ ведется не цѣльными кирпичами, а четверками и половинками, обыкновенно пустотѣлыми, какъ это показано на чертежѣ 11 листъ 2,

для уменьшенія теплопроводности. Кладка съ поверхности имѣетъ видъ, состоящей изъ однихъ тычковъ. При всемъ этомъ, все же квадратная сажень облицовки обходится около 12—15 руб.

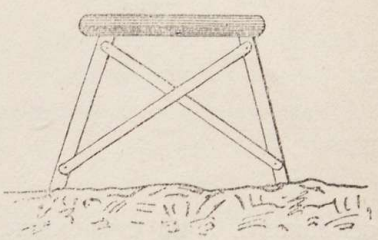
Оштукатурка кирпичныхъ стѣнъ даетъ возможность подражать кладкѣ изъ тесанаго камня и придавать болѣе художественную обработку фасадовъ, соотвѣтственно различнымъ архитектурнымъ стилямъ; вмѣстѣ съ тѣмъ она сохраняетъ кирпичъ отъ вывѣтриванія и увеличиваетъ теплосохраняемость строенія. Но съ другой стороны штукатурка требуетъ постояннаго ремонта, что влечетъ за собой и неудобства и расходы. Поэтому, во многихъ случаяхъ, зданіе сложенное изъ кирпича остается безъ всякой оштукатурки и изящной обработки фасада достигаютъ введеніемъ облицовочнаго, разноцвѣтнаго кирпича (бѣлаго, желтаго, сѣраго и т. д.), поясковъ, выступковъ, шаблоннаго или фигурнаго кирпича, терракотовыхъ украшеній и т. п. Такимъ образомъ возникъ цѣлый кирпичный стиль, очень красивый и имѣющій въ утилитарномъ отношеніи много преимуществъ, сравнительно со штукатурной отдѣлкой.

Кромѣ того, для украшенія стѣнъ устраиваются пилястры *a* (черт. 136), какъ вертикальное расчлененіе, а также лопатки *b*. Послѣднія представляютъ изъ себя выступы, обрамляющіе пространство между пилястрами и доходящіе только до цоколя. Лопатки, въ вершинахъ, соединяются другъ съ другомъ—лизенами.

§ 10.

Лѣса или **подмости**. Для возведенія каменныхъ построекъ устраиваются подмости, которыя бываютъ: 1) легкія, переносныя, когда высота строенія не превосходитъ трехъ саженей, 2) передвижные разборчатые и 3) такъ называемые коренные лѣса при болѣе значительной высотѣ.

Чер. 137.

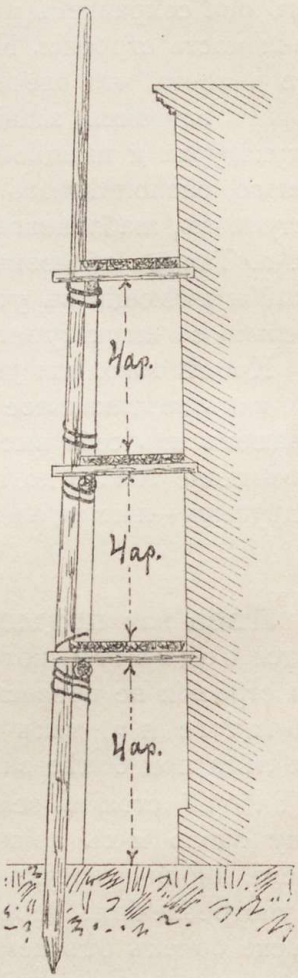


Рабочій, стоя на землѣ, можетъ вывести стѣну около 2-хъ аршинъ. Далѣе, складываніемъ кирпича насухо въ видѣ столбиковъ или употребленіемъ деревянныхъ подставокъ, а также бочекъ отъ цемента поставленныхъ вертикально, съ настилкою поверхъ ихъ досокъ, стѣна можетъ быть возведена до 4-хъ арш. При большей вышинѣ, напр., до 2-хъ саженъ, становятся уже легкія подмости въ видѣ козелъ (черт. 137). Такого рода подмости по большей части употребляются для внутреннихъ работъ.

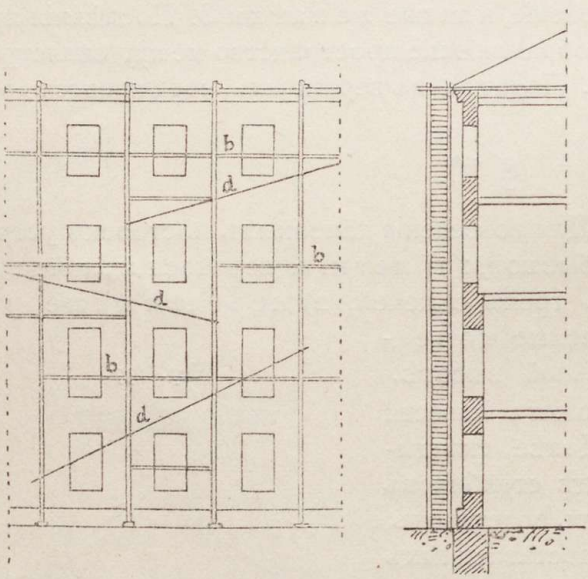
Подвижные разборчатые лѣса служатъ главнымъ образомъ для производства ремонтныхъ и штукатурныхъ работъ при возведенныхъ уже строеніяхъ. Эти приспособленія особенно необходимы при многоэтажныхъ фабричныхъ и заводскихъ зданіяхъ. Въ Австріи конструкція подобныхъ подмостей очень легка и несложна. Онѣ состоятъ, какъ видно изъ фасада и поперечнаго разрѣза на схематическомъ чертежѣ 138, изъ вертикально поставленныхъ лѣстницъ, наподобіе приставныхъ пожарныхъ, шириною

отъ 12 до 14 верш. и вышиною соотвѣтственно вышинѣ зданія (отъ 8 до 10 саж.). Тетевы имѣютъ квадратн. поперечн. сѣченіе (2 верш. въ сторонѣ квадрата), самыя же ступеньки состоятъ изъ обыкновенныхъ брусковъ. Иногда такія лѣстницы состоятъ изъ нѣсколькихъ меньшей длины, наращенныхъ одна на другую и связанныхъ веревками. Чтобы поставить лѣстницу вертикально, ее располагаютъ на землю почти вплоть у самаго строенія. Затѣмъ, съ помощью каната перекинутаго черезъ блокъ, подвѣшенный къ балкѣ выпущенной въ вершинѣ строенія изъ чердака, лѣстницу подымаютъ и ставятъ вертикально. Черезъ каждые 4—5 аршинъ ставятся такія лѣстницы опираясь ими непосредственно въ мостовую или въ деревянныя шпалы. Вершина лѣстницы привязывается къ упомянутой балкѣ

Чер. 139.



Чер. 138.



веревками, а на ступеньки, тамъ гдѣ надо производить ремонтъ, укладываются доски *b*. Кромѣ того, для большей устойчивости, все устройство расшивается діагонально досками *d*.

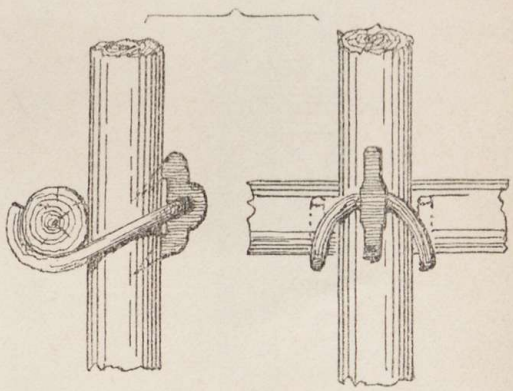
На черт. 13 л. 2 показано такое же устройство, но болѣе детально. Здѣсь чер. А изображаетъ часть фасада 4-хъ этажнаго зданія, около котораго, на разстояніи 2 саж. одна отъ другой, вертикально поставлены лѣстницы *a*, *a*, *a*, прикрѣпленныя вершинами къ выпущеннымъ съ чердака брусьямъ. Деталь лѣстницы съ фасада и сбоку показана на чер. *B*, изъ котораго видно, что тетевы лѣстницы состоятъ изъ 2-хъ вершковъ. квадратныхъ брусковъ. сросценныхъ по длинѣ накладками и болтами. Ширина лѣстницы вмѣстѣ съ тетевами 1 арш., а разстояніе между перекладинами (ступеньками)—10 верш. На эти перекладины и настилаются доски во время

производства работъ. Вертикально поставленныя лѣстницы расшиты горизонтальными досчатыми схватками *c*, *c* и крестами *b*, *b*. Какъ тѣ такъ и другія скрѣпляются съ вертикалями съ помощью болтовъ съ плоскими шайбами и имѣютъ продолговатыя щели для удобства и облегченія сборки. Способъ скрѣпленія понятенъ изъ чертежа.

Стремянокъ при этихъ лѣсахъ не устраиваютъ; здѣсь ихъ замѣняютъ лѣстницы. а для подъема матеріаловъ приспособляется легкая платформа и блокъ. Такіе лѣса представляютъ значительную устойчивость, полную безопасность и могутъ быть быстро собраны и разобраны; но вмѣстѣ съ тѣмъ требуютъ акуратной работы.

При болѣе высокихъ постройкахъ дѣлаютъ коренные лѣса (черт. 139), состоящіе изъ вкопанныхъ главныхъ стоекъ (стояки), высотою нѣсколько болѣе самаго строенія. Къ этимъ главнымъ стойкамъ приставляютъ у насъ обыкновенно второстепенныя или ушаки, высотою около 4 — 5 аршинъ, служащія для образованія ярусовъ лѣсовъ. Второстепенныя стойки привязываются къ главнымъ посредствомъ веревокъ или обручнаго желѣза. Сверху кладутся параллельно строенію продольныя бревна или слеги, то же прикрѣпляемыя къ стоякамъ и служащія для поддержанія поперечныхъ пальцевъ, на которыхъ устраивается дощатая настилка. Въ Германіи и вообще въ Западной Европѣ при устройствѣ лѣсовъ ушаки не ставятъ, а слеги привязываются къ кореннымъ стойкамъ веревками или кладутся на небольшіе желѣзные кронштейны. На черт. 140, изображено патентованное приспособленіе для поддержанія пальцевъ, придуманное Ad. Rott. Оно состоитъ изъ желѣзной скобы и кронштейна болтоваго желѣза.

Чер. 140.

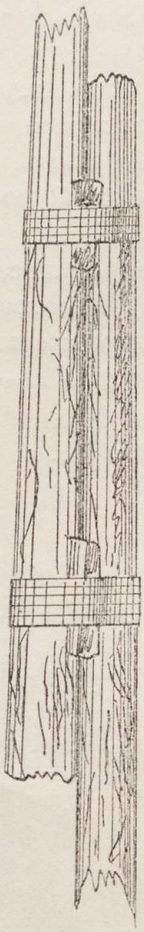


По мѣрѣ возвышенія стѣны, приступаютъ къ устройству слѣдующаго яруса, при чемъ доски полового настила нижняго яруса переносятся на верхній и т. д. до высоты всей стѣны. Разстояніе между стояками (коренными) отъ 2 до 3 саж., а отъ стѣны отъ 1 до 2 саженъ. Коренныя стойки устанавливаются съ уклономъ на стѣну до $^1/_{20}$; это даетъ лѣсамъ большую устойчивость. Для всхода на лѣса служатъ, такъ называемые, стремянки, т.-е. дощатыя наклонныя платформы съ набитыми на нихъ брусками вмѣсто ступенекъ. Подъемъ стремянокъ дѣлается отъ $^1/_6$ до $^1/_3$ основанія. Вообще при ручной подноскѣ матеріаловъ необходимы пологіе скаты стремянокъ. Какъ стремянки, такъ и половой настилъ ограждаются перилами.

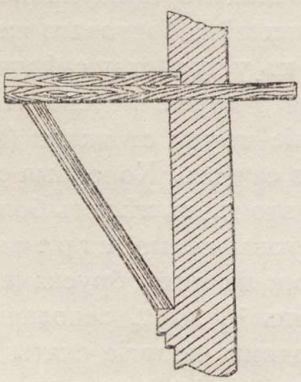
При возведеніи построекъ значительной высоты, главныя стойки наращиваются по высотѣ съ закрѣпленіемъ обручнымъ желѣзомъ или веревками (черт. 141). Для натяженія связи—вбиваются клинья. При надстройкѣ этажей подмостки дѣлаются выпускными, т.-е. изъ свѣшивающихся попереч-

ныхъ бревенъ, подпертыхъ въ существующіе выступы строенія (черт. 142). На нашихъ постройкахъ даже при возведеніи большихъ многоэтажныхъ зданій примѣняется ручная подноска матеріала, что представляетъ огромное неудобство и требуетъ большого расхода на наемъ подносчиковъ. Гораздо выгоднѣе и удобнѣе устраивать подъемники, хотя бы самой простой конструкціи, напримѣръ, въ

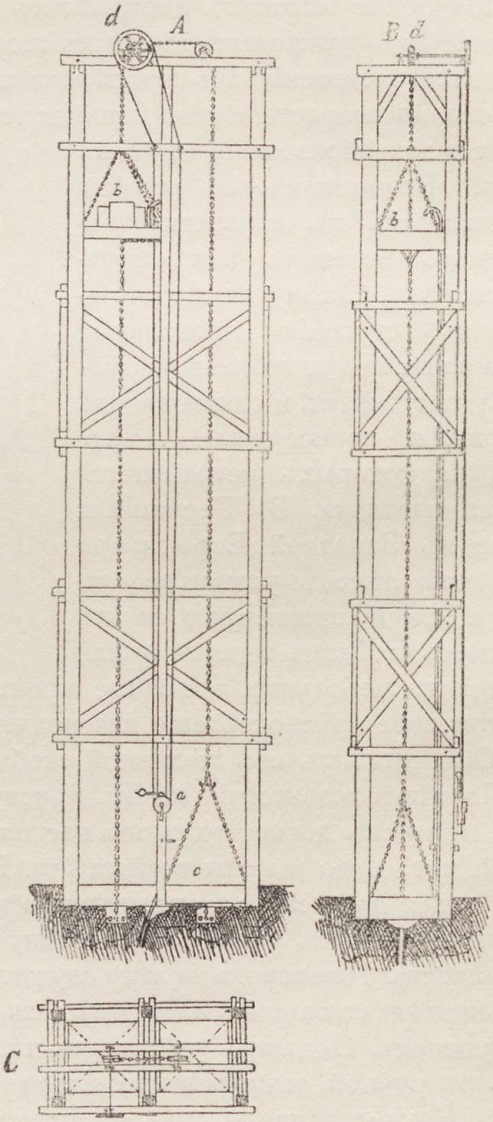
Чер. 141.



Чер. 142.



Чер. 143.

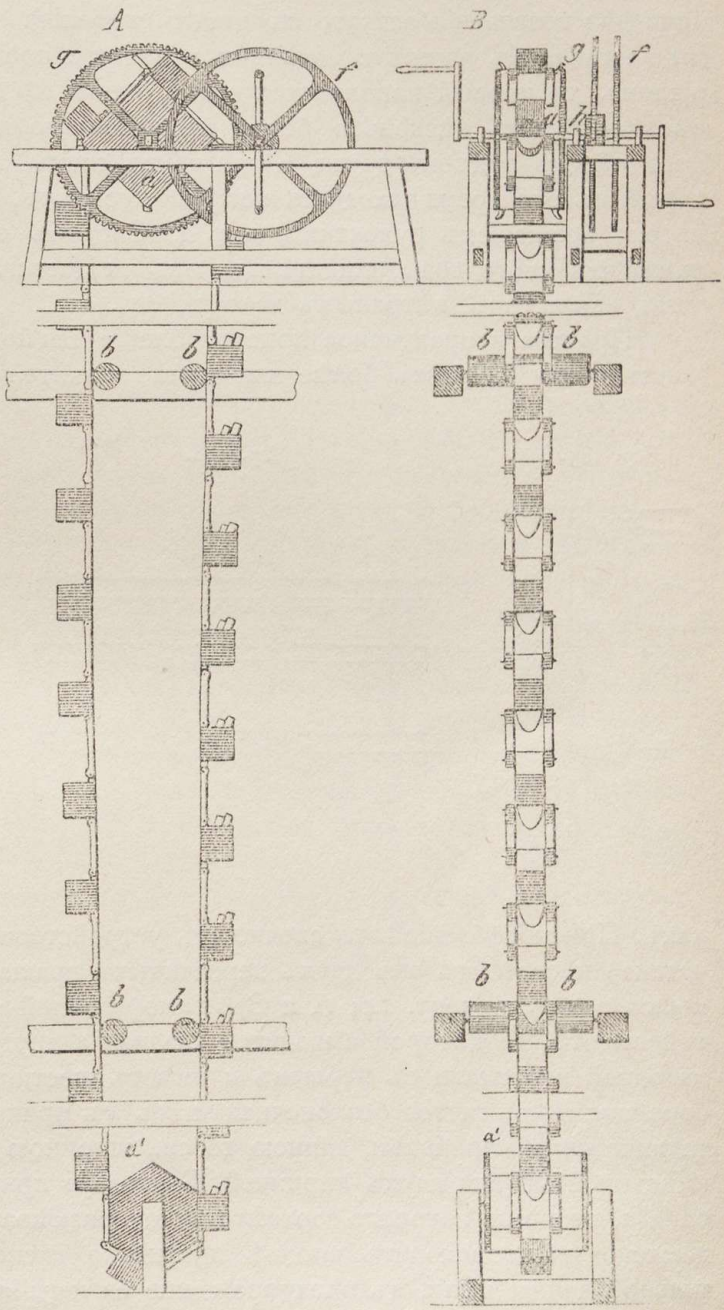


видѣ норія, подъемныхъ платформъ и т. д. Наконецъ, весьма полезно примѣнять горизонтальные и вертикальные вороты, блоки и полиспаты.

Приспособленія для подъема матеріаловъ на лѣса

устраиваются различными способами, сущность которыхъ заключается въ томъ, что деревянная платформа или ящикъ, прикрѣпленный къ канату, подымается посредствомъ ворота на необходимую высоту. Для этой цѣли тамъ, гдѣ ставится подъемникъ, должны быть устроены прочные деревянные лѣса во всю высоту строенія еще до возведенія послѣдняго, т.-е. до начала кладки стѣнъ. Наращиваніе лѣсовъ и переносъ ворота возможны лишь при несложныхъ приспособленіяхъ. Воротъ, на который наматывается канатъ, устанавливается на верхнемъ настилѣ и приводится въ движеніе рабочими, коннымъ или паровымъ приводомъ. Для послѣдней цѣли ставится паровой двигатель въ видѣ локомобиля, газоваго, керосиноваго или электрическаго мотора.

Чер. 144.

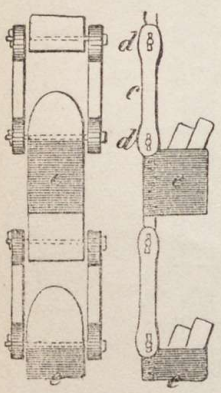


Весьма интересно французское приспособленіе, въ которомъ матеріалъ поднимается силою тяжести воды (черт. 143 A, B и C). Какъ видно изъ чертежа, на вершинѣ прочно устроенныхъ лѣсовъ, состоящихъ изъ вертикально и горизонтально расположенныхъ брусьевъ, скрѣпленныхъ подкосами, устанавливаются два блока, черезъ которые перекинута цѣпь или канатъ. Къ концамъ цѣпи прикрѣплены два ящика *b* и *c*, изъ коихъ одинъ предназначенъ для нагрузки строительнымъ матеріаломъ (кирпичомъ, рас-

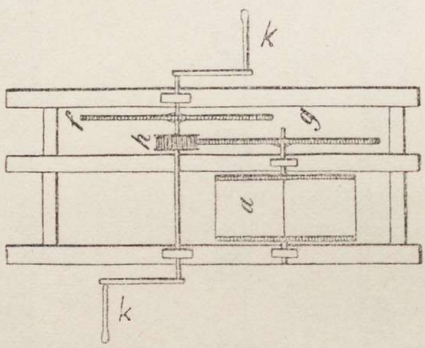
твором и проч.), а другой, съ непроницаемыми стѣнками, для воды. На ось одного изъ блоковъ насажено колесо *d*, съ перекинутымъ черезъ него безконечнымъ канатомъ. Въ каждый этажъ, по мѣрѣ возведенія постройки, проводится вода отъ городского водопровода (вода прежде всего необходима для возведенія всякаго каменнаго строенія). Вращая рукоять вала *a*, мы заставляемъ ящикъ *c* подниматься. Когда послѣдній нагруженъ матеріаломъ, то первый наполняется водой (черт. B) до тѣхъ поръ, пока его вѣсъ не будетъ нѣсколько болѣе нагруженнаго ящика, вслѣдствіе чего и произойдетъ подъемъ груза. Когда грузъ снятъ, то воду изъ ящика *c*, который въ это время находится внизу, выпускаютъ, и онъ снова поднимается вверхъ вращеніемъ рукоятки *a* и т. д. Способъ этотъ примѣнимъ лишь тамъ, гдѣ много воды, или гдѣ подъемъ ея достигается небольшими затратами, напримѣръ, вѣтрянымъ двигателемъ.

Простое и практичное приспособленіе для подъема кирпича мы встрѣчаемъ почти на всѣхъ болѣе или менѣе значительныхъ вѣнскихъ построй-

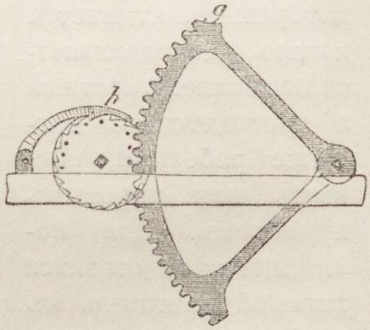
Чер. 145.



Чер. 146.



Чер. 147.



кахъ. Приспособленіе это сходно съ устройствомъ норія (безконечныхъ четекъ) и состоитъ изъ двухъ деревянныхъ вращающихся барабановъ, изъ коихъ одинъ *a* (черт. 144 A и B) прямоугольной формы и расположенъ на той высотѣ, до которой выводится кладка, а другой *a'* поставленъ внизу на одной вертикали съ первымъ и имѣетъ шестигранную форму. По этимъ барабанамъ двигается безконечная цѣпь съ прикрѣпленными къ ней металлическими черпаками, длиною 18 см., шириною 16 см. и вышиною 21 см., вмѣстимостью для двухъ кирпичей. Благодаря прямоугольной формѣ барабана *a*, стороны котораго соотвѣтствуютъ размѣрамъ двухъ звеньевъ цѣпи, движеніе ея происходитъ вполнѣ правильно и спокойно. Въ виду значительной длины цѣпи, въ предупрежденіе ея изгиба отъ собственной тяжести, устроены катки *b*, по которымъ и движется нагруженная цѣпь.

Первоначально, для большей легкости цѣпи, звенья дѣлались изъ крѣпкаго буковаго дерева (черт. 145), съ обивкой концовъ ихъ *d*, *d* пачечнымъ желѣзомъ; въ настоящее время ихъ приготовляютъ изъ желѣза, что хотя и увеличиваетъ прочность цѣпи, но вмѣстѣ съ тѣмъ увеличиваетъ и ея

вѣсъ, что, въ свою очередь, увеличиваетъ работу треніе барабана на его оси. Длина звеньевъ равняется 32 см. при разстояніи между черпаками въ 65 см.

На оси вращенія, имѣющей двѣ рукоятки k, k (черт. 146), насаженъ маховикъ f и шестерня h, передающая движеніе на зубчатое колесо g, насаженное на ось барабана a. Для остановки въ любой моментъ служитъ тормозная собачка h (черт. 147), задерживающая шестерню, а съ тѣмъ вмѣстѣ и движеніе зубчатки g.

По сравненію съ другими подъемниками, дѣйствующими посредствомъ блоковъ, описанное приспособленіе имѣетъ несомнѣнныя выгоды. При 4-хъ рабочихъ въ теченіе 12 час. можетъ быть поднято на высоту отъ 10 до 12 метр. 14000 кирпичей.

Мы уже упоминали о томъ, что вообще примѣненіе механическихъ подъемниковъ при постройкахъ многоэтажныхъ зданій всегда выгоднѣе сравнительно съ ручной подноской, при которой, кромѣ большихъ расходовъ, происходитъ и безполезная потеря времени; что же касается до фабричныхъ зданій въ 5—6 этажей, то при ихъ возведеніи въ подъемникахъ является настоятельная необходимость и затрата на устройство послѣднихъ съ избыткомъ окупается, не говоря уже о выгодѣ въ смыслѣ ускоренія работъ. Обыкновенно въ подобныхъ случаяхъ пользуются локомобилемъ, какъ двигателемъ, который кромѣ подъема тяжестей, служитъ и для приготовленія бетона и раствора, т.-е. для приведенія въ движеніе мѣшалки, грохота или сита для песка и дробилки для каменнаго или кирпичнаго щебня.

Правильная пропорція и механическое перемѣшиваніе составныхъ частей раствора въ особенности важны при примѣненіи такъ называемаго смѣшаннаго раствора, состоящаго изъ извести, песка и цемента, о выгодахъ котораго мы уже говорили. Однако хорошій результатъ со смѣшаннымъ растворомъ не можетъ быть достигнутъ при ручномъ смѣшиваніи самими каменщиками, а только примѣняя механическія приспособленія и автоматическое отмѣриваніе составныхъ частей.

На черт. 148 и 149 въ вертикальномъ разрѣзѣ и въ планѣ представлена въ общихъ чертахъ довольно простая система устройства цѣлаго оборудованія по приготовленію и перемѣщенію строительныхъ матеріаловъ при постройкѣ каменнаго многоэтажнаго зданія.

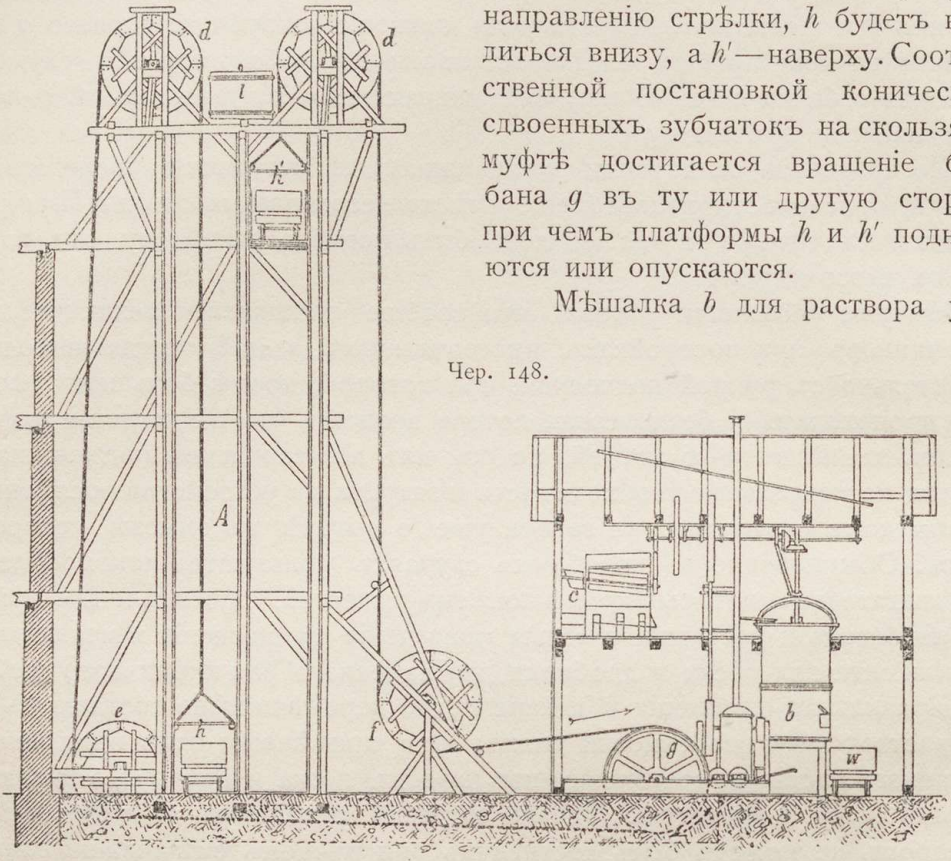
Все устройство заключается, во 1-хъ, изъ прочныхъ подмостей A для установки на нихъ подъемныхъ механизмовъ и укрѣпленія передачи и, во 2-хъ, изъ машиннаго сарая B (черт. 149), въ которомъ поставленъ локомобиль a (чер. 149), приводящій въ движеніе насосъ для накачиванія воды, мѣшалку b для раствора и механическое сито c, для просѣиванія песка. Отъ этого же локомобиля устроена передача для вращенія ворота g, расположеннаго въ особой станинѣ передъ машиннымъ зданіемъ.

Собственно подъемный аппаратъ состоитъ изъ прочныхъ подмостей, какъ было уже упомянуто, на вершинѣ которыхъ поставлено два вращающихся барабана d и d' (чер. 148). Канатъ, перекинутый черезъ барабанъ d, спускается внизъ и огибаетъ передаточный валъ e, затѣмъ вращающійся отъ привода барабанъ g, откуда, пройдя передаточный валъ f, достигаетъ барабана d'. Къ концамъ каната привѣшиваются подъемныя телѣжки h и

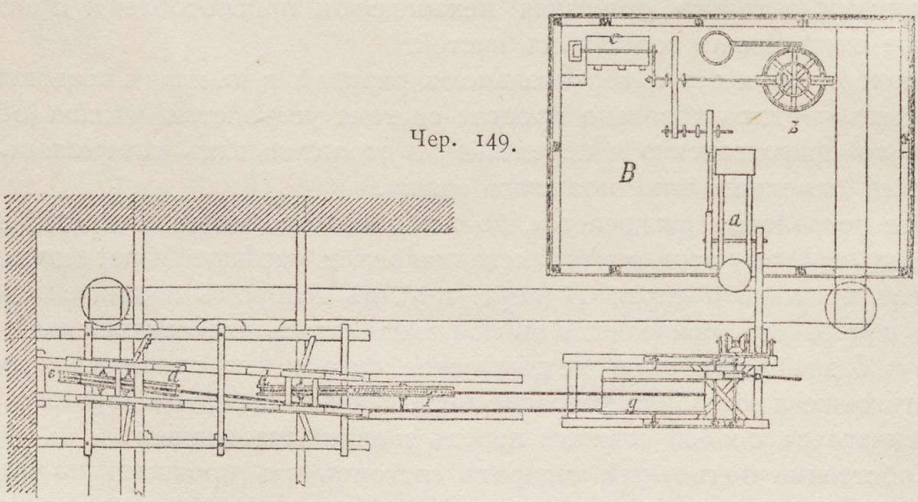
h', при чемъ длина каната такъ разсчитана, что когда телѣжка h находится внизу, другая h', останавливается какъ разъ вверху, и наоборотъ. При вращеніи барабана g въ сторону по направленію стрѣлки, h будетъ находиться внизу, а h' — наверху. Соотвѣтственной постановкой коническихъ сдвоенныхъ зубчатокъ на скользящей муфтѣ достигается вращеніе барабана g въ ту или другую сторону, при чемъ платформы h и h' поднимаются или опускаются.

Мѣшалка b для раствора уста-

Чер. 148.



Чер. 149.

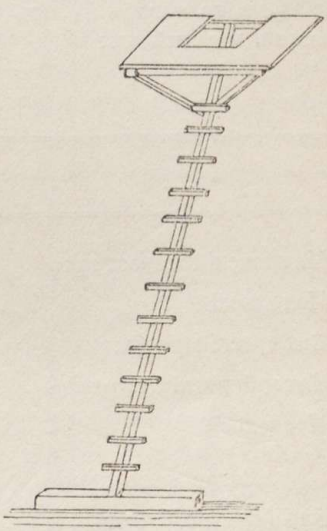


навливается на особомъ постаментѣ и на такой высотѣ, чтобы растворъ могъ удобно вываливаться въ телѣжку w (черт. 148), которая затѣмъ направляется по рельсамъ (показаннымъ на планѣ) къ подъемнику и здѣсь поднимается на необходимую высоту.

Сито *c* для песка, имѣя видъ горизонтально расположенной усѣченной шестигранной пирамиды, приводится въ движеніе посредствомъ ременной передачи и устанавливается во второмъ этажѣ машинной постройки въ уровень съ вершиной мѣшалки, что даетъ удобства для перемѣщенія просѣяннаго песка въ мѣшалку.

Для удовлетворенія потребности въ водѣ, при производствѣ каменныхъ работъ и при приготовленіи раствора, наверху лѣсовъ, между передаточными барабанами *d* и *d'*, помѣщается бакъ *l*, куда вода накачивается особымъ насосомъ, приводящимся въ движеніе, какъ уже было сказано, тѣмъ же локомобилемъ. Такимъ образомъ остается только ручное передвиженіе матеріаловъ по горизонтальной плоскости, что, благодаря деревяннымъ или металлическимъ рельсамъ, можетъ быть значительно облегчено.

Чер. 150.



Мелкія поправки снаружи при ремонтныхъ работахъ производятся съ помощью костылей, и, такъ называемыхъ, люлекъ. Костыль (черт. 150) представляетъ наклонное бревно или брусъ съ набитыми поперекъ брусками для входа рабочаго на верхнюю, утвержденную на немъ площадку; внизу костыль упирается на землю горизонтальной шпалой.

Люлька есть деревянное сидѣнье, привѣшенное къ веревкѣ, перекинутой черезъ блокъ, укрѣпленный къ постоянной точкѣ карниза.

Люльки употребляются обыкновенно при малярныхъ работахъ; костыли—при малярныхъ и штукатурныхъ.

Слѣдуетъ замѣтить, что при постройкахъ особой важности лѣса устраиваются съ надлежащею тщательностью и прочностью, въ особенности когда приходится пользоваться лѣсами какъ опорою для подъема значительныхъ тяжестей; напротивъ, въ обыкновенныхъ случаяхъ лѣса устраиваются наскоро, безъ правильныхъ соединеній изъ матеріала низшаго качества. Лѣса для монументальныхъ построекъ могутъ быть настолько сложны, что уже сами по себѣ представляютъ сооруженіе, которое должно быть выполнено во всемъ согласно предварительно составленному проекту и расчетамъ.

§ 11.

Деревянныя стѣны. Дерево, какъ матеріалъ для устройства стѣнъ жилыхъ и нежилыхъ зданій, по сравненію съ камнемъ имѣетъ два весьма существенныхъ недостатка: оно сгораемо и недолговѣчно. Во всемъ остальномъ, въ особенности для постройки жилыхъ строеній, дерево имѣетъ много весьма важныхъ достоинствъ и преимуществъ.

Дерево не только превосходитъ всѣ горныя породы своимъ сопротивленіемъ на изгибъ и вытягиваніе, но даже не уступаетъ многимъ естественнымъ камнямъ и въ

сопротивленіи на сжатіе: если силы дѣйствуютъ по направленію волоконъ, то оно проявляетъ весьма значительныя напряженія.

Такъ сопротивленіе на сжатіе по Nördlinger:

Сосна . . . . . отъ 396 до 448 кг. см.^{2}
Ель . . . . . „ 425 кг. см.^{2}

Камни, по испытаніямъ проф. Бѣлелюбскаго:

Московскій мячковскій известнякъ . . . 193 кг. см.^{2}
„ подольскій „ . . . 527 „ „
Выборгскій гранитъ . . . . . 580 кг. см.^{2}
Кирпичъ петербургскій (среднее) . . . . 170 „ „
По испытаніямъ московскаго Архитект.
Общества, московскій кирпичъ . . . 87 до 125 кг. см.^{2}

Что же касается до сопротивленія на растяженіе и на переломъ, то дерево въ этомъ отношеніи далеко превосходитъ каменные матеріалы. Принимая на растяженіе $^1/_{10}$, а на изгибъ $^1/_4$ отъ вышеприведенныхъ коэффиціентовъ на сжатіе тѣхъ же камней, мы имѣемъ:

Таблица XIII.

	На растяженіе.	На переломъ.
Мячковскій известнякъ	19,3	48
Подольскій „	52,7	131
Выборгскій гранитъ	58,0	145
Петербургскій кирпичъ	17,0	42
Московскій „	8,7 до 12,5	21,7—31,2
Тогда какъ дерево:		
Ель (по Nördlinger)	1048	838
Сосна	867	512—644

Въ кг. на кв. см.

Правда, что сопротивленіе дерева внѣшнимъ усиліямъ, направленнымъ перпендикулярно къ волокнамъ, значительно слабѣе, но во всякомъ случаѣ оно болѣе $^2/_3$ отъ величины сопротивленія при дѣйствіи силы по направленію волоконъ и далеко превосходитъ таковое же нашихъ обыкновенныхъ красныхъ кирпичей. При этомъ дерево обладаетъ сравнительно съ камнемъ ничтожной теплопроводимостью, а именно:

По Пекле, сосна перпенд. волокн . . . . . = 0,093
„ „ „ параллельно волокн. . . . = 0,1265
Теплопроводн. кирпича . . . . . = 0,5 до 0,6

Удѣльный вѣсъ почти всѣхъ камней—отъ 2,5 до 3 и болѣе, тогда какъ для сосны и ели онъ въ среднемъ равенъ 0,5.

Этотъ малый вѣсъ при значительномъ сопротивленіи внѣшнимъ механическимъ усиліямъ и въ то же время легкость обдѣлки составляютъ огромныя преимущества дерева.

Дерево легко поддается обработкѣ различными инструментами: ножомъ, пилой, долотомъ, топоромъ и пр.

Къ недостаткамъ дерева, кромѣ его недолговѣчности и сгораемости, принадлежитъ его звукопроводность. Поэтому при устройствѣ стѣнъ и перегородокъ слѣдуетъ принять мѣры къ возможному уменьшенію звукопроводимости. Для этого необходимо располагать изолирующіе слои между деревянными двойными стѣнками. Слои эти могутъ быть заполнены какимъ-нибудь сыпучимъ, дурно проводящимъ звукъ матеріаломъ, такъ, напр.: торфянымъ порошкомъ, древесными опилками, инфузорной землей и т. п.

Что касается недолговѣчности дерева, то свойство это въ прямой зависимости отъ тѣхъ условій, въ которыя поставлено дерево. Какъ было уже указано въ отдѣлѣ о строительныхъ матеріалахъ, при благопріятныхъ условіяхъ дерево можетъ сохраняться почти неопредѣленно долгое время; такъ, напримѣръ, если оно находится постоянно въ водѣ или въ сухомъ мѣстѣ. Есть много способовъ для предохраненія дерева отъ гніенія и воспламененія, но всѣ они рѣдко примѣняются въ виду ихъ дороговизны. Во всякомъ случаѣ для того, чтобы уменьшить или совсѣмъ устранить воспламеняемость слѣдуетъ покрывать дерево съ поверхности какимъ-нибудь предохранительнымъ слоемъ, при чемъ наиболѣе распространенный способъ состоитъ въ окраскѣ масляной краской, при этомъ поры дерева замазываются, что предохраняетъ его отъ сырости и высыханія, т.-е. отъ разбуханія и усушки. Поэтому въ деревянныхъ строеніяхъ всѣ части, подверженныя дѣйствію атмосферныхъ перемѣнъ, т.-е. дождя, снѣга, солнечныхъ лучей и проч., тотчасъ же по ихъ возведеніи покрываютъ вареной олифой съ примѣсью какой-нибудь краски (обыкновенно охры), что носитъ названіе загрунтовки подъ окраску.

Если дерево помѣщается въ грунтѣ, не имѣющемъ постоянной воды, то необходимо принять мѣры къ его сохраненію. Самое простое средство состоитъ въ обугливаніи дерева съ поверхности, при чемъ консервирующую роль играетъ креазотъ, отдѣляющійся отъ горѣнія. Точно такъ же можно сохранить дерево, покрывая его древесной смолой, дегтемъ, каменноугольной смолой и разными высыхающими маслами. Но такъ какъ при этомъ въ порахъ дерева все же остается воздухъ и влага, то обмазка съ поверхности не достигаетъ своей цѣли. Наконецъ, для сохраненія дерева недостаточно устранить доступъ къ нему воздуха и влаги, а необходимо уничтожить въ немъ причину гніенія, т.-е. бѣлковыя вещества. Это можетъ быть достигнуто выщелачиваніемъ дерева въ холодной или горячей водѣ, пропариваніемъ (выварокой въ котлахъ) и, наконецъ, пропариваніемъ его антисептическими веществами, напримѣръ, сулемой (способъ Кіанъ), мѣднымъ купоросомъ (Бушери и Бюрне), креазотомъ (Бертель) и т. д.

Пропитываніемъ дерева солями (купоросомъ или даже простой поваренной солью) достигается нѣкоторая огнеупорность дерева; по крайней мѣрѣ оно не воспламеняется, а способно только тлѣть.

За послѣднее время рекомендуется какъ консервирующее средство способъ Р. Авенаріуса пропитывать или смазывать дерево съ поверхности масловидной жидкостью, которую онъ назвалъ „корболинеумъ“, при чемъ деревянныя части, погружаемыя въ землю, должны быть тщательно смазаны этимъ веществомъ въ горячемъ состояніи по крайней мѣрѣ два раза.

Въ гигіеническомъ отношеніи деревянныя стѣны слѣдуетъ предпочитать каменнымъ уже потому, что въ зимнее холодное время ихъ поверхность, обращенная вовнутрь жилого помѣщенія, имѣя ту же температуру, что и каменная стѣна, кажется однако значительно теплѣе послѣдней и какъ бы мало разнится отъ комнатной температуры, что представляетъ огромныя преимущества, въ особенности для больницъ. Это происходитъ, потому что дерево перпендикулярно волокнамъ въ 7, а параллельно въ 5 разъ менѣе теплопроводимо сравнительно съ камнемъ. Прикасаясь къ дереву, имѣющему ту же температуру, что и камень, мы однако ощущаемъ меньшій холодъ, такъ какъ поглощеніе тепла отъ нашего тѣла происходитъ медленнѣе, чѣмъ при камнѣ и еще болѣе при металлѣ. Кромѣ того, деревянныя жилыя зданія тотчасъ же по ихъ возведеніи могутъ быть обитаемы и остаются постоянно сухими, тогда какъ каменныя требуютъ усиленной просушки.

Несмотря на то, что дерево почти не пропускаетъ воздухъ перпендикулярно къ волокнамъ, деревянные дома представляютъ лучшія условія для естественной вентиляціи сравнительно съ каменными, даже совершенно сухими. Причина этого заключается въ томъ, что продольное сопряженіе бревенъ никогда не бываетъ совершенно плотно и хотя проконапачивается, но все же представляетъ мало препятствій для проникапія атмосфернаго воздуха. Усиленная естественная вентиляція особенно чувствуется въ холодную вѣтреную погоду, при чемъ для поддержанія нормальной внутренней температуры требуется болѣе продолжительная топка, такъ какъ является необходимость не только въ вознагражденіи того количества тепла, которое теряется черезъ наружныя поверхности строенія, но и для нагрѣванія свѣжаго наружнаго воздуха, поступающаго въ помѣщеніе при естественной вентиляціи.

Деревянныя стѣны по своему назначенію могутъ быть раздѣлены на стѣны холодныхъ и теплыхъ строеній.

Для возведенія деревянныхъ стѣнъ употребляются доски, бревна и брусья. Деревянныя стѣны, по причинѣ меньшей теплопроводимости, устраиваются значительно меньшей толщины сравнительно съ каменными; въ нашемъ климатѣ эти стѣны не промерзаютъ при толщинѣ ихъ въ пазахъ около 4 вершковъ, слѣдовательно обыкновенныя бревна, толщиною отъ 5 до 6 вершковъ, для стѣнъ жилыхъ деревянныхъ строеній совершенно достаточны. Толщина же стѣнъ холодныхъ построекъ можетъ быть значительно менѣе.

Стѣны деревянныхъ построекъ, по причинѣ ихъ малой толщины, бываютъ обыкновенно не высоки; въ противномъ случаѣ для своей устойчивости онѣ требовали бы вспомогательныхъ средствъ.

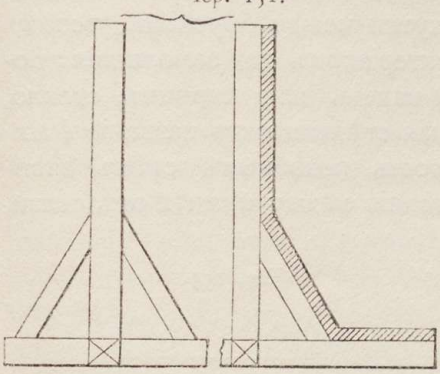
А. Заборы. Стѣны, не несущія никакой тяжести, но служащія лишь къ огражденію какого-нибудь пространства называются заборами.

Временные заборы устраиваются слѣдующимъ образомъ: на разстояніи 2-хъ саж. одна отъ другой устанавливаются стойки, врубленныя въ крестовины, безъ углубленія, а прямо на поверхность земли и обиваются досками (черт. 151). Такимъ образомъ обыкновенно устроены временные

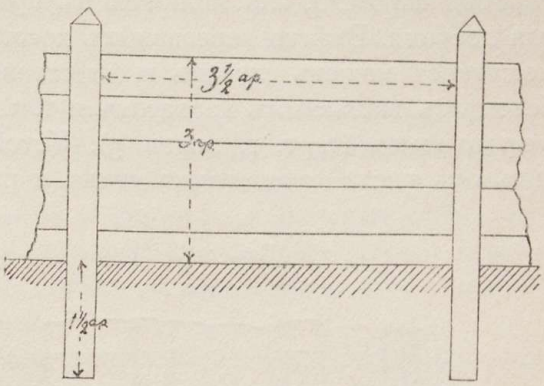
заборы въ городахъ по улицамъ при производствѣ каменныхъ или деревянныхъ построекъ. Очевидно, прочность подобныхъ стѣнъ увеличивается прибавленіемъ по низу и по верху горизонтальныхъ бревенъ, связывающихъ отдѣльныя стойки.

Постоянные заборы необходимо для прочности основывать на стойкахъ, вкопанныхъ въ землю; при вышинѣ ихъ около 1 сажени они вка-

Чер. 151.



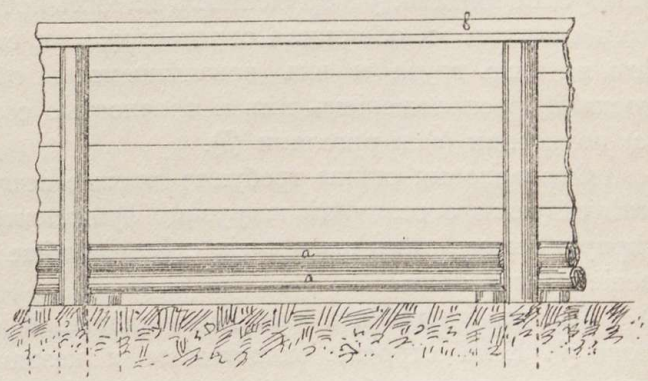
Чер. 152.



пываются въ землю на глубину не менѣе $1^1/_2$ аршина, промежутки заполняются досками (толщиною до $1^1/_2$ вершка), впущенными въ пазы стоекъ (черт. 152). Для предохраненія отъ скорой порчи дерева части забора подъ землей осмаливаются, а надъ землей окрашиваются масляной краской.

Для предохраненія отъ гніенія нижнихъ досокъ подъ нихъ подводятъ бревна *a* (замятины) (черт. 153), лежащія на стульяхъ, и, кромѣ того, по верху прибиваютъ доску *b*, служащую покрышкой и связью для стоекъ забора. Замятинъ можетъ быть нѣсколько (отъ 1 до 4 штукъ); точно такъ же и столбы для бóльшей прочности дѣлаются двойными. Такіе заборы называются форменными и обдѣлываются начисто посредствомъ обшивки столбовъ и замятинъ досками. Способъ прикрѣпленія досокъ показанъ на чертежѣ 154. Подобные заборы при разстояніи между столбами въ 4 арш. имѣютъ обыкновенно такую же высоту.

Чер. 153.

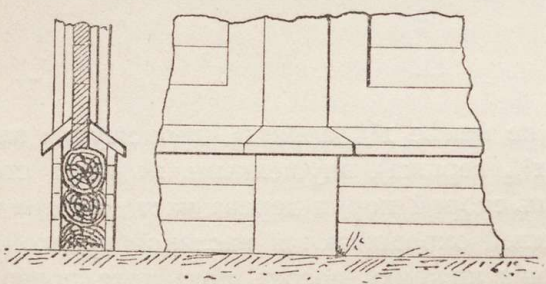


Доски для образованія свободной стѣны могутъ быть и вертикально поставлены (черт. 155). Въ такомъ случаѣ къ столбамъ, вкопаннымъ въ землю, прикрѣпляются или врубаются горизонтальные деревянные бруски и къ послѣднимъ уже прибиваются доски, образующія заполненія между

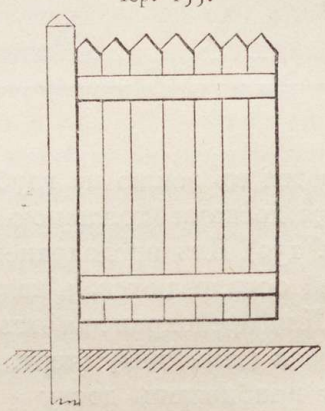
столбами. При такомъ устройствѣ заборовъ дерево подвержено гніенію только въ столбахъ, досчатая же обшивка можетъ не касаться грунта, тогда какъ замятины подвержены гніенію. Иногда устраиваютъ легкіе рѣшетчатые заборы (черт. 14, 15 и 16, листъ 2).

В. Стѣны нежилыхъ строеній и фахверковыя. Стѣны холодныхъ построекъ, имѣющихъ однако полы и потолки и служащія обыкновенно для складовъ, пакгаузовъ и т. п., строятся изъ деревяннаго брусчатаго скелета съ обшивкою его, или забиркою въ промежутки между брусками, тесомъ или досками. Вмѣсто деревянныхъ досокъ матеріаломъ для заполненія промежутковъ можетъ служить и естественный камень или кирпичъ, стекло, бетонъ съ желѣзнымъ каркасомъ и т. п. Такія стѣны носятъ названіе фахверковыхъ (черт. 1, листъ 3). Устойчивость подобныхъ стѣнъ зависитъ отъ числа поперечныхъ стѣнъ и разстоянія между ними и отъ связи,

Чер. 154.



Чер. 155.



образуемой рядами, утвержденныхъ на нихъ потолочныхъ балокъ, врубленныхъ концами въ обвязки. Сопротивленіе же стѣнъ давленію расположеннаго на нихъ груза и ихъ неизмѣняемость обусловливается размѣрами стоекъ *d*, расположеніемъ ихъ и прочностью сопряженій ихъ съ обвязками (*cc*) подкосами (*e*) и ригелями (*b*).

Фахверковыя стѣны требуютъ прежде всего прочнаго и вполнѣ соотвѣтствующаго величинѣ нагрузки фундамента, устраняющаго неравномѣрную осадку, такъ какъ такія стѣны вообще имѣютъ слабое сопротивленіе на переломъ.

Сверхъ фундамента выводится сплошной цоколь строенія (черт. 2, листъ 3). Если строеніе одноэтажное и незначительныхъ размѣровъ, то фундаментъ можетъ быть не сплошной, а состоять изъ отдѣльныхъ каменныхъ столбовъ. Деревянные столбы не долговѣчны и употребляются только въ сельскохозяйственныхъ постройкахъ.

На выведенный цоколь располагается первоначально нижній обвязочный брусъ (*cc*) черт. 1, обыкновенно размѣровъ по высотѣ отъ 4 до 5 вершк., а по ширинѣ отъ 6 до 7 вершк., въ который и входятъ своими концами вертикальныя стойки (*d d*) (черт. 1, листъ 3). Обвязка имѣетъ назначеніе

закрѣпить концы стоекъ и концы половыхъ балокъ, если таковыя имѣются. Въ послѣднемъ случаѣ еще лучше располагать двойную обвязку, какъ это показано на нашемъ чертежѣ. Вмѣстѣ съ тѣмъ нижняя обвязка служитъ для равномѣрной передачи давленія отдѣльныхъ стоекъ на цоколь.

Для того, чтобы предупредить затеканіе воды подъ обвязочный брусъ и тѣмъ предохранить его отъ быстраго сгниванія, верхній рядъ цоколя выводятъ изъ кирпича на ребро съ отливомъ (черт. 2, листъ 3).

Въ углахъ обвязки могутъ сопрягаться въ полдерева или на подобіе лапы, какъ показано на черт. 3, листъ 3, а по длинѣ въ притыкъ съ желѣзной накладкой (черт. 4, листъ 3) или шипомъ (черт. 5, листъ 3) или въ замокъ съ болтами (черт. 6, листъ 3).

Вслѣдъ за нижней обвязкой устанавливаютъ главныя вертикальныя стойки *d*, затѣмъ промежуточныя *f f* (черт. 1, листъ 3). Далѣе тамъ, гдѣ предполагаются оконныя и дверныя отверстія, устанавливаются второстепенныя стойки *gg*, а для приведенія всей системы въ общую неизмѣняемую связь, ставятся подкосы *ee*. Затѣмъ насаживается на шипы стоекъ верхняя обвязка (*cc*). Подкосы могутъ быть замѣнены и крестами, какъ показано на правой сторонѣ нашего чертежа.

Угловыя стойки дѣлаются толще промежуточныхъ, такъ какъ на нихъ располагается бо̀льшій грузъ, или же дѣлаютъ ихъ двойными.

На черт. 1, листъ 3, въ нижнемъ этажѣ показана дверь *A*, а въ верхнемъ два оконныхъ пролета *B* и *C*.

Размѣръ стоекъ дѣлается въ зависимости отъ груза, на нихъ расположеннаго и разсчитываются на продольный изгибъ. Боковой изгибъ стойки въ плоскости стѣны уничтожается сопротивленіемъ сжатію матеріала, заполняющаго промежутки между брусками, потому толщина ихъ въ этомъ направленіи можетъ быть меньше, чѣмъ въ діаметрально противоположномъ. Обыкновенно въ поперечномъ сѣченіи стойки имѣютъ 3×4 вершка или 4×6 вершк. Размѣръ верхнихъ обвязокъ по ширинѣ такой же, какъ и нижнихъ, по высотѣ же обыкновенно большій, такъ какъ эти обвязки подвергаются изгибу. Въ этомъ отношеніи, для лучшаго закрѣпленія потолочныхъ или междуэтажныхъ балокъ, рекомендуется двойная обвязка, какъ на черт. 1, листъ 3.

Сопряженіе нижней и верхней обвязки съ вертикальными стойками дѣлается шипомъ, при чемъ нижній шипъ для того, чтобы въ гнѣздо не затекала вода, зарубается въ видѣ двухъ треугольныхъ (черт. 7, листъ 3) или четырехугольныхъ выступовъ (черт. 8, листъ 3).

Подкосы, упираясь въ нижнюю и верхнюю обвязки, врубаются зубомъ и шипомъ (черт. 9, листъ 3).

Если сверхъ ригеля располагается, какъ заполненіе полей стѣнъ, кирпичная кладка, имѣющая значительный вѣсъ, то соединеніе со стойками дѣлается тоже врубкою зубомъ и шипомъ (черт. 10 и 11, листъ 3).

При высотѣ стойки болѣе двухъ этажей описанная конструкція нѣсколько видоизмѣняется, такъ какъ для высокихъ зданій стойки, соединяясь съ насадками шипами, недостаточно устойчивы и, кромѣ того, такая конструкція при нѣсколькихъ этажахъ, вслѣдствіе усыханія дерева даетъ

неминуемо осадку на вырубкахъ. Поэтому при устройствѣ высокихъ зданій, какъ угловые, такъ и главные промежуточные столбы дѣлаются неразрѣзные, а цѣльные (черт. 12, листъ 3). Здѣсь угловые столбы состоятъ изъ четырехъ вертикально поставленныхъ брусьевъ, соединенныхъ другъ съ другомъ, на разстояніи 2 и 3 арш. болтами. Въ продольной наружной стѣнѣ, междуэтажныя обвязки двойныя, между которыми защемлены концы потолочныхъ балокъ (черт. 13, листъ 3); поперечныя же стѣны имѣютъ обвязки одиночныя. Сопряженіе обвязокъ съ угловыми столбами показано на черт. 13 листъ 3. Главные промежуточные столбы двойные, тоже цѣльные, проходящіе черезъ всю высоту зданія; второстепенные же—одиночные и перерѣзаются обвязками.

Разстояніе между главными столбами почти равно высотѣ яруса или нѣсколько менѣе; размѣры же поперечныхъ сѣченій брусьевъ—въ зависимости отъ нагрузки; въ среднемъ—3×4 вершка или 4×6 вершковъ.

Если высота зданія болѣе 8—9 саженъ (напр., элеваторы) и стойки требуютъ наращиванія, то стыки всѣхъ четырехъ брусьевъ въ угловыхъ столбахъ и двухъ брусьевъ въ двойныхъ столбахъ, располагаются не въ одной плоскости, а въ перевязку и сами брусья связываются черезъ каждые 2—3 аршина болтами, хомутами или скобами.

Брусчатый скелетъ представляетъ главную основную конструкцію фахверковыхъ стѣнъ, отъ которой зависитъ ихъ устойчивость и прочность. Далѣе остается только стѣнѣ придать сплошную поверхность, что достигается различными способами:

а) промежутки между брусками заполняютъ досками, расположенными горизонтально или вертикально. Для этой цѣли въ обвязкахъ, стойкахъ, подкосахъ и ригеляхъ, выбираются пазы, глубиною не менѣе одного I″ и въ него вгоняются доски.

Этотъ способъ заполненія не удобенъ какъ по самому производству работъ, такъ и по тому, что пазы ослабляютъ конструкцію, въ нихъ застаивается вода и дерево быстро пропадаетъ.

b) Гораздо практичнѣе, но, правда, менѣе красиво, обшивать брусчатыя стѣны съ одной или съ обѣихъ сторонъ горизонтально тесомъ или досками. Самый простой способъ—въ прифуговку (черт. 156). Но при такомъ способѣ, вслѣдствіе усушки дерева, проявляются щели. Если кромки досокъ скосить, какъ показано на черт. 157, то щели не такъ замѣтны; но еще лучше обшивать въ четверть (черт. 158).

Наконецъ, простая и весьма цѣлесообразная, хотя и требующая нѣсколько больше матеріала, обшивка горизонтальными досками—въ закрой (черт. 159). Здѣсь каждая доска на одинъ или полтора дюйма заходитъ одна за другую, перекрывая ее и этимъ устраняется возможность прониканія дождевой воды, хотя щели между досками несомнѣнно остаются. Этотъ способъ особенно пригоденъ тамъ, гдѣ склады товара требуютъ провѣтриванія. Послѣдняя цѣль еще болѣе достигается, если подъ доски подложить чурочки (черт. 160) дюймовой толщины, тогда всѣ наружныя стѣны превращаются въ неподвижныя жалюзи.

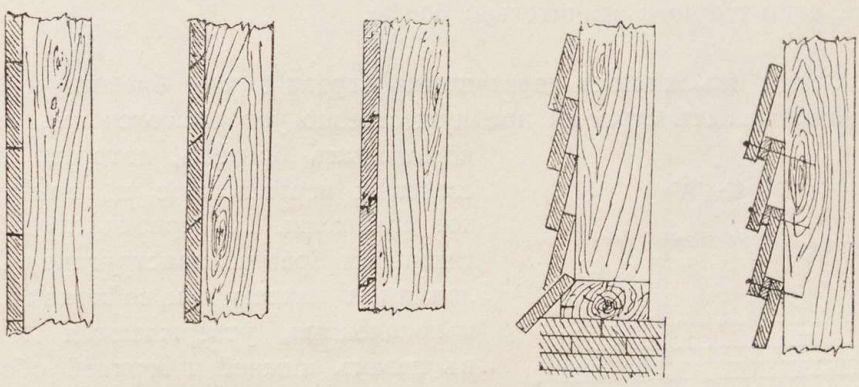
с) Заполненіемъ фахверковыхъ стѣнъ нерѣдко служитъ естественный

камень или кирпичъ. Въ такомъ случаѣ постройка становится уже болѣе огнеупорной, но зато нельзя не замѣтить, что тутъ смѣшиваются два матеріала различной долговѣчности. Если деревянный скелетъ отъ времени разрушиться, то кирпичное заполненіе держаться не можетъ и все зданіе распадается. Несмотря на это неудобство, такого рода конструкція очень распространена для холостыхъ зданій небольшого размѣра, а также для пакгаузовъ и складовъ, при чемъ страховыя общества, для такихъ зданій, сравнительно съ деревянными значительно понижаютъ премію, въ виду меньшей ихъ опасности отъ огня.

На черт. 1, листъ 4 представлена часть стѣны съ заполненіемъ бутовой и кирпичной кладкой. Толщина заполненія можетъ быть въ $^1/_2$, $^3/_4$, въ 1 кирпичъ и въ $1^1/_4$, производя кладку въ перевязку.

При толщинѣ въ $^3/_4$ или въ $1^1/_4$ кирпича, кладка ведется такъ, какъ показано на черт. 2, листъ 4, т.-е. ставится кирпичъ на ребро и въ томъ

Чер. 156. Чер. 157. Чер. 158. Чер. 159. Чер. 160.



же ряду плашмя, затѣмъ въ слѣдующемъ ряду опять кирпичъ на ребро, но уже съ другой стороны стѣны и т. д.

Для того, чтобы дождевая вода не заливала подъ кирпичную кладку, расположенную на ригелѣ или на обвязкѣ—эти брусья снабжаются фаской, т.-е. углы ихъ скашиваются, какъ это показано на черт. 1 и 2 листъ 4, вертикальные брусья имѣютъ тоже фаски, но уже для красоты и симметріи.

С. Примѣненіе фахверковыхъ стѣнъ къ жилымъ строеніямъ. Описанной конструкціи фахверковыя стѣны съ тонкимъ кирпичнымъ заполненіемъ или деревянной обшивкой, очевидно, не могутъ служить для жилыхъ помѣщеній; такія стѣны будутъ промерзать. Но ихъ можно примѣнить и для этой цѣли сдѣлавъ нѣкоторыя дополненія и измѣненія. Такъ стоитъ только брусчатый скелетъ зданія обшить, какъ съ наружной, такъ и съ внутренней стороны досками, а образовавшійся промежутокъ заполнить какимъ-либо дурно проводящимъ тепло матеріаломъ, напр., инфузорной землей, опилками, торфянымъ порошкомъ, соломой, сосновыми или еловыми иглами и т. п.

Торфяной порошокъ при всей своей ничтожной теплопроводимости и легкости, имѣетъ однако способность впитывать въ себя влагу и становясь влажнымъ настолько увеличиваетъ свою теплопроводимость, что удержать внутри помѣщеній нормальную температуру становится затруднительнымъ. Обыкновенно это явленіе замѣчается въ началѣ зимы; затѣмъ, когда торфъ просохнетъ, то опять пріобрѣтаетъ свойства дурного проводника.

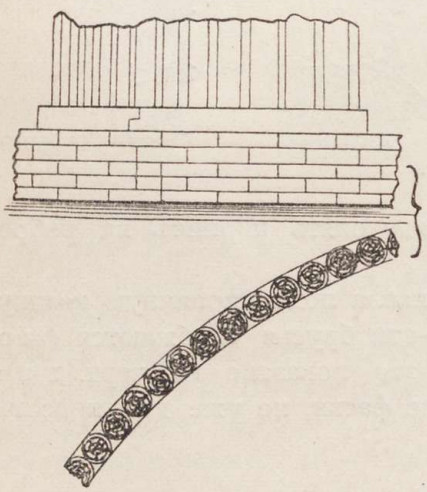
Вмѣсто кирпичной кладки изъ сполошнаго кирпича можетъ быть употребленъ пустотѣлый кирпичъ, расположенный такъ, какъ показано на черт. 2, листъ 4. Такія стѣны толщиною въ $1^3/_4$ кирпичъ вполнѣ замѣняютъ два кирпича сплошныхъ.

Въ послѣднее время явился новый матеріалъ, могущій тоже служить прекраснымъ заполненіемъ для фахверковыхъ стѣнъ жилыхъ строеній—это такъ назыв. стеклянный кирпичъ, въ видѣ пустотѣлыхъ параллелепипедовъ съ выпуклой верхней и нижней поверхностями. Дороговизна этого матеріала дѣлаетъ его весьма мало распространеннымъ на практикѣ.

Размѣры его по ширинѣ и длинѣ нѣсколько менѣе обыкновеннаго кирпича, а по ширинѣ значительно болѣе.

D. Стѣны изъ жилыхъ деревянныхъ строеній изъ бревенъ и брусьевъ. Стѣны жилыхъ строеній преимущественно устраиваются изъ шестивершковыхъ бревенъ, которыя могутъ имѣть и вертикальное и горизонтальное положенія. Въ первомъ случаѣ вертикальныя бревна, приструганныя, проложенныя паклею или войлокомъ, проконопаченныя, утверждаются концами въ пазахъ нижней и верхней обвязокъ (чер. 161) и составляютъ такимъ образомъ сплошной рядъ. Преимущество стѣнъ изъ вертикальныхъ бревенъ состоитъ въ томъ, что онѣ болѣе устойчивы сравнительно со стѣнами изъ горизонтальныхъ бревенъ и совершенно не даютъ осадки. Но, съ другой стороны, имѣютъ также свои неудобства: отъ времени дерево усыхаетъ и между бревнами образуются щели, поэтому вертикальное расположеніе бревенъ примѣняется лишь въ томъ случаѣ, если зданіе имѣетъ въ планѣ криволтнейную форму (черт. 161).

Чер. 161.

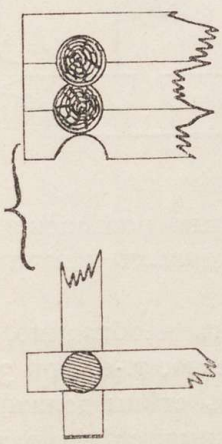


Стѣны изъ горизонтальныхъ бревенъ располагаются рядами, при чемъ концы бревенъ врубаются другъ въ друга и такимъ образомъ составляются вѣнцы. Нѣсколько вѣнцовъ, поставленныхъ одинъ на другой и взаимно соединенныхъ шипами, образуютъ срубъ; такъ какъ бревна имѣютъ форму усѣченнаго конуса, то для соблюденія горизонтальности вѣнцовъ безъ значительной обтески бревенъ, надо класть ихъ такъ, чтобы на уголъ приходились бревна поперемѣнно вершинами или комлями. По длинѣ

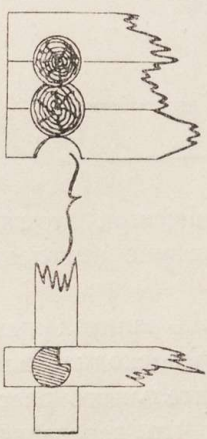
бревна сплачиваются между собой пазомъ, какъ это показано на черт. 3, листъ 4. Ширина паза должна быть отъ 3 до $3^1/_2$ вершк. не менѣе, при чемъ форма его должна быть какъ можно правильнѣе, такъ какъ отъ этого зависитъ теплосохраняемость строенія и степень его осадки. Очертаніе паза по шаблону намѣчается на обоихъ торцахъ бревна. Послѣ чего по шнуру, натертому мѣломъ отбивается направленіе паза по длинѣ бревна и по шаблону протесываются гнѣзда, какъ по концамъ бревна, такъ равно и въ нѣсколькихъ мѣстахъ по его длинѣ. Затѣмъ уже топоромъ вырубается весь пазъ.

При устройствѣ стѣнъ изъ горизонтальныхъ бревенъ, лежащихъ въ одной плоскости, соединенія концовъ бревенъ въ углахъ можетъ быть сдѣлано врубками: съ остаткомъ или безъ остатка. При первомъ способѣ соединенія употребляютъ врубки: въ обло или въ чашку (ч. 162);

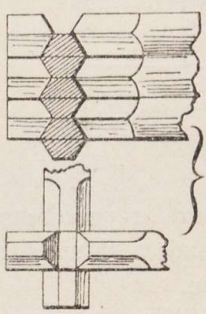
Чер. 162.



Чер. 163.



Чер. 164.



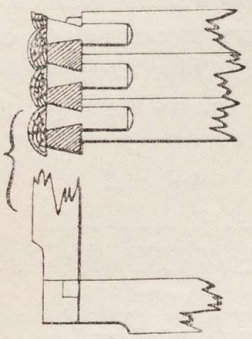
въ присѣкъ, т.-е. въ чашкѣ оставляется потайной шипъ (потемки (черт. 163) и шведская или шестиугольная (черт. 164). Всѣ горизонтальныя вырубки или сопряженія должны быть обращены внизъ, чтобы дождевая вода не могла въ нихъ оставаться. Для второго способа соединенія (безъ остатка) употребляются врубки: въ лапу съ кореннымъ шипомъ или потемкомъ (черт. 165), въ полулапу (черт. 166) и сопряженія внутренней стѣны съ наружной посредствомъ прорѣзной лапы безъ щиповъ (сковороднемъ) (черт. 167).

На чертежѣ 168 показанъ способъ вычеркиванія лапы. На поверхности торца вписываютъ квадратъ и раздѣляютъ его горизонтальными линіями на 8 полосъ. Затѣмъ конецъ бревна обтесывается въ видѣ четырехгранной призмы и на одной изъ граней тоже чертится квадратъ съ дѣленіями на 8 частей. Соединяя на торцѣ дѣленія 1 со 2 и 7 съ 6, а на боковой поверхности призмы 2 съ 3 и 6 съ 5, получимъ прямыя для обтески лапы.

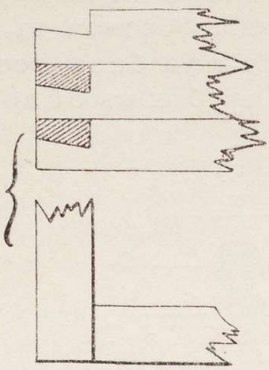
При горизонтальномъ положеніи бревенъ прочность стѣнъ уменьшается съ разстояніемъ между углами и числомъ отверстій (въ стѣнѣ), ибо

устройство пролетовъ и отверстій требуетъ перерубанія бревенъ, отъ чего уменьшается ихъ взаимная связь. Изъ этого слѣдуетъ, что всѣ деревянныя постройки болѣе значительныхъ размѣровъ должны имѣть для своей устойчивости достаточное число капитальныхъ стѣнъ, которыя должны быть какъ можно менѣе перерублены. Итакъ, при проектированіи деревянныхъ построекъ прежде всего нужно расположить внутреннія стѣны на такомъ другъ отъ друга разстояніи, при которомъ обезпечиваются надлежащая

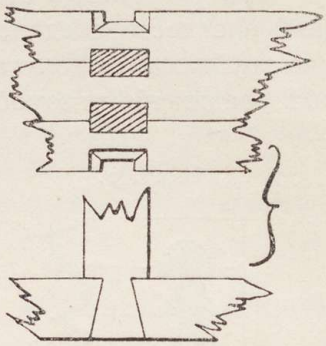
Чер. 165.



Чер. 166.



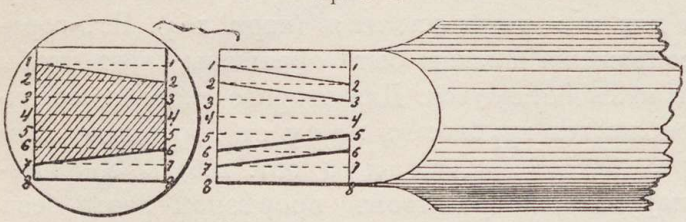
Чер. 167.



прочность и устойчивость зданія; при этомъ холодныя помѣщенія (сѣни, лѣстница) должны быть непремѣнно отдѣлены отъ теплыхъ капитальными стѣнами.

Вообще, при распредѣленіи капитальныхъ стѣнъ необходимо, чтобы разстояніе между углами не превосходило длину бревна, т.-е. отъ 3-хъ до 4-хъ саженъ. При болѣе значительныхъ разстояніяхъ стѣны должны быть особо укрѣплены. Замѣчено, что деревянныя длинныя стѣны даже при отсутствіи распора со временемъ выходятъ изъ вертикальнаго положенія (выпучиваются) и, несмотря на соединеніе въ углахъ и связи балокъ, выгибаются. Это отчасти происходитъ отъ неправильной формы пазовъ между бревнами, что даетъ имъ малую поверхность соприкосновенія; главнымъ же образомъ потому, что дерево подвержено с с ы х а н і ю, с м я т і ю и г н і е н і ю.

Чер. 168.

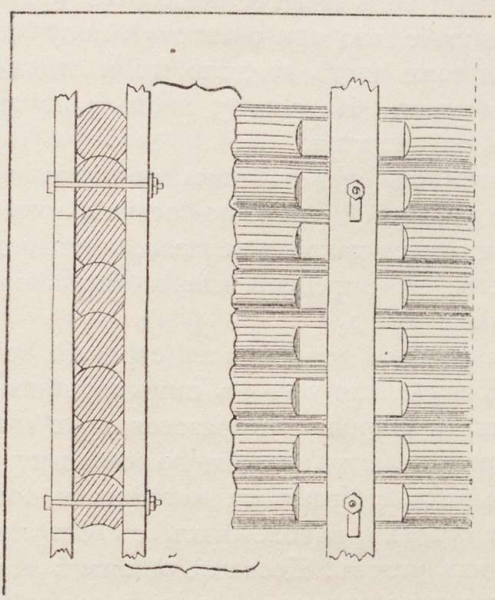


Выпучиваніе стѣнъ предупреждается устройствомъ вертикальныхъ схватокъ, называемыхъ с ж и м а м и (черт. 169). Они состоятъ изъ вертикально поставленныхъ брусьевъ, соединенныхъ другъ съ другомъ болтами. Для того, чтобы эти болты не задерживали осадку сруба, отверстія, въ которыя они проходятъ, дѣлаются продолговатыми. Сжимы препятствуютъ отдѣльнымъ бревнамъ выходить изъ вертикальнаго положенія. При малой

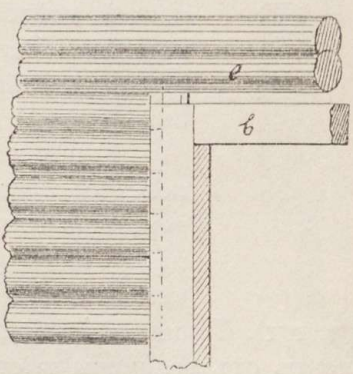
высотѣ стѣны иногда довольствуются полусжимами (съ одной только стороны стѣны). Сжимы, удерживая отдѣльныя бревна, не могутъ предупреждать общаго отклоненія стѣны отъ вертикальнаго положенія при большей ихъ высотѣ или при дѣйствіи на нихъ распора. Въ послѣднемъ случаѣ въ мѣстахъ расположенія сжимовъ стѣны подпираются подкосами, какъ это показано на черт. 3, листъ 4.

Узкіе простѣнки было бы проще дѣлать изъ вертикально поставленныхъ бревенъ, но такое устройство, при горизонтальномъ положеніи другихъ частей сруба, препятствовало бы осадкѣ стѣнъ. Это неудобство можно устранить отчасти запасомъ, оставленнымъ сверху; но такъ какъ величину осадки трудно точно опредѣлить, то при этомъ можетъ образоваться въ стѣнѣ щель по горизонтальной линіи, поэтому всѣ простѣнки, несмотря на малую связь, дѣлаются также изъ горизонтальныхъ бревенъ съ соединеніемъ между собою

Чер. 169.



Чер. 170.

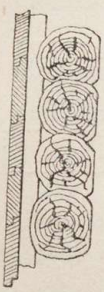


вставными шипами, при чемъ проемы обдѣлываются косякомъ, но непремѣнно съ оставленіемъ запаса.

Оконныя и дверныя отверстія, а также пролеты, оставляемые въ стѣнахъ для печей, обдѣлываются брусьями такъ, какъ показано на чер. 170: бревна спиливаются отвѣсно и на нихъ нарубаются шипы, рядъ которыхъ составляетъ гребень, на который насаживается стойка (для окна или двери—к о с я к ъ), съ пазомъ и шипомъ въ вершинѣ для скрѣпленія съ бревномъ *e*, перекрывающимъ отверстіе. Надъ горизонтальнымъ брусомъ *b* оставляется указанная выше щель, какъ запасъ на осадку, величина которой зависитъ отъ тщательности работы и отъ сухости лѣса и можетъ быть принята приблизительно отъ $^1/_{30}$ до $^1/_{20}$ высоты сруба. Полной осадки можно ожидать не ранѣе какъ черезъ годъ. Косяки служатъ для укрѣпленія пролетовъ. Устройство простѣнковъ изъ горизонтальныхъ бревенъ, давая возможность употреблять въ дѣло остатки ихъ (концы), составляетъ выгоду въ экономическомъ отношеніи.

Бревна для деревянныхъ стѣнъ обтесываются на 2 канта или на одинъ (чер. 5, листъ 4), при чемъ отесанная сторона обращается внутрь помѣщенія. Нижній обкладной вѣнецъ не обтесывается и для него отбираются болѣе толстыя бревна, онъ кладется на цоколь съ прокладкой березовой корой и просмолкой густой смолой. Весьма полезно, гдѣ это возможно, располагать на поверхность цоколя, какъ показано на чер. 3, 5, листъ 4, асфальтовый слой толщиною въ $^1/_2$ д. или асфальтовый толь. Обтеска на 4 канта, какъ это показано на чер. 6, листъ 4, у насъ употребляется весьма рѣдко, а между тѣмъ такой способъ построенія деревянныхъ стѣнъ имѣетъ большія преимущества, а именно, состоя изъ брусьевъ, по длинѣ сплоченныхъ въ четверть, такія стѣны менѣе проницаемы для вѣтра, а слѣдовательно болѣе теплосохраняемы; онѣ прочнѣе и устойчивѣе стѣнъ, срубленныхъ на пазахъ, и даютъ меньшую осадку; наконецъ, онѣ имѣютъ болѣе красивый видъ и легче поддаются архитектурной обработкѣ. Принимая во вниманіе, что при окантовкѣ получаются 4 пластинки, которыя тоже идутъ въ дѣло, то и стоимость ихъ не дороже бревенчатыхъ. На чер. 7, листъ 4 показано соединеніе въ углахъ такой стѣны.

Чер. 171.



При рубкѣ стѣнъ изъ бревенъ пазы прокладываютъ паклей, войлокомъ и на другой годъ по осадкѣ ихъ конопатятъ. Законопачиваются также всѣ щели, происшедшія отъ высыханія бревенъ, для предупрежденія затеканія въ нихъ воды и проникания вѣтра.

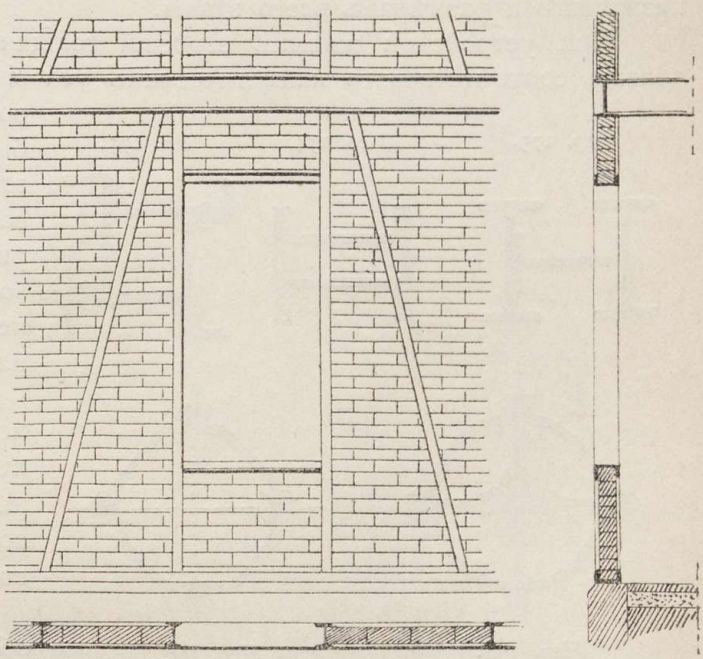
Снаружи стѣны жилыхъ деревянныхъ строеній весьма полезно обшивать досками, для чего къ нимъ прибиваютъ вертикальные бруски (прибоины) въ разстояніи $1^1/_2$ арш. и къ нимъ уже прикрѣпляютъ наружную обшивку изъ чисто обстроганныхъ и съ выбранными четвертями досокъ (черт. 171). Толщина прибоинъ при стѣнахъ, врубленныхъ съ остаткомъ, зависитъ отъ величины выступающихъ угловъ. Доски въ обшивкѣ могутъ занимать произвольное положеніе: горизонтальное, вертикальное или наклонное, при чемъ прибоины, относительно досокъ, могутъ имѣть перпендикулярное направленіе или наклонное. Но для правильности обшивки необходимо, чтобы внѣшнія грани прибоинъ находились въ одной вертикальной плоскости. Для того, чтобы вода не затекала сквозь швы обшивки, сопряженія досокъ дѣлаются, какъ показано на чертежѣ, т.-е. въ четверть. Доски въ углахъ стѣнъ срѣзываются въ усъ. Внутренняя сторона стѣнъ обдѣлывается посредствомъ обивки ихъ войлокомъ, дранью и оштукатурки. Оштукатурка стѣнъ внутри и обшивка снаружи, придавая зданію болѣе красивый видъ какъ внутри, такъ и снаружи, имѣетъ весьма полезное назначеніе: уменьшать теплопроводимость стѣнъ и сохранять дерево.

Въ нѣкоторыхъ мѣстностяхъ Россіи употребляются деревянныя стѣны съ кирпичной облицовкой (чер. 8, листъ 4); при этой конструкціи зданіе снаружи имѣетъ видъ каменнаго. Выгоды ея заключаются въ слѣдующемъ: во-1-хъ, она придаетъ строенію большую огнестойкость; во-2-хъ, стѣны обла-

дают̈ъ меньшей теплопроводностью и проницаемостью для холоднаго воздуха, и въ-3-хъ, кирпичная кладка защищаетъ дерево отъ вліянія атмосферныхъ перемѣнъ. Казалось бы, что при обдѣлкѣ кирпичемъ возможно быстрое загниваніе дерева; но въ виду того, что между обдѣлкой и деревомъ остается небольшой промежутокъ, доступный для циркуляціи воздуха, этого не замѣчается.

Наоборотъ, наблюдались примѣры весьма продолжительнаго существованія деревянныхъ домовъ, обдѣланныхъ кладкой въ $1\frac{1}{2}$ кирпича. Это объясняется тѣмъ, что зимой холодный воздухъ, проникая въ промежутокъ между деревомъ и камнемъ, нагрѣвается, при чемъ относительная влажность его понижается и онъ способенъ поглощать влагу и тѣмъ высушивать дерево.

Чер. 172.



Весьма полезно передъ облицовкой деревянныхъ стѣнъ кирпичомъ покрывать бревна смолой, смолистымъ составомъ, масляной краской или, наконецъ, обшивать бревна асфальтовымъ толемъ, какъ это показано на нашемъ чер. 8 лис. 4, что еще болѣе увеличиваетъ теплосохраняемость дома.

D. Стѣны изъ желѣза и камня. Матеріаломъ для устройства стѣнъ изъ металла и камня служатъ желѣзо, чугунъ, сталь, кирпичъ и иногда естественный камень для наружной фасадной облицовки. По своему внѣшнему виду конструкція этихъ стѣнъ напоминаетъ деревянный фахверкъ съ заполненіемъ кирпичомъ, разница лишь въ томъ, что основная конструкція стѣнъ не деревянная, а металлическая и состоитъ изъ главныхъ и второстепенныхъ стоекъ, обвязокъ, ригелей и раскосовъ. Примѣръ такой конструкціи, съ заполненіемъ кирпичной кладкой толщиною въ $\frac{1}{2}$ кирпича, представленъ на черт. 172. Здѣсь для междуэтажныхъ обвязокъ, для вертикальныхъ стоекъ и подкосовъ примѣнено двутавровое прокатное желѣзо; для ригелей и нижней обвязки, расположенной на поверхности каменнаго цоколя, и для обрамленія оконныхъ и дверныхъ отверстій употреблено желѣзо швеллерное, корытообразнаго поперечнаго сѣченія.

Устойчивость наружныхъ стѣнъ обезпечивается связью ихъ съ

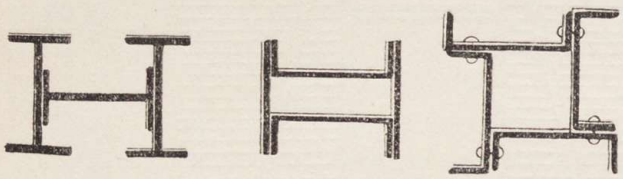
потолочными двутавровыми балками, прикрѣпленными къ обвязкамъ уголками.

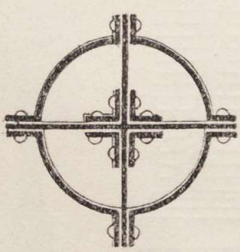
Всѣ желѣзныя части сопрягаются другъ съ другомъ болтами или заклепками съ помощью угольниковъ или накладокъ, при этомъ размѣры поперечныхъ сѣченій желѣзныхъ частей соотвѣтствуютъ размѣрамъ кирпича, что видно изъ примѣра на черт. 172. Для того, чтобы избѣжать осадки на швахъ, кладку слѣдуетъ производить на цементомъ растворѣ. Очевидно, что здѣсь кирпичъ не несетъ никакого груза, кромѣ собственнаго вѣса.

Разстояніе между стойками обыкновенно дѣлается около 1 саж., хотя этотъ размѣръ можетъ уменьшаться или увеличиваться соотвѣтственно назначенію и размѣрамъ всего зданія.

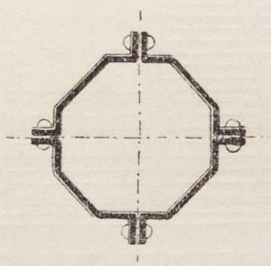
При устройствѣ жилыхъ строеній толщина кирпичнаго заполненія должна соотвѣтствовать климатическимъ условіямъ, т.-е. для нашего суроваго климата она должна быть не менѣе 1 арш.; къ этому должны быть приспособлены и размѣры по ширинѣ междуэтажныхъ обвязокъ, поэтому ихъ дѣлаютъ не одиночныя, а двойныя или тройныя.

Чер. 173. Чер. 174. Чер. 175.





Чер. 176.



Чер. 177.

Для утоненія стѣнъ онѣ могутъ быть сложены съ пустотами внутри, засыпанными дурнымъ проводникомъ или сдѣланы изъ пустотѣлаго кирпича.

Кромѣ того желѣзныя обвязки, стойки и проч., какъ хорошіе проводники тепла, должны быть ограждены отъ промерзанія. Въ деревянныхъ фахверковыхъ стѣнахъ условія совершенно иныя; тамъ дерево, которое въ 5 разъ меньше проводитъ тепла, чѣмъ кирпичъ и толщина бруска въ 4 верш. уже совершенно достаточна; деревянная стѣна такой толщины съ избыткомъ замѣняетъ кирпичную толщину въ 1 арш.

Для коренныхъ стоекъ пользуются двутавровымъ, швеллернымъ и квадратнымъ желѣзомъ, соединяя стойки въ группы и склепывая или свинчивая ихъ между собою, какъ это показано на черт. 173, 174, 175, 176 и 177.

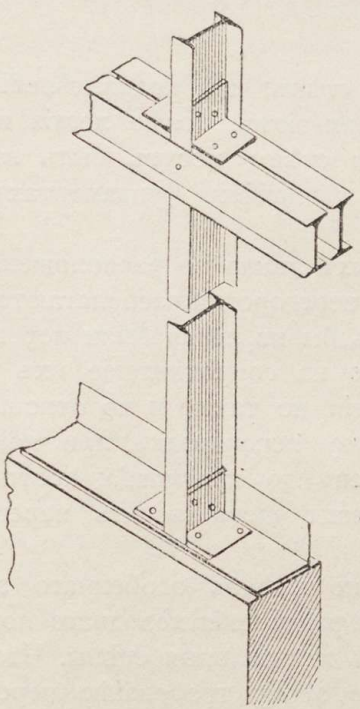
Конструктивныя подробности и размѣры вообще металлическихъ стоекъ разсматриваются ниже въ статьѣ объ отдѣльныхъ подпорахъ; мы здѣсь ограничиваемся лишь указаніемъ формы ихъ поперечныхъ сѣченій и расположеніемъ.

Сопряженіе желѣзныхъ стоекъ съ обвязками дѣлается съ помощью заклепокъ, какъ это показано на черт. 178.

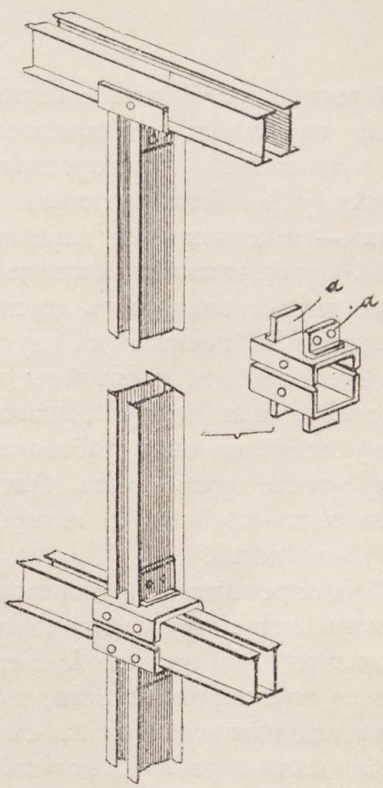
Если стойки двойныя, то для соединенія ихъ съ двойными обвязками изъ двутавровыхъ балокъ примѣняются коробки (черт. 179), состоящія изъ трехъ стѣнокъ съ двумя приливными ребрами (*a a*), къ которымъ привинчиваются стойки. Двѣ коробки обхватываютъ обвязку снизу и сверху.

Постройки изъ желѣза и камня особенно распространены въ Америкѣ, гдѣ такая конструкція вызывается высотою зданій, съ числомъ этажей, доходящимъ до 25 и даже 30. Для того, чтобы при такой высотѣ зданія не перейти предѣла сопротивленія на сжатіе каменнаго матеріала, потребовалось бы чрезмѣрное утолщеніе стѣнъ нижняго этажа. Прочное

Чер. 178.



Чер. 179.



сопротивленіе желѣза на сжатіе принимается въ 1.000 кг., а самая лучшая кирпичная кладка на цементѣ—только 15 кг.; поэтому стѣны изъ желѣза могутъ быть при той же толщинѣ въ 66 разъ выше кирпичныхъ.

Весь основной скелетъ американскаго многоэтажнаго зданія состоитъ изъ желѣза или стали и несетъ грузъ какъ заполняющей его каменной кладки, такъ и этажныхъ покрытій со всей ихъ постоянной и временной нагрузкой. Всѣ желѣзныя части по точнымъ и подробнымъ чертежамъ, составленнымъ архитекторомъ, приготовляются на сталепрокатныхъ заводахъ и въ разобранномъ видѣ доставляются на мѣсто производства работъ. Благодаря примѣненію различныхъ подъемныхъ приспособленій, крановъ, лебедокъ и т. п., съ примѣненіемъ парового двигателя работы по возве-

денію зданія производятся съ поразительной быстротой. Такъ, по словамъ инженера Эвальда *), громадный 17-этажный домъ „Ashlandblock“ въ Чикаго, близъ ратуши, имѣющій въ длину 20, въ ширину $11\frac{1}{2}$ саж., строился при замѣчательно неблагопріятныхъ условіяхъ—зимою. Работа шла не только днемъ, но и ночью, при электрическомъ свѣтѣ; лѣса были обернуты парусиною и пространство подъ нею согрѣвалось большими коксовыми печами; колонны устанавливали паровыми кранами, поэтажно. Въ теченіе 13 дней было вполнѣ окончено (кромѣ столярныхъ и т. п. работъ) 4 этажа, т.-е. этажъ возводился въ $3\frac{1}{2}$ дня.

Только при желѣзо-кирпичной или желѣзо-бетонной конструкціи и возможна такая быстрота работъ.

§ 12.

Перегородки. Кромѣ капитальныхъ стѣнъ; для подраздѣленія плана строенія на отдѣльныя помѣщенія устраиваются болѣе легкія и тонкія стѣны, называемыя перегородками. Такія стѣны могутъ быть въ одноэтажныхъ строеніяхъ основаны не на сплошныхъ фундаментахъ, а на стульяхъ—каменныхъ или деревянныхъ.

Въ многоэтажныхъ зданіяхъ, которыхъ этажи по расположенію комнатъ не корреспондируютъ другъ другу, перегородки располагаются прямо на балкахъ. Въ послѣднемъ случаѣ, какъ бы ни легки были перегородки, балки должны быть провѣрены не только на сопротивленіе ихъ тяжести потолочнаго или междуэтажнаго покрытія, но также и по отношенію къ дѣйствующему на нихъ добавочному грузу перегородки, при чемъ желательно, чтобы грузъ этотъ былъ доведенъ до minimum'а; поэтому одно изъ главныхъ требованій, которому должны удовлетворять перегородки, это—ихъ легкость.

Теплопроводимость перегородокъ не имѣетъ особеннаго значенія, такъ какъ онѣ могутъ и не служить для раздѣленія холоднаго помѣщенія отъ теплаго; это назначеніе исполняютъ капитальныя стѣны. Что же касается до звукопроводимости, то нерѣдко этому требованію перегородки должны подчиняться наравнѣ съ капитальными стѣнками.

Равнымъ образомъ могутъ быть случаи, когда перегородки должны быть несгораемы. Это послѣднее качество желательно для всѣхъ частей строенія вообще, поэтому несгораемыя перегородки должны всегда имѣть предпочтеніе передъ деревянными.

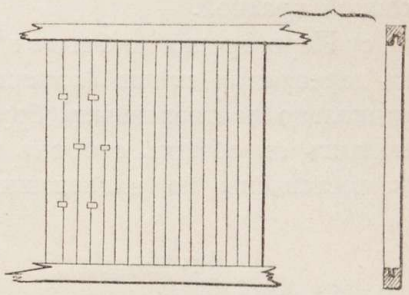
Особенной прочностью, устойчивостью и неизмѣняемостью перегородки должны обладать въ томъ случаѣ, если онѣ служатъ, такъ же какъ и капитальныя стѣны, опорами для балокъ. Тогда онѣ должны имѣть надлежащее основаніе уже не въ видѣ столбовъ, а въ видѣ каменныхъ стѣнъ, расположенныхъ на материкѣ, и ни въ какомъ случаѣ не должны быть основаны на балкахъ. Каменные столбы примѣняются лишь въ одноэтажныхъ зданіяхъ.

*) ... ныя особенности американскихъ зданій, В. В. Эвальда, стр. 33.

Примѣчаніе. Что касается внутреннихъ капитальныхъ стѣнъ, то толщина ихъ въ нашемъ климатѣ почти всегда дѣлается меньше, чѣмъ наружныхъ, такъ какъ размѣры послѣднихъ, какъ это было сказано выше, опредѣляются не только по отношенію ихъ устойчивости и прочности, но и въ зависимости отъ теплопроводности ихъ, а такъ какъ опытъ показалъ, что только толщина стѣнъ въ $2^1/_2$ кирпича гарантируетъ въ сильные морозы отъ промерзанія, то менѣе этой толщины наружныя стѣны жилыхъ строеній и не дѣляются.

Звукопроводимость деревянныхъ перегородокъ устраняется тѣмъ, что ихъ устраиваютъ двойными, т.-е. дѣлаютъ двѣ независимыя одна отъ другой перегородки изъ досокъ и заполняютъ промежутокъ (вершка 2—3) какимъ-либо сыпучимъ дурно проводящимъ звукъ матеріаломъ, такъ, напр., инфузорной землей.

Чер. 180.

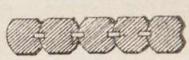


По матеріалу перегородки раздѣляются на деревянныя, каменныя, бетонныя, алебастровыя, фахверковыя, стеклянныя и металлическія.

Самыми распространенными по своей легкости, дешевизнѣ и удобству конструкціи являются деревянныя перегородки. Ихъ устройство мало отличается вообще отъ стѣнъ деревянныхъ фахверковыхъ нежилыхъ строеній и можетъ быть слѣдующее:

а) Перегородки изъ накатника, т.-е. изъ бревенъ, толщиною отъ 3 до $3^1/_2$ верш., поставленныхъ вертикально, другъ къ другу припазованныхъ и обтесанныхъ на два канта. Концы бревенъ снабжены шипами, которые входятъ въ нижній и въ верхній обвязочный брусъ (черт. 180). Кромѣ того, бревна по длинѣ соединяются другъ съ другомъ вставными шипами. На черт. 181 такая перегородка изображена въ горизонтальномъ разрѣзѣ. Пазы между бревнами проконапачиваются и, кромѣ того, съ поверхности перегородка обшивается дранью и оштукатуривается. Очевидно, что такая перегородка представляетъ изъ себя ничто иное, какъ деревянную бревенчатую стѣну, способную выдержать значительную нагрузку. Но въ то же самое время это—одна изъ наиболѣе тяжелыхъ конструкцій; кв. сажень такой перегородки вѣситъ безъ штукатурки около 22 пудовъ, а при оштукатуркѣ съ обѣихъ сторонъ—около 42 пудовъ. Вертикальные брусья между собою стыкаются вставными шипами. При хорошемъ основаніи перегородки изъ накатника могутъ служить и для поддержанія балокъ

Чер. 181.

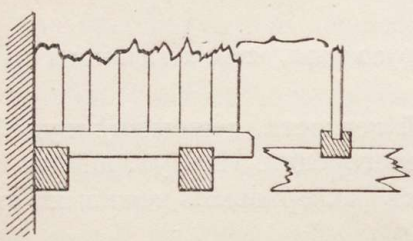


b) Если взамѣнъ бревенъ въ обвязки будутъ введены вертикально поставленныя доски, толщиною въ $1^1/_2$ верш., то мы получимъ дощатую перегородку, весьма распространенной конструкціи (черт. 182). По длинѣ доски сплочиваются вставными шипами и въ четверть, а снаружи или чи-

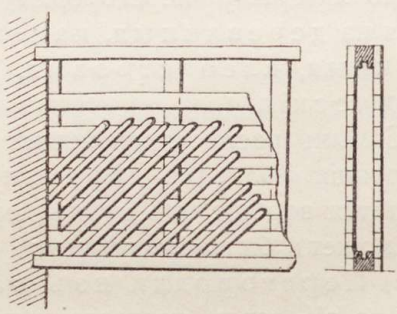
сто выстругиваются, или обиваются дранью по войлоку, или, что еще лучше, по соломеннымъ матамъ и оштукатуриваются съ обѣихъ сторонъ, какъ и въ предшествовавшемъ случаѣ. Эта конструкція значительно легче (около 16 пудовъ кв. саж.), но зато представляетъ меньшее сопротивленіе нагрузкѣ, поэтому никогда и не нагружается балками потолочнаго покрытія, а несетъ только свой собственный грузъ. Надо замѣтить, что при отштукатуркѣ съ обѣихъ сторонъ вѣсъ кв. саж. перегородки увеличивается на 10 пудовъ по крайней мѣрѣ. Если нѣтъ надобности въ уменьшеніи звукопроводности, то взамѣнъ отштукатурки перегородка окрашивается масляной краской.

с) Перегородки обшивныя брусчатыя устраиваются такъ же, какъ деревянныя стѣны фахверковыхъ строеній, т.-е. изъ горизонтально и вертикально поставленныхъ брусьевъ, обтесанныхъ на 2 или на 4 канта и обшитыхъ съ обѣихъ сторонъ тесомъ (черт. 183). Такія перегородки, если онѣ поставлены на надлежащемъ фундаментѣ, могутъ служить и опорой

Чер. 182.



Чер. 183.

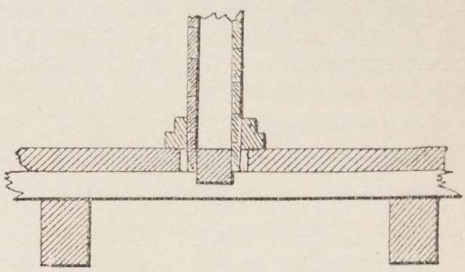


для потолочныхъ балокъ; при этомъ вѣсъ обшитыхъ перегородокъ вмѣстѣ съ оштукатуркою съ обѣихъ сторонъ—около 20 пудовъ кв. саж., а толщина 4 вершка. Звукопроводимость ихъ меньшая сравнительно съ перегородками изъ накатника и легко можетъ быть еще болѣе уменьшена засыпкой промежутка между досками какимъ-нибудь сыпучимъ матеріаломъ.

При расположеніи перегородокъ непосредственно на балкахъ могутъ быть три случая: 1) перегородка можетъ располагаться на одной изъ потолочныхъ балокъ по ея длинѣ, 2) она можетъ лежать поперекъ этихъ балокъ, тогда грузъ ея передается на нѣсколько балокъ и 3) когда перегородка устраивается между двумя балками вдоль ихъ. Въ первомъ случаѣ нижній обвязочный брусъ располагается непосредственно на балкѣ и для усиленія ея сопротивленія соединяется съ ней болтами или нарубается на нее наподобіе составныхъ балокъ. Во второмъ случаѣ обвязка нѣсколько врубается въ балку при чемъ вырубка дѣлается, конечно, не въ балкѣ, а въ обвязкѣ (черт. 182). Наконецъ, въ 3-мъ случаѣ вводятся промежуточные брусья или ригеля, на разстояніи отъ 2 до 3 аршинъ одинъ отъ другого, располагая ихъ перпендикулярно къ направленію балокъ. Этотъ способъ можетъ быть замѣненъ устройствомъ перегородки сверхъ половыхъ переводовъ или сверхъ подрѣшетки подъ паркетъ (черт. 184).

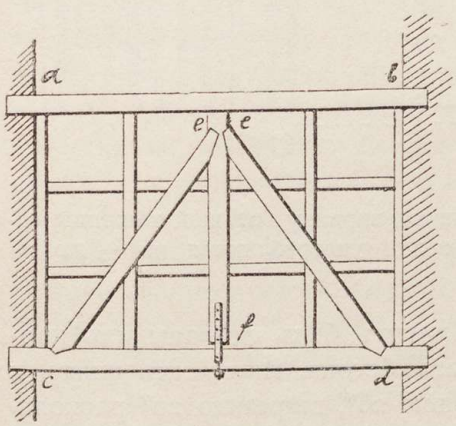
d) Чтобы не обременять балки тяжестью перегородокъ, грузъ послѣднихъ можетъ быть переданъ на стѣны посредствомъ такъ называемой шпренгельной конструкціи. На черт. 185 представленъ самый простой типъ такой перегородки. Здѣсь главныя части состоятъ изъ горизонтальныхъ брусьевъ *ab* и *cd*, вертикальной стойки *ef* и двухъ подкосовъ *ce* и *de*. На эти брусья нарублены вертикально и горизонтально бруски, къ которымъ прибивается съ обѣихъ сторонъ тесовая обшивка. Такія перегородки носятъ названіе шпренгельныхъ и, благодаря подкосамъ *ce*, *de* и бабки *ef*, весь грузъ передается на концы бруса *cd*. Если перегородка имѣетъ двери, то конструкція ея нѣсколько видоизмѣняется (черт. 186).

Чер. 184.

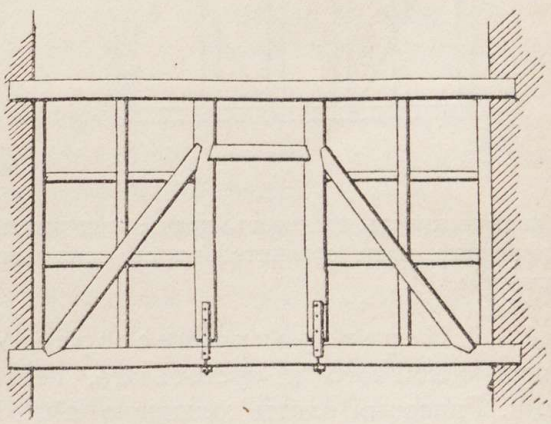


Грузъ перегородки можетъ быть переданъ и на концы верхняго бруса съ помощью 4-хъ діагональныхъ желѣзныхъ полосъ (черт. 188), расположенныхъ по сторонамъ перегородки и соединенныхъ попарно накладками. Такой конструкціей вообще предупреждается провѣсъ и осадка перегородокъ, что нерѣдко можно замѣтить въ домахъ, въ которыхъ противъ этого не принято никакихъ мѣръ. На черт. 187 представлено сопряженіе бабки или стойки *fe* съ горизонтальнымъ брусомъ въ точкѣ *f* (черт. 185) съ помощью желѣзнаго хомута и шипа; послѣдній необходимъ для предупрежденія движенія стойки въ горизонтальной плоскости.

Чер. 185.



Чер. 186.



Для предохраненія перегородокъ изъ дерева отъ воспламененія весьма существеннымъ средствомъ является отштукатурка ихъ съ обѣихъ сторонъ по войлоку съ обивкою дранью.

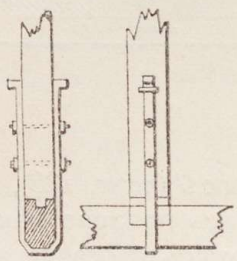
Къ сожалѣнію, войлокъ, хотя и представляетъ матеріалъ, дурно проводящій звукъ и способствующій сцѣпленію штукатурки съ деревомъ, не рекомендуется, однако, санитарной техникой, такъ какъ представляетъ благопріятную среду для развитія раз-

личныхъ микробовъ и моли. Бывали случаи зараженія сибирской язвой отъ войлоковъ, приготовляемыхъ, какъ извѣстно, изъ коровьей шерсти. Въ особенности непріятна въ жиломъ помѣщеніи моль.

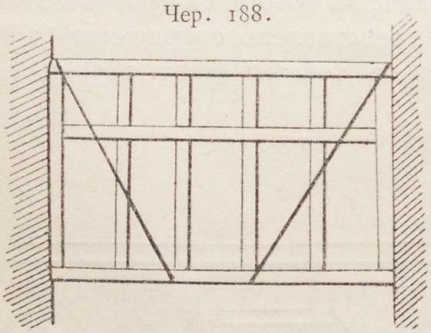
За границей совсѣмъ не употребляютъ войлокъ для указанной цѣли, а при штукатуркѣ замѣняетъ его и дрань—брусочками, треугольнаго поперечнаго сѣченія, длиною 1 м. и связанныхъ между собой проволокой, образуя маты или ковры длиною въ 12 метровъ. Такіе маты прибиваются къ деревянной поверхности перегородки или потолка такимъ образомъ, чтобы вершины треугольниковъ поперечнаго сѣченія брусковъ были обращены къ обиваемой поверхности, вслѣдствіе чего промежутки между брусками образуютъ какъ бы лапу и крѣпко удерживаютъ наметъ.

У насъ нерѣдко и съ большимъ успѣхомъ войлокъ замѣняютъ соломенными матами, шириною отъ $1^1/_2$ до 2 аршинъ. Поверхъ матовъ, какъ и при войлокѣ, при-

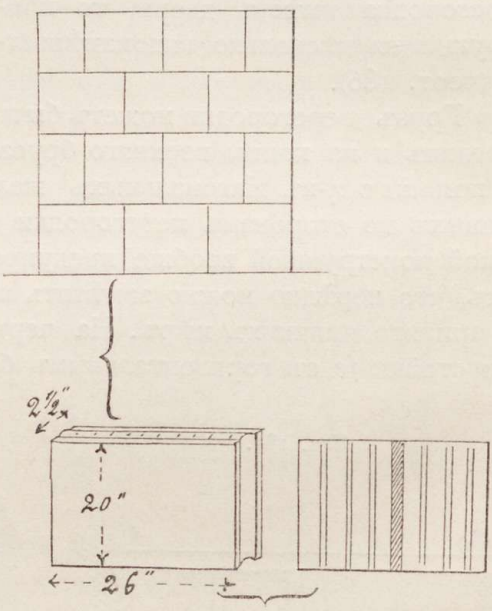
Чер. 187.



Чер. 188.



Чер. 189.



биваютъ крестъ на крестъ дрань; при этомъ, однако, въ виду большей толщины соломеннаго мата сравнительно съ войлокомъ, гвозди употребляются на $^1/_2$ дюйма длиннѣе.

е) Перегородки несгораемыя могутъ быть сдѣланы изъ кирпича сплошного и пустотѣлаго, цементнаго бетона, гипсовыхъ плитъ и т. п. Гипсовыя плиты толщиною $2^1/_2''$, длиною 26″, шириною 20″ располагаются на ребро одна на другую (черт. 196) въ перевязку и заливаются жидкимъ алебастровымъ растворомъ. Каждая плитка имѣетъ внутри рядъ пустыхъ каналовъ. Такъ какъ ряды плитъ устанавливаются такимъ образомъ, что ихъ внутренніе каналы образуютъ непрерывныя вертикальныя пустоты, то, заливая ихъ алебастромъ, мы вводимъ въ нихъ какъ бы вертикальные алебастровые стержни, что и служитъ къ скрѣпленію ихъ между собой.

Изъ сплошного кирпича (въ $^1/_2$ кирп.) перегородки грузны (около 65 пуд. кв. с.), но зато прочны и несгораемы. Онѣ могутъ быть сдѣланы

изъ пустотѣлаго кирпича; тогда вѣсъ ихъ на 20% меньше. Перегородки изъ цементнаго бетона, съ прокладкой внутри проволочнаго плетенія, могутъ считаться наиболѣе цѣлесообразными, но онѣ обходятся сравнительно дорого.

Работы по устройству желѣзо-бетонныхъ перегородокъ производятся слѣдующимъ образомъ: первоначально приготовляютъ на томъ мѣстѣ, гдѣ должна стать перегородка, вертикальную проволочную сѣтку, располагая вертикальныя проволоки толщиною около 1 см. на разстояніи отъ 7 до 10 см. одна отъ другой. Концы проволокъ закрѣпляются въ нижней и верхней обвязкѣ перегородки. Горизонтальныя проволоки меньшаго діаметра вводятся для удержанія вертикальныхъ въ надлежащемъ положеніи. Затѣмъ съ обѣихъ сторонъ сѣтки, съ промежуткомъ равнымъ толщинѣ перегородки (около 8—10 см.), прочно устанавливаютъ вертикальные деревянные щиты во всю длину перегородки, вышиною около 1 арш., и этотъ промежутокъ забиваютъ, съ плотной утрамбовкой, цементнымъ бетономъ состава 1:4. Когда первый рядъ забитъ и бетонъ достаточно отвердѣлъ, щиты разбираютъ и переставляютъ ихъ выше и т. д.

§ 13.

Карнизы, пояса, обрамленія, фронтоны и аттики. Карнизомъ по преимуществу, или вѣнчаніемъ, называются выступы или рядъ выступовъ, ограничивающихъ (вѣнчающихъ) стѣны сверху; они служатъ какъ бы переходомъ отъ вертикальной плоскости стѣны къ наклонной—покрытія. Карнизъ представляетъ одно изъ самыхъ главныхъ архитектурныхъ украшеній фасадовъ. Ни одно зданіе безъ него не обходится, въ виду его, несомнѣнно, полезнаго назначенія, а иногда и единственнаго украшенія, какъ, напр., для фабричныхъ зданій.

Пояса тоже состоятъ изъ выступовъ, образующихъ ряды, называемые тягами, но только меньшихъ размѣровъ; они имѣютъ назначеніе подраздѣлить поверхность стѣны на горизонтальныя части.

Наличниками собственно называются тяги, обрамляющія отверстія въ стѣнахъ. Что же касается фронтоновъ, аттиковъ и пр., то они извѣстны подъ названіемъ верхнихъ оконечностей стѣнъ и суть части, возвышающіяся надъ линіей главнаго или вѣнчающаго карниза.

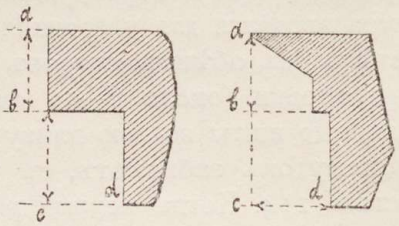
а) Тяги, образуя выступъ, имѣютъ въ поперечномъ разрѣзѣ профиль болѣе или менѣе сложнаго вида. Карнизъ, поясъ или какая-нибудь тяга представляетъ вообще выступъ, напр., въ видѣ прямоугольника (черт. 190); здѣсь *ab*—высота тяги, *cd*—соотвѣтственный выступъ, относъ или свѣсъ. Итакъ, размѣръ тягъ опредѣляется двумя этими измѣреніями: высотою и относомъ, но форма тяги зависитъ отъ вида ея профиля.

Форма тягъ и ихъ устройство опредѣляется профилевкой, т.-е. правилами образованія профилей, при чемъ профилевка находитъ себѣ приложеніе не только въ произведеніяхъ архитектуры, но во многихъ издѣліяхъ даже машинныя части нерѣдко украшаются профилевкой, которая сглаживаетъ рѣзкіе переходы отъ одной поверхности къ другой.

Основные элементы, изъ которыхъ образуются профили, немногочисленны. Они извѣстны подъ общимъ названіемъ обломовъ и изображены на черт. 191 и 192: полочка (*a*), валикъ (*b*), поясъ или плинтъ (*c*), валъ (*d*), четвертной валъ (*e*), выкружка (*f*) гусекъ (*g*) и каблучокъ (*h*).

Для начертанія этихъ обломовъ могутъ быть указаны геометрическіе пріемы, при чемъ для нѣкоторыхъ изъ нихъ, а именно: *b*, *d*, *e* и *f*, достаточно знать ихъ высоту, для остальныхъ, *a*, *c*, *g* и *h* необходимо имѣть высоту и свѣсъ. На чертежѣ показано построеніе каблучка и гуська по данной высотѣ *h* и по свѣсу *p*.

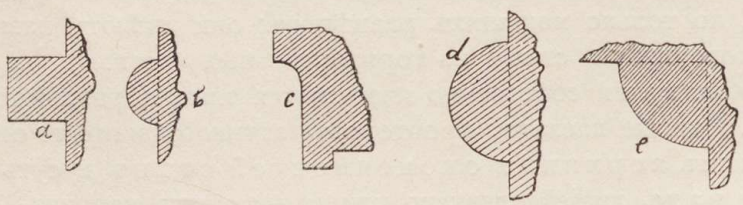
Чер. 190.



Формы основныхъ обломовъ могутъ быть измѣняемы, такъ какъ они въ большинствѣ случаевъ чертятся отъ руки. Видоизмѣненіе обломовъ опредѣляется преимущественно характеромъ или стилемъ зданія. Такимъ образомъ при начертаніи отъ руки какъ цѣлый профиль, такъ и отдѣльные обломы могутъ принимать различныя формы. Такъ, наприм., на черт. 193 представлено видоизмѣненіе четвертнаго вала и выкружки. Первый обломъ (*a*), въ отличіе отъ правильнаго римскаго четвертнаго вала, называется греческимъ валомъ, а второй (*b*)—скоціей. Кромѣ того, между самыми линіями этихъ двухъ обломовъ замѣчается подобіе: одинъ выпуклый, а другой при той же линіи—вогнутый.

Каждый профиль есть болѣе или менѣе сложная комбинація обломовъ (черт. 194, *a* и *b*), при чемъ одни имѣютъ значеніе главное, какъ, напр.,

Чер. 191.

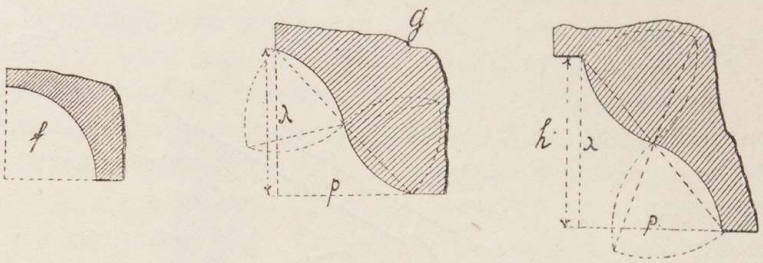


на нашемъ чертежѣ гусекъ, плинтъ и каблучокъ, а другіе—второстепенное (полочка, валикъ); обломы выпуклой формы имѣютъ положеніе прямое (*a*), обломы вдающіеся—обратное (*b*).

Хотя для образованія профилей нѣтъ точныхъ правилъ, но тѣмъ не менѣе отъ выполненія нѣкоторыхъ условій зависитъ опредѣленность формъ и ихъ красивый видъ. Правила эти въ большинствѣ случаевъ отрицательны, такъ, напр.: слѣдуетъ избѣгать сочетанія обломовъ одинаковой высоты и внѣшняго вида, идущихъ непрерывно одинъ за другимъ; крупные обломы должны раздѣляться болѣе мелкими. Въ простыхъ профиляхъ это достигается введеніемъ малыхъ поясковъ, валиковъ или полочекъ. Существен-

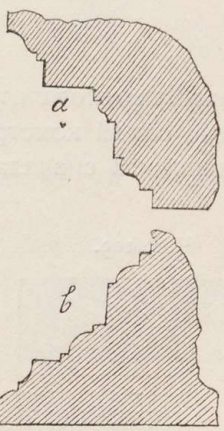
ную часть профиля составляетъ прямой поясъ, который занимаетъ приблизительно $^1/_3$ его высоты.

Чер. 192.

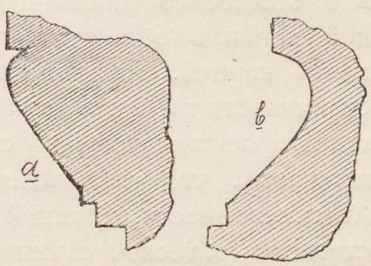


Въ капителяхъ и базахъ (черт. 195) она называется плитой, въ вѣнчающихъ же карнизахъ (черт. 196)—слезникомъ (*b*) и тогда внизу имѣетъ выемку (*c*), называемую съемцемъ.

Чер. 194.

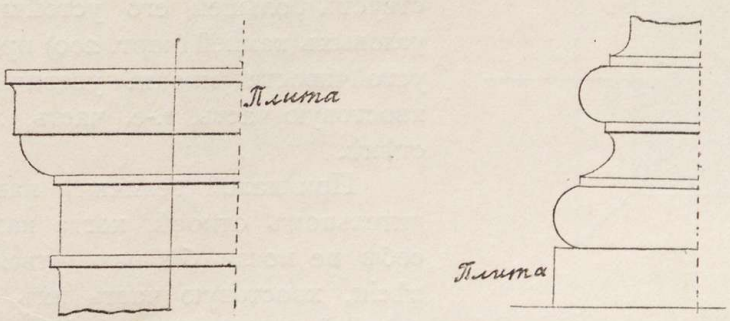


Чер. 193.



b) **Устройство карнизовъ.** Происхожденіе карнизовъ объясняется требованіемъ пользы и изящнаго. Крыша неизбѣжно должна образовать вы-

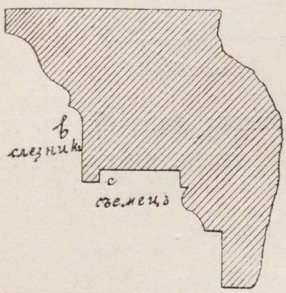
Чер. 195.



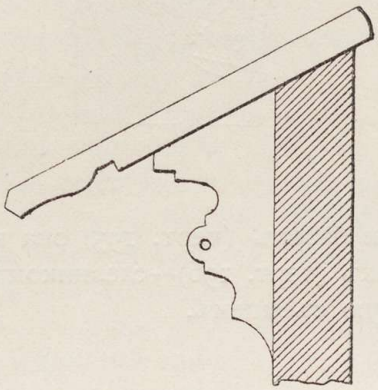
ступъ надъ поверхностью стѣны, чтобы дождевая вода не стекала по ней. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ эта цѣль достигается выпусканіемъ стропильныхъ

ногъ, на которыхъ основывается покрытіе (черт. 197), либо спускомъ камней (черт. 198), составляющихъ верхнюю часть стѣны. Обѣ формы представляются какъ бы неоконченными и неизящными, ибо въ нихъ нѣтъ

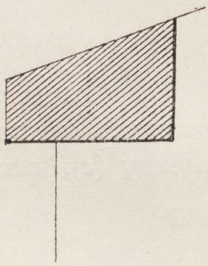
Чер. 196.



Чер. 197.



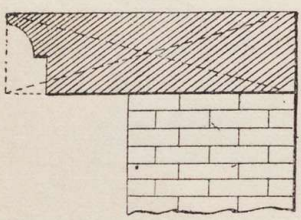
Чер. 198.



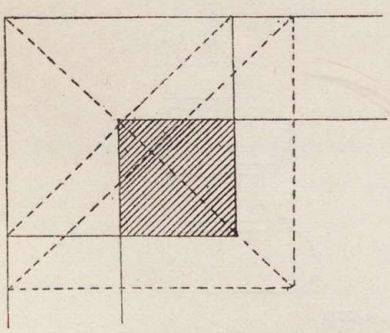
постепеннаго перехода отъ стѣны къ покрытію. Но этотъ переходъ вызывается даже самой конструкціей карниза.

Остановимся сначала на карнизахъ изъ тесоваго камня. Положимъ, что такой карнизъ образуетъ рядъ выступающихъ камней. Каждый камень для своей устойчивости требуетъ, чтобы центръ его тяжести проектировался на стѣну; отсюда вытекаетъ, что свѣсившаяся часть должна быть легче части, лежащей на стѣнѣ. Это достигается обтеской свѣшивающейся части какимъ-нибудь профилемъ (черт. 199). Вопросъ значительно упрощается, если центръ тяжести камня, непринимая въ расчетъ облегченія отдѣлкой, проектируется на стѣну, тогда обдѣлка только способствуетъ большей его устойчивости. Для угловыхъ камней (черт. 200) при малой ихъ устойчивости иногда увеличиваютъ ихъ хвостовую часть, т.-е. часть, лежащую на стѣнѣ.

Чер. 199.



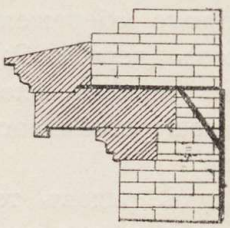
Чер. 200.



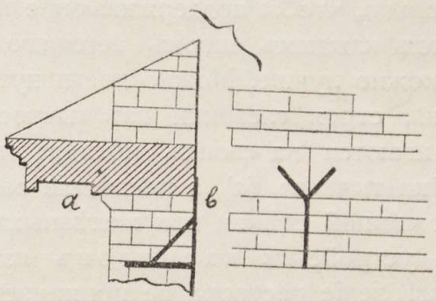
При малой величинѣ камней и значительномъ относѣ, когда камни сами по себѣ не могли бы находиться въ равновѣсіи, хвостовую часть ихъ загружаютъ кладкой или кладутъ желѣзныя связи (черт. 201 и 202). Ясно, что здѣсь для того, чтобы упасть карнизному камню, ему нужно отдѣлиться по линіи *ab* (черт. 202), чему препятствуютъ вѣсъ забутки и сцѣпленіе раствора, а также и желѣзныя связи.

Чтобы сознательно отнестись къ размѣрамъ поперечнаго сѣченія желѣзныхъ скрѣпленій въ карнизѣ необходимо опредѣлить то усиліе, которому онѣ должны сопротивляться. Представимъ себѣ каменный карнизъ (черт. 203), состоящій изъ спусковой плиты, значительно выступающей и поддерживающей рядъ камней съ профилемъ гуська. Хвостъ спусковой плиты загруженъ кладкой и вмѣстѣ съ тѣмъ прикрѣпленъ къ стѣнѣ желѣзными связями. Очевидно, что въ случаѣ паденія карниза спусковая плита будетъ вращаться около ребра C (черт. 203); этому долженъ противостоять

Чер. 201.



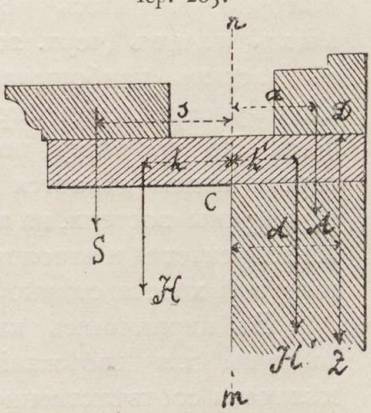
Чер. 202.



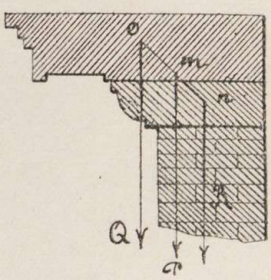
вѣсъ той части карниза, которая расположена на стѣнѣ, т.-е. по правую сторону вертикальной линіи mn.

Возьмемъ единицу длины карниза и опредѣлимъ грузовыя силы S, H, H', A, Z, изъ коихъ послѣдняя есть то напряженіе, которое будетъ испытывать желѣзная связь и размѣры которой намъ нужно опредѣлить. Плечи рычаговъ или перпендикуляры, опущенные изъ C на направленія означен-

Чер. 203.



Чер. 204.



ныхъ силъ, обозначены буквами a, d, h, h', s; поэтому мы можемъ написать уравненіе моментовъ, изъ котораго и опредѣлить силу Z, а именно:

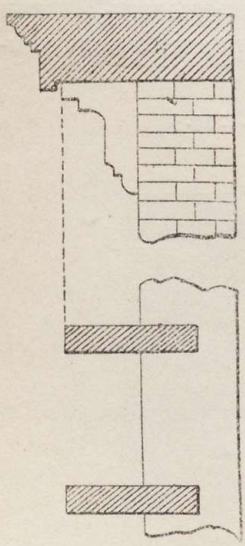
$$Ss + Hh = Hh' + Aa + Zd,$$

откуда $$Z = \frac{Ss + Hh - Hh' - Aa}{d}$$

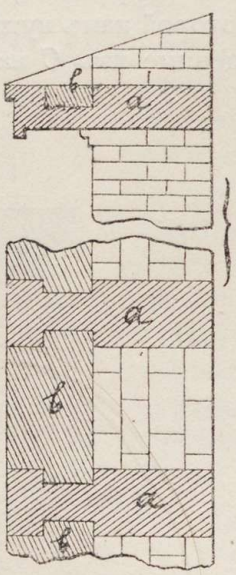
Устойчивость камней можетъ быть также обезпечена подведеніемъ 2-го ряда такъ, чтобы равнодѣйствующая вѣса камней въ 2 рядахъ приходилась на стѣну (черт. 204). Такимъ образомъ получается форма, гдѣ, кромѣ 2-хъ извѣстныхъ намъ частей: слезника и вѣнчающаго гзимза, является 3-я часть карниза: поддерживающій гзимзъ въ видѣ каблучка или четвертаго вала. Эта форма профиля чаще всего употребляется. Слѣдуетъ замѣтить, что нѣтъ надобности въ непрерывномъ рядѣ камней для устройства поддерживающаго гзимза, но можно ограничиться задѣлкой камней въ нѣкоторомъ разстояніи одинъ отъ другого (черт. 205), разсчитывая на сцѣпленіе раствора по всей задѣланной ихъ поверхности; необходимо только, чтобы поддерживающіе камни (кронштейны, консоли) находились подъ каждымъ швомъ верхняго ряда и чтобы качество раствора было возможно лучше. Можно достигнуть значительнаго сбереженія тесового камня, строя слезники изъ тычковъ и ложковъ (черт. 206); ложки (*b*) удерживаются на своихъ мѣстахъ посредствомъ шиповъ, входящихъ въ вырубки тычковъ (*a*), а послѣдніе сохраняютъ свою устойчивость благодаря нажимной стѣнки или желѣзныхъ скрѣпленій.

При устройствѣ карнизовъ изъ нѣсколькихъ рядовъ тесовыхъ камней сцѣпленіе раствора не принимается во вниманіе и для устойчивости карниза требуется, чтобы центръ тяжести каждаго ряда не сходилъ со стѣны. Очевидно, что въ этихъ случаяхъ надо принимать въ расчетъ вѣсъ кладки или забутки, находящейся надъ камнями, и примѣнять желѣзныя скрѣпленія (черт. 207). Отсюда является возможность устраивать карнизы изъ мелкаго матеріала съ употребленіемъ достаточно длинныхъ спусковыхъ плитъ (черт. 208) лишь въ частяхъ наибольшаго вѣса или съ употребленіемъ кронштейновъ. По урочному положенію спускъ плиты дѣлается лишь на $^1/_4$ ширины постели, на практикѣ же допускается и наполовину при загрузкѣ хвоста стѣнкой.

Чер. 205.



Чер. 206.

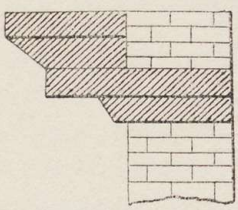


Въ кирпичныхъ карнизахъ выступы для избѣжанія тески дѣлаются соотвѣтственно рядамъ кирпичей, а затѣмъ наносятъ штукатурку по возможности одинаковымъ слоемъ (черт. 209). Чистая обдѣлка подобныхъ карнизовъ производится съ помощью штукатурнаго шаблона, который представляетъ собою (черт. 210) профиль, вырѣзанный въ натуральную величину на досчатомъ щитѣ, и служитъ для сглаживанія раствора и приданія карнизу вида какъ бы сдѣланнаго изъ тесоваго камня.

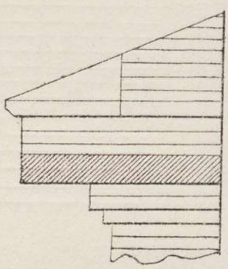
Съ этою цѣлью вдоль карниза утверждаются направляющіе бруски *a*, *a* вверху и внизу помощью закрѣпокъ и гипсоваго раствора, а по направляющимъ движется шаблонъ.

Для надлежащаго положенія шаблона внизу его утверждается брусъ *b*, что даетъ возможность рабочему, взявъ шаблонъ за ручки *c*, нажимать имъ на направляющіе бруски, при чемъ растворъ, предварительно набросан-

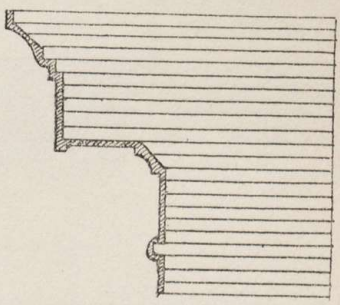
Чер. 207.



Чер. 208.

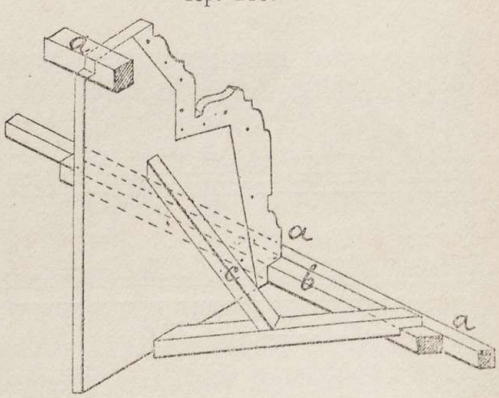


Чер. 209.



ный на карнизъ, принимаетъ видъ профиля шаблона. Эта операція, т.-е. движеніе шаблономъ, повторяется до тѣхъ поръ, пока профиль получитъ требуемый видъ и гладкую поверхность. Для внутреннихъ карнизовъ не слѣдуетъ брать грубыхъ растворовъ изъ крупнаго песка и необходимо примѣшивать алебастру, отчего растворъ принимаетъ бо́льшую пластичность и скорѣе затвердѣваетъ. Послѣднее условіе въ особенности важно, такъ какъ карнизъ долженъ затвердѣвать во время работы.

Чер. 210.



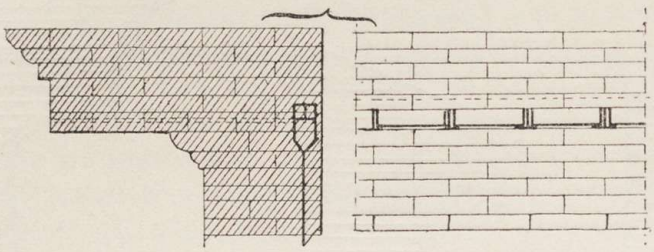
Наружные карнизы съ примѣсью гипса непрочны въ виду растворимости этого матеріала въ водѣ ($^1/_{400}$). Гораздо прочнѣе и долговѣчнѣе для наружныхъ карнизовъ оштукатурка ихъ растворомъ изъ портландскаго цемента съ пескомъ или изъ смѣшаннаго раствора, т.-е. известковаго съ прибавленіемъ портландскаго цемента. Цементная штукатурка хотя и требуетъ очень опытныхъ рабочихъ и обходится дороже, но зато бо́льшая стоимость вполнѣ выкупается и бо́льшей прочностью. Всѣ углы тянутыхъ карнизовъ отдѣлываются отъ руки. Для прочностикирпичныхъ карнизовъ слѣдуетъ употреблять тычковую кладку на хорошемъ растворѣ.

При значительныхъ свѣсахъ вмѣсто спусковыхъ плитъ, которыя въ такихъ случаяхъ обходятся очень дорого, употребляютъ рядъ желѣзныхъ тавриковъ (черт. 211 въ поперечн. и продольн. разрѣзѣ), расположенныхъ

одинъ отъ другого на разстояніи, равномъ длинѣ кирпича. Промежутки между тавриками выстилаются кирпичемъ плашмя, а затѣмъ уже выводятъ дальнѣйшую кладку карниза.

Для того, чтобы карнизъ оставался въ устойчивомъ положеніи и въ то время, пока загрузка его хвостовой части еще не выложена, а также, если этого груза недостаточно, то таврики необходимо прикрѣплять къ стѣнѣ наложеніемъ на ихъ концы тавроваго желѣза, со скрѣпленіемъ по-

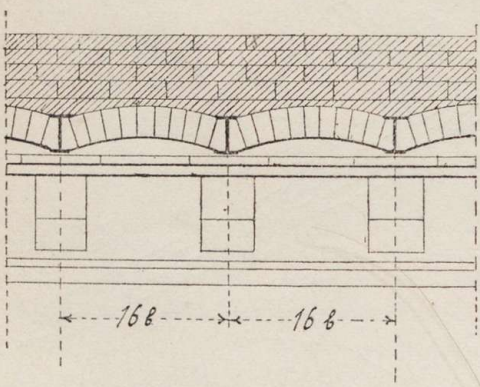
Чер. 211.



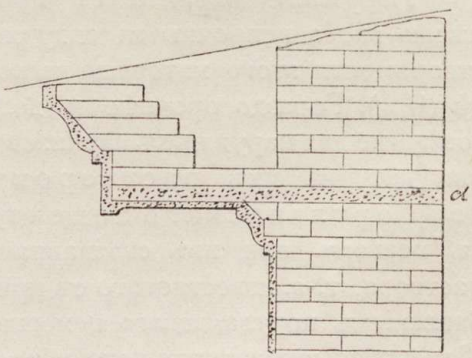
слѣдняго посредствомъ желѣзныхъ полосъ, съ кирпичной кладкой, что и показано на черт. 211. Такое устройство вполнѣ обезпечиваетъ безопасность во время самаго производства работъ.

Спуски еще болѣе массивныхъ карнизовъ устраиваются на двутавровыхъ балкахъ (чер. 212), между которыми заполненіе дѣлается изъ очень плоскихъ сводиковъ въ $^1/_2$ кирпича, сложенныхъ, разумѣется, на цементномъ растворѣ. Балки располагаются на разстояніи около 1 арш. и задніе

Чер. 212.



Чер. 213.



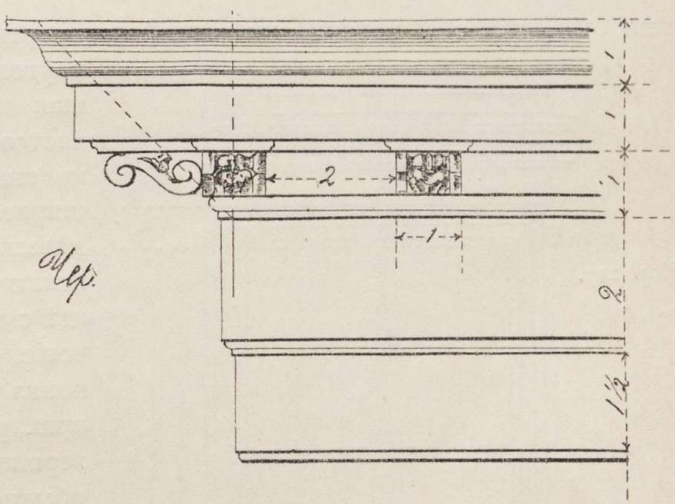
концы ихъ скрѣпляются со стѣной, какъ было указано на предшествовавшемъ чертежѣ 211.

Наконецъ, въ новѣйшее время вмѣсто спусковыхъ плитъ изъ естественнаго камня примѣняютъ лещадки (*a*) желѣзно-бетонной конструкціи Монье (черт. 213), которыхъ хвосты проходятъ черезъ всю толщину стѣны и загружаются кирпичной кладкой. Такія лещадки расчитываются какъ брусъ, задѣланный однимъ концомъ въ стѣну, при чемъ проволока распо-

лагается въ верхней части поперечнаго сѣченія лещадки, какъ въ работающей въ данномъ случаѣ на растяженіе.

Въ зданіяхъ кирпичнаго стиля огромное значеніе имѣютъ карнизы и пояски; это почти единственныя украшенія, которыя примѣняются къ фабричнымъ зданіямъ, въ особенности вѣнчающій, или главный, карнизъ. Желающіе познакомиться съ формами кирпичнаго стиля найдутъ богатый матеріалъ во французскихъ и нѣмецкихъ увражахъ (Ziegel-Rohbau). Мы съ своей стороны укажемъ на нѣкоторые простые типы карнизовъ и поясковъ. Такъ, на черт. 1, листъ 5, представленъ карнизъ, выложенный на 11 рядахъ, для 5 — 6-тиэтажнаго фабричнаго зданія и, съ цѣлью удешевить самую кладку. безъ всякой тески или употребленія шаблоннаго кирпича, На чер. 2, листъ 5, представленъ карнизъ на 12 рядахъ съ кронштейнами, а на чер. 3, 4 и 5, листъ 5, пояски разныхъ рисунковъ, но тоже безъ тески кирпича. На чер. 214 и 215 представлены два примѣра каменныхъ или штукатурныхъ карнизовъ: въ первомъ плинтъ поддерживается консолями, а во второмъ—зубчиками. Послѣдняя форма карниза примѣняется также, какъ поясъ, отдѣляющій первый, или цокольный, этажъ отъ второго.

Чер. 214.



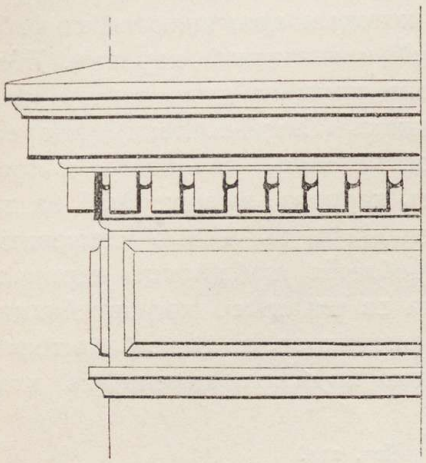
с) Деревянные вѣнчающіе карнизы часто образуются простымъ выступомъ стропильныхъ затяжекъ, чер. 6, листъ 5, которыя снизу и съ торцевъ обшиваются досками, деревянными тягами и рѣзными украшеніями.

Устройство внутреннихъ карнизовъ отличается тѣмъ, что, закрывая уголъ, образуемый потолкомъ и стѣной, они идутъ частью по покрытію, частью по стѣнѣ. На чертежѣ 216 представленъ такой карнизъ, удерживающійся на потолкѣ и стѣнѣ сцѣпленіемъ раствора. При болѣе значительныхъ относахъ и большихъ выступахъ подготовляютъ основаніе для карниза, состоящее изъ кобылокъ, обитыхъ досками; въ кирпичной кладкѣ основаніе для карниза подготовляется такъ же, какъ и для наружнаго, т.-е. соотвѣтствующими выступами кирпичныхъ рядовъ.

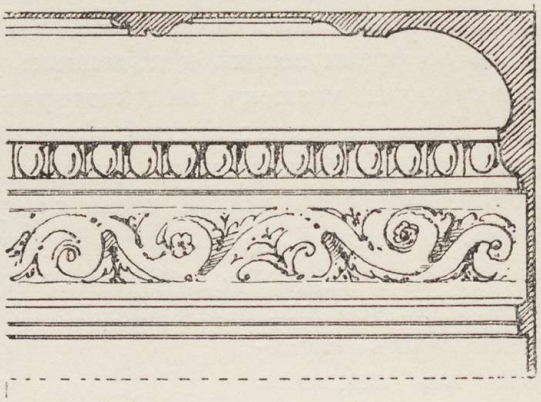
Размѣры карнизовъ весьма разнообразны и зависятъ отъ стиля и размѣра зданія. Высота главнаго вѣнчающаго карниза можетъ быть отъ $^1/_{20}$ до $^1/_{25}$ высоты стѣнъ.

д) Формы оконныхъ и дверныхъ отверстій и ихъ обрамленіе. Окон-

Чер. 215.

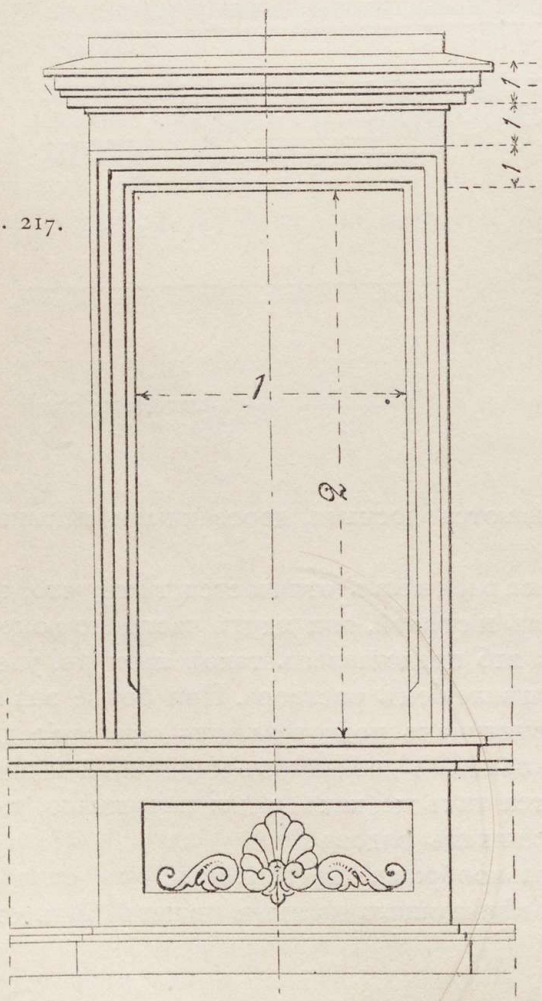


Чер. 216.



ныя отверстія обыкновенно имѣютъ форму вертикально поставленнаго прямоугольника (чер. 217). Наилучшая пропорція размѣровъ получается при отношеніи вышины къ ширинѣ какъ 1 : 2, при чемъ ширина оконъ дѣлается въ предѣлахъ отъ 1 до 2 аршинъ, за исключеніемъ тѣхъ помѣщеній, гдѣ свѣтъ имѣетъ особенное значеніе. Высота отъ пола до подоконка принимается отъ 1 до $1^1/_4$ арш., рѣдко $1^1/_2$, а разстояніе отъ вершины окна и до потолка въ обыкновенныхъ жилыхъ домахъ не менѣе 10 верш. Впрочемъ, на фабрикахъ и заводахъ, также въ школахъ, больницахъ и т. п., гдѣ свѣтъ долженъ проникать какъ можно дальше въ глубину комнаты, это разстояніе можетъ уменьшаться и до 3 верш.

Чер. 217.



Вершина оконнаго отверстія имѣетъ иногда и криволинейную форму, въ видѣ лучковой, чер. 7 и 8, листъ 5, полукруглой или коробовой кривой. Первая изъ этихъ кривыхъ имѣетъ наибольшее распространеніе, такъ какъ даетъ возможность перекрыть

отверстіе самымъ дешевымъ спообомъ, т.-е. плоской аркой съ подъемомъ $^1/_{10}$ ширины пролета.

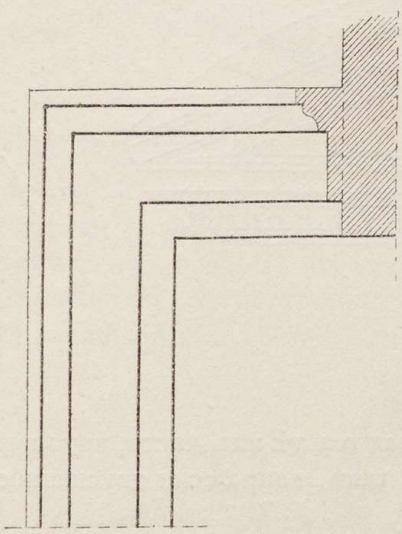
Прямоугольной, а также и криволинейной формы оконныя и дверныя отверстія обрамляются штукатурными наличниками, имѣющими различную профиль при ширинѣ отъ 2 до 5 в. и выступѣ отъ поля стѣны до $1^1/_2$ верш.

На чертежахъ 218 и 219 представлены наиболѣе примѣняемые профили обрамленія (наличники).

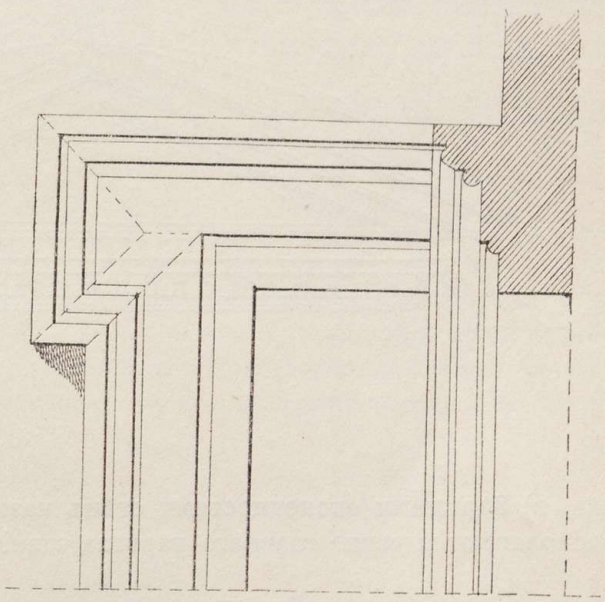
Въ стѣнахъ, выложенныхъ изъ кирпича и не оштукатуренныхъ, оконныя отверстія наличниками не обтягиваются, а обрамляются фаской (черт. 7, листъ 5), при чемъ перемычка на $^1/_2$ верш. выступаетъ со стѣны.

Въ западной Европѣ наружная оштукатурка примѣняется сравнительно рѣдко; тамъ предпочитаютъ облицовку болѣе прочнымъ и красивымъ

Чер. 218.



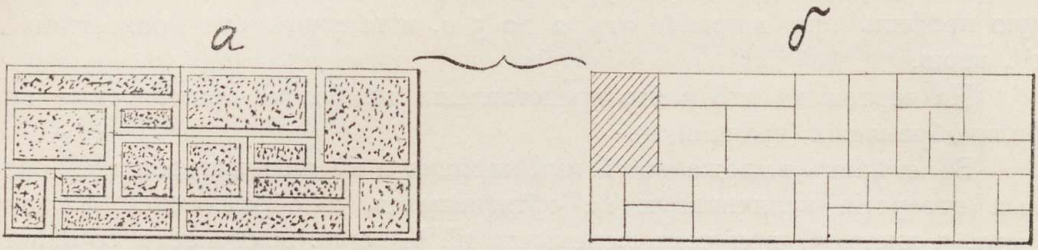
Чер. 219.



кирпичемъ и гончарными лещадками, какъ уже было сказано, или же естественнымъ камнемъ, котораго вообще за границей гораздо больше, чѣмъ въ нашемъ отечествѣ. За послѣднее время, впрочемъ, и у насъ въ большихъ городахъ стали все чаще и чаще появляться зданія, облицованныя тесаннымъ камнемъ. Конечно, это влечетъ за собой значительныя издержки (въ Москвѣ, напр., не менѣе 40 р. за кв. саж.), но зато придаетъ зданію красивый видъ и сохраняетъ поверхность его стѣнъ безъ всякаго ремонта на сотни лѣтъ. Облицовка дѣлается изъ камней чистой или грубой тески. Въ послѣднемъ случаѣ при правильной обдѣлкѣ постелей и заусенковъ лицевая поверхность камня оставляется необдѣланной. Такую облицовку примѣняютъ для рустовъ перваго, или цокольнаго, этажа. Въ Америкѣ, ради уменьшенія работы камнетесовъ, камни, изъ которыхъ со-

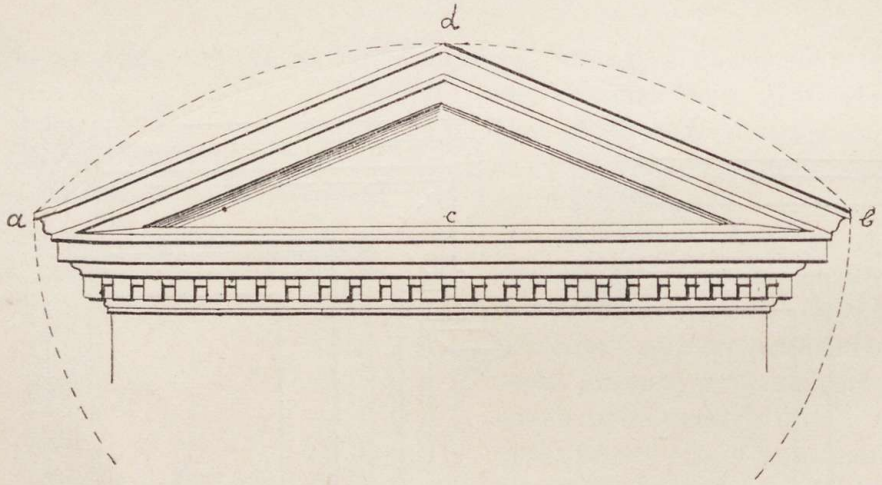
стоитъ облицовка, имѣютъ различную форму и размѣры (чер. 220 *a* и *b*), вслѣдствіе чего горизонтальные швы не являются непрерывными, какъ въ

Чер. 220.



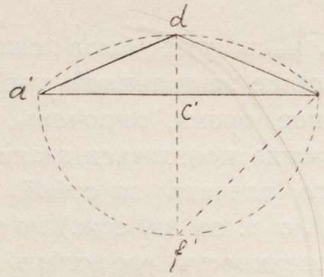
обыкновенной кладкѣ, а пересѣкаются камнями большей вышины. На черт. 220 *a* и *b* представлена кладка съ фасада.

Чер. 221.



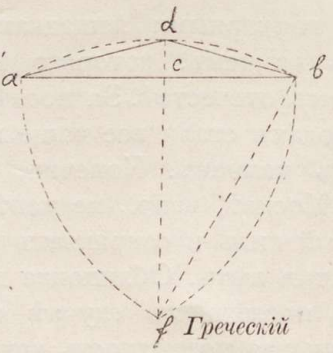
е) **Верхними оконечностями стѣнъ** называются тѣ ихъ части, которыя располагаются выше главнаго карниза зданія; такъ, напр., если двускатное

Чер. 222.



Римскій

Чер. 223.

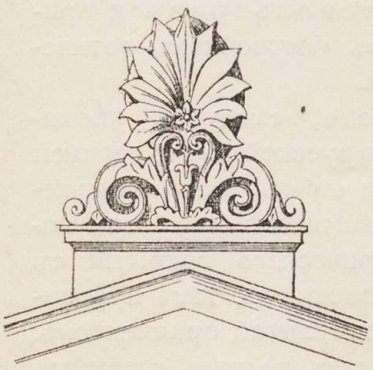


Греческій

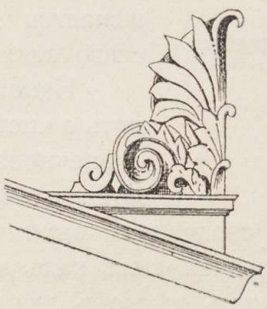
покрытіе пересѣкается вертикальной плоскостью перпендикулярно къ коньку, то образуется треугольникъ, называемый фронтономъ (черт. 221);

онъ ограничивается снизу главнымъ карнизомъ. Линіи *ab* составляетъ наибольшее расширеніе фронтона, а *cd*—подъемъ. При данной ширинѣ строенія и относѣ карниза, если подъемъ извѣстенъ, то форма фронтона будетъ опредѣлена; если же подъемъ надо опредѣлить, то руководствуются пропорціями римскаго и греческаго фронтоновъ. При данной линіи наибольшаго расширенія размѣры ихъ получаются по графическому способу Серліо

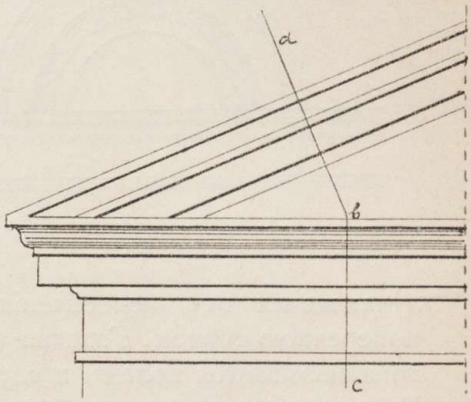
Чер. 224.



Чер. 225.

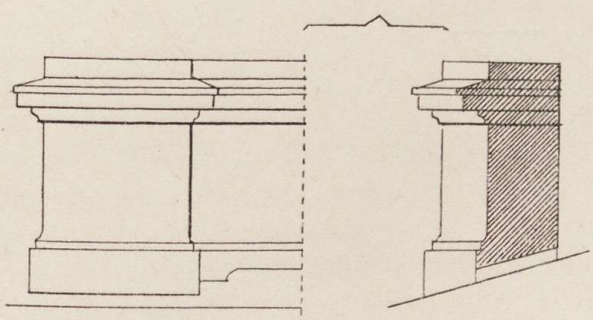


Чер. 226.

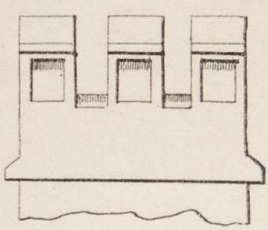


(черт. 222 и 223), а именно: для римскаго фронтона линія *ab* принимается за діаметръ круга, а для греческаго за радіусъ равносторонней стрѣлки и изъ точекъ *ff* описываются дуги радіусами *bf* и *bf*, при чемъ получаются искомые подъемы *cd* и *cd*. Впрочемъ, пропорціи фронтоновъ измѣняются въ постройкахъ различныхъ стилей, а также зависятъ отъ подъема крыши. Иногда для украшенія по угламъ фронтоновъ помѣщаются

Чер. 227.



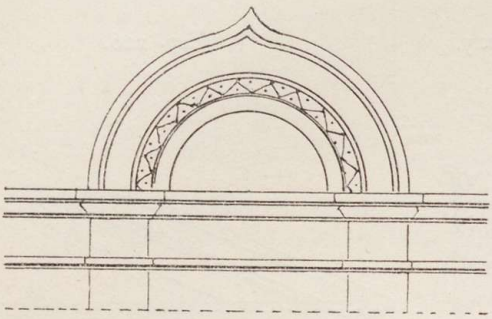
Чер. 228.



такъ называемыя акротеріи (черт. 224 и 225). Сопряженіе наклоннаго карниза съ горизонтальнымъ (въ углу) показано на чертежѣ 226, изъ котораго видно, что нижнія части наклоннаго карниза получаются откладываніемъ на перпендикулярѣ *ab* высотъ, соотвѣтственно взятыхъ съ горизонтальнаго карниза, и проведеніемъ затѣмъ линій, параллельныхъ наклоннымъ сторонамъ фронтона.

Надъ линіей главнаго карниза иногда выводятся стѣнки, называемыя аттиками, или парапетами, которые придаютъ строенію бо̀льшую вышину (чер. 227). Эти стѣнки въ нашемъ климатѣ представляютъ существенное неудобство, задерживая снѣгъ. Для ската дождевой воды въ нижнихъ частяхъ ихъ оставляется отъ столбика до столбика горизонтальная щель и стѣна устраивается навѣсу на желѣзныхъ или деревянныхъ брускахъ. Зубчатое ограниченіе стѣнъ сверху (чер. 228) носитъ названіе кремольеровъ и примѣняется въ постройкахъ готическаго стиля.

Чер. 229.



Наконецъ, слѣдуетъ упомянуть о чисто русской формѣ верхней оконечности стѣнъ, такъ называемомъ кокошникѣ (чер. 229), получающемся отъ пересѣченія сводчатаго цилиндрическаго покрытія съ поперечною стѣною. Гладкая средняя часть какъ кокошника, такъ и фронтона называется полемъ и служитъ мѣстомъ для помѣщеній орнаментовъ. Если зданіе оставляется безъ оштукатурки его фасада, то надъ главнымъ выступомъ его (чер. 9, листъ 5) ставятся для украшенія кирпичные столбики, между которыми располагается желѣзная рѣшетка. Такой аттикъ не задерживаетъ воду и даже не затрудняетъ очистку снѣга.

Отдѣльныя подпоры.

Ст. 3. Отдѣльныя подпоры.

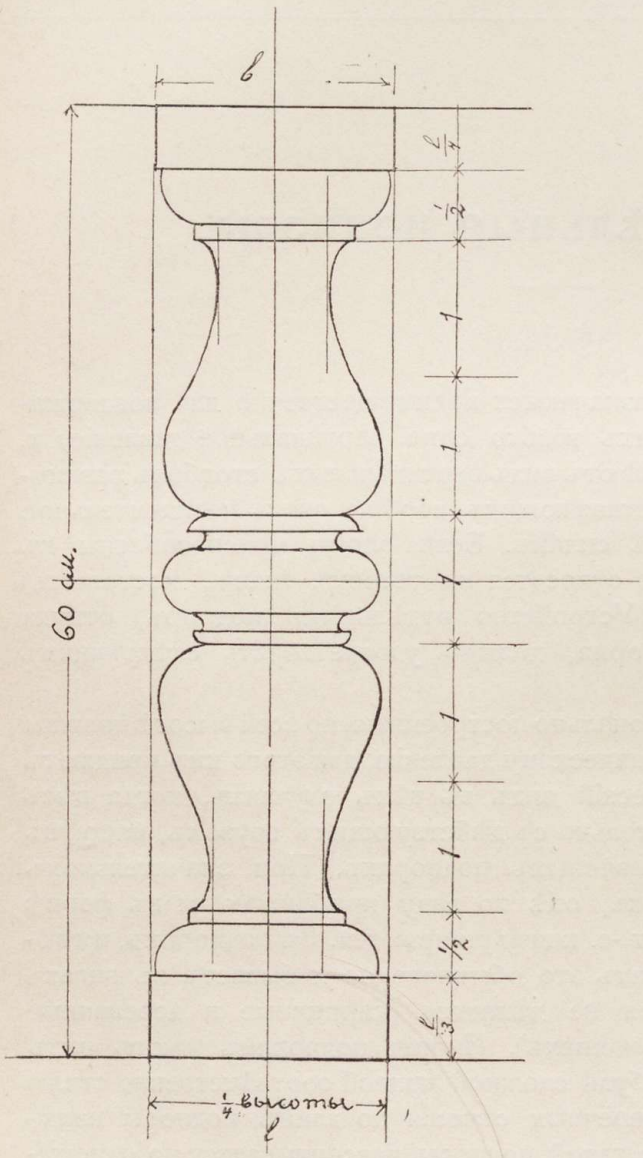
§ 14.

Отдѣльныя подпоры предназначаются преимущественно для поддержанія частей зданія, производящихъ только одно вертикальное давленіе, и, согласно своему назначенію, имѣютъ видъ вертикальныхъ столбовъ различной величины и формы, представляющихъ вообще очень незначительное сопротивленіе горизонтальнымъ силамъ. Если опоры приспособлены къ сопротивленію распору, то онѣ относятся къ устоямъ (напр., мостовымъ) и въ нашъ курсъ не войдутъ. Устройство отдѣльныхъ подпоръ, откуда вытекаетъ и ихъ наружная форма, должно удовлетворять слѣдующимъ условіямъ:

1 у с л о в і е: Подпоры, раціонально построенныя, по всей высотѣ должны одинаково сопротивляться механическому давленію; для этого имъ придаютъ призматическій или цилиндрическій видъ въ тѣхъ случаяхъ, когда вѣсъ подпоръ незначителенъ сравнительно съ дѣйствующимъ грузомъ, напр., въ металлическихъ полыхъ и деревянныхъ подпорахъ. При значительномъ вѣсѣ подпоръ, напр., каменныхъ, онѣ по виду приближаются къ формѣ стойки равнаго сопротивленія, т.-е. книзу уширяются. Въ подпорахъ, имѣющихъ запасъ сопротивленія, какъ это обыкновенно и бываетъ въ видахъ упрощенія устройства, утоненія не дѣлается (кирпичные и деревянные столбы, даже въ чугунныхъ колоннахъ). Иногда подпорамъ даютъ видъ поверхности вращенія какой-нибудь сложной кривой соотвѣтственно стилю строенія; вслѣдствіе этого поперечныя сѣченія по длинѣ подпоры измѣняются, при чемъ сопротивленіе такой подпоры разсчитывается по отношенію къ наименьшему ея измѣренію или къ наименьшему діаметру. Къ этому типу принадлежатъ колонны средневѣковаго стиля, а также такъ называемыя балясины (чер. 230). Такая форма колоннъ не раціональна съ экономической точки зрѣнія и въ классическихъ стиляхъ, въ которыхъ замѣчается полное согласіе между утилитарными и художественными требованіями, онѣ не встрѣчаются.

2 условіе: Такъ какъ на отдѣльныя подпоры всегда дѣйствуютъ значительные грузы, а между тѣмъ онѣ не должны занимать много мѣста, то ихъ необходимо дѣлать изъ болѣе крѣпкаго матеріала сравнительно съ частями, служащими имъ основаніемъ, при этомъ подъ подпоры должно располагать подкладки, распредѣляющія грузы на бо́льшія поверхности, сообразно крѣпости матеріала, изъ котораго сдѣланы цоколь или фундаментъ.

Чер. 230.



3 условіе: Грузъ отъ покрытія долженъ быть переданъ равномѣрно на подпоры, поэтому почти всегда бываетъ необходимо располагать надъ подпорами части, служащія для принятія груза отъ покрытія, которыхъ размѣры часто бываютъ шире, чѣмъ верхняя часть подпоры, отсюда необходимость въ верхнихъ подушкахъ. Такимъ образомъ, отдѣльныя подпоры должны состоять изъ 3 главныхъ частей: средней, называемой стержнемъ, верхней, составляющей переходъ отъ подпоры къ покрытію называемой капителью, и нижней — переходъ отъ подпоры къ основанію, называемой базой.

Смотря по формѣ и величинѣ подпоръ, имъ придаютъ различныя названія, а именно:

1) **Колоннами** обыкновенно называются подпоры, имѣющія форму цилиндровъ или усѣченныхъ конусовъ, если сдѣлано уширеніе книзу.

2) **Столбами** вообще называются подпоры самаго простого вида безъ капителей и базъ и какой угодно формы поперечнаго сѣченія, напримѣръ, деревянные или каменные столбы сараевъ, простѣнки между окнами и т. п.

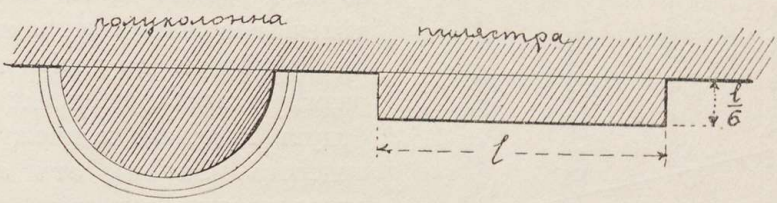
3) **Устоями** называютъ подпоры, служащія для удержанія арокъ или сводовъ мостовыхъ сооруженій.

4) **Пилонами** называютъ опоры, поддерживающія церковный куполъ. Пилоны иногда достигаютъ громадныхъ размѣровъ; такъ въ базиликѣ св. Петра въ Римѣ главные пилоны имѣютъ въ планѣ болѣе 10 саж.

5) **Балясинами**, какъ мы уже упоминали, называютъ подпоры, имѣющія форму поверхности вращенія кривой сложнаго профиля (чер. 230). Въ большинствѣ случаевъ онѣ примѣняются какъ столбики балюстрадъ и перилъ лѣстницъ и балконовъ и служатъ опорами лишь въ постройкахъ русско-византійскаго стиля.

6) **Каріотидами** вообще называютъ подпоры, изображающія женскія, а **атлантами** — мужскія фигуры. Стѣны нерѣдко украшаются выступами, обдѣланными въ видѣ подпоръ, съ расположенными надъ ними выступающими покрытіями. Въ такихъ случаяхъ колонны или столбы представляются какъ бы задѣланными въ массу стѣны и носятъ названія полуколоннъ (чер. 231) или пилястръ, если сѣченіе прямоугольное.

Чер. 231.



Пилястры выступаютъ со стѣны не менѣе какъ на $^1/_7$—$^1/_6$ своей ширины. Изъ матеріаловъ употребляются на устройство подпоръ: камень, кирпичъ, чугунъ, желѣзо, дерево и соединеніе этихъ матеріаловъ. Мы разсмотримъ устройство подпоръ изъ каждаго матеріала отдѣльно.

А. Каменныя подпоры (изъ тесаннаго камня). Каменныя подпоры обдѣлываются въ видѣ колоннъ. Форма и размѣры послѣднихъ болѣе всего разработаны, такъ какъ онѣ встрѣчаются въ архитектурѣ древнихъ народовъ и ими пользовались еще древніе греки и римляне; въ нихъ заключается одно изъ главныхъ отличій всѣхъ классическихъ стилей, вошедшихъ въ основаніе существующихъ архитектурныхъ формъ. Поэтому, чтобы усвоить себѣ основныя элементарныя архитектурныя формы вообще, необходимо прежде всего изучить рисунокъ и пропорціи классическихъ колоннъ съ покрытіями, которыя онѣ поддерживаютъ, и пьедесталами, на которыхъ онѣ стоятъ. Формы эти надо знать наизусть и рисовать ихъ отъ руки совершенно свободно. Только тогда можно приступить къ проектированію фасадовъ, не рискуя впасть въ архитектурную безграмотность *).

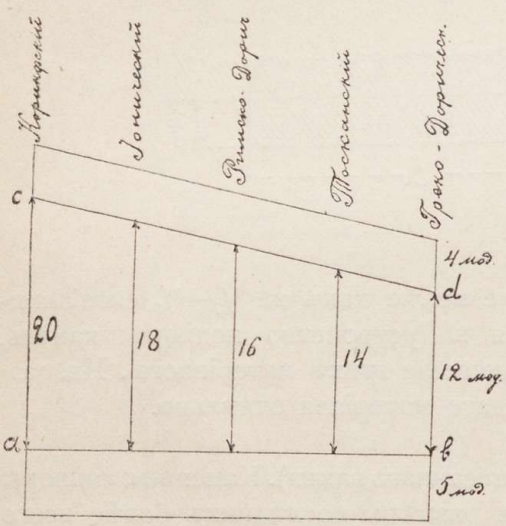
Колонны ставятся на пьедесталъ и поддерживаютъ покрытіе—антаблементъ. По различнымъ формамъ и размѣрамъ антаблементовъ, пьеде-

*) Желающимъ подробно познакомиться съ архитектурными пропорціями, формами, украшеніями и характерными признаками стилей—рекомендую прекрасный трудъ проф. Н. В. Султанова: „Теорія архитектурныхъ формъ“, С.-Петербургъ. 1902 г.

сталовъ и колоннъ подпоры дѣлятся, по Дюрану, на 5 ордеровъ: греко-дорическій, тосканскій, римско-дорическій, іоническій и коринѳскій.

Первое, на что обращается вниманіе при изученіи ордеровъ, есть высота собственно колонны, которая измѣняется въ каждомъ ордерѣ и составляетъ одно изъ главныхъ отличій ихъ между собою. Для сравненія между собою и для опредѣленія размѣровъ различныхъ частей колоннъ, антаблементовъ и пьедесталовъ употребляется единица, называемая модулемъ и равная радіусу нижняго основанія колоннъ. Модуль дѣлится на 24 парты. Дюранъ нашелъ отношеніе между высотами колоннъ различныхъ ордеровъ при одномъ и томъ же радіусѣ основанія колоннъ и выразилъ это слѣдующимъ образомъ: беремъ горизонтальную прямую *ab* (чер. 232), на концахъ которой возставляемъ перпендикуляры *ac* и *bd*; на одномъ изъ нихъ отложимъ высоту самаго низкаго ордера, а на другомъ—самаго высокаго и соединимъ *c* и *d* прямой линіей. Далѣе, раздѣливъ *ab* на 4 равныя части, изъ точекъ дѣленія возставимъ перпендикуляры до пересѣченія съ линіей *cd*, тогда размѣры этихъ перпендикуляровъ будутъ высотами промежуточныхъ ордеровъ. Затѣмъ отъ *ab* внизъ откладываемъ величину, равную 5 модулямъ, она можетъ быть принята общею высотою пьедесталовъ для всѣхъ ордеровъ. Вверхъ отъ *cd* отложимъ 4 модуля; эта величина опредѣлитъ высоту антаблементовъ, которая также общая для всѣхъ ордеровъ. Слѣдовательно, въ ордерахъ измѣняются въ размѣрахъ только колонны, а размѣры пьедесталовъ и антаблементовъ остаются безъ измѣненія. Пьедесталъ раздѣляется на 3 части: нижнюю — цоколь, среднюю — стулъ и верхнюю — карнизъ. Колонна также состоитъ изъ 3-хъ частей: базы, стержня или ствола, и капители, за исключеніемъ 1-го ордера греко-дорическаго, который не имѣетъ базы; остальные ихъ имѣютъ (см. ордера). Базы всѣхъ ордеровъ имѣютъ одну и ту же высоту, равную 1 модулю, и имѣютъ одинъ и тотъ же выступъ. Антаблементъ раздѣляется на 3 части: верхнюю—карнизъ, среднюю—фризъ и нижнюю — архитравъ, служащую для связи колоннъ и поддержанія балокъ.

Чер. 232.



Слѣдовательно, каждый ордеръ подраздѣляется на слѣдующія части:

Ордеръ .. { Антаблементъ. . { Карнизъ. Фризъ. Архитравъ.

Ордеръ . . { Колонна . . . . { Капитель. Стволъ. База.
Пьедесталъ . . . { Карнизъ. Стулъ. Цоколь.

Мы уже указали на общіе размѣры антаблемента, колоннъ и пьедесталовъ всѣхъ пяти ордеровъ. Каждая изъ этихъ частей, какъ мы видѣли, состоитъ тоже изъ трехъ частей, при чемъ размѣры послѣднихъ (см. ордера) слѣдующіе (въ модуляхъ):

Таблица XIV.

	Гр.-Дор.	Тоск.	Рим.-Дор.	Іонич.	Коринѳ.
Высота карниза	1 модуль	$1\frac{1}{8}$ м.	$1\frac{2}{8}$ модуль	$1\frac{3}{8}$ м.	$1\frac{1}{2}$ м.
„ фриза	$1\frac{1}{2}$ „	$1\frac{7}{16}$ „	$1\frac{6}{16}$ „	$1\frac{5}{16}$ „	$1\frac{1}{4}$ „
„ архитрава	$1\frac{1}{2}$ „	$1\frac{7}{16}$ „	$1\frac{6}{16}$ „	$1\frac{5}{16}$ „	$1\frac{1}{4}$ „
„ капители	1 „	1 „	1 „	$1\frac{1}{2}$ „	$2\frac{1}{4}$ „
„ базы	—	1 „	1 „	1 „	1 „
Карнизъ пьедестала	$\frac{1}{2}$ „	$\frac{1}{2}$ „	$\frac{1}{2}$ „	$\frac{1}{2}$ „	$\frac{1}{2}$ „
Стула „	$3\frac{1}{2}$ „	$3\frac{1}{2}$ „	$3\frac{1}{2}$ „	$3\frac{1}{2}$ „	$3\frac{1}{2}$ „
Цоколя „	1 „	1 „	1 „	1 „	1 „

Карнизъ. Эта часть ордера тоже раздѣляется на 3 части: 1) вѣнчающій гзимзъ, 2) слезникъ и 3) поддерживающій гзимзъ.

Въ греко-дорическомъ ордерѣ (чер. 233, см. ордера) карнизъ состоитъ изъ слѣдующихъ обломовъ: полочки, греческаго четвертного вала, прямой части, или слезника, имѣющаго свѣсъ въ 16 партъ, и двухъ полочекъ.

Въ тосканскомъ ордерѣ (чер. 234) карнизъ состоитъ изъ четвертного вала, валика, полочки, слезника и каблучка.

Въ римско-дорическомъ (чер. 235): изъ полочки, выкружки, трехъ полочекъ, слезника, четвертного вала и полочки.

Іоническаго ордера (чер. 236) карнизъ уже болѣе сложенъ; его три части состоятъ изъ: а) полочки, гуська, полочки и каблучка; послѣдній обыкновенно украшался листьями; затѣмъ, слезникъ и каблучекъ въ $\frac{1}{2}$ парты, полки въ $6\frac{1}{2}$ партъ, полочка и каблучекъ въ 5 партъ; послѣдній тоже украшенъ листьями. Свѣсъ всего карниза равенъ его высотѣ.

Фризъ. Между карнизомъ и архитравомъ помѣщается фризъ шириною отъ $1\frac{1}{4}$ до $1\frac{1}{2}$ модулей, во всѣхъ ордерахъ совершенно гладкій, за исключеніемъ греко- и римско-дорическаго, у которыхъ въ этой части, надъ каждой колонной, по ея оси располагались такъ назыв. триглифы, т.-е. вы-

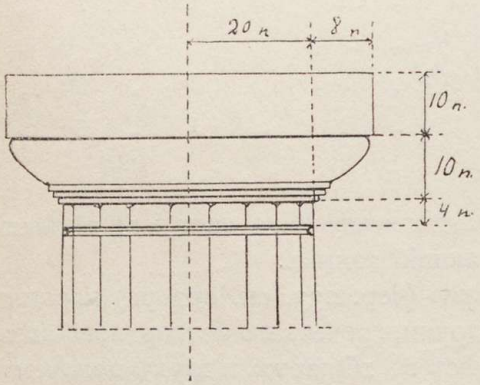
ступающіе камни съ вырѣзанными на нихъ вертикальными бороздками. Пространства между триглифами носятъ названіе метоповъ и у грековъ они состояли изъ мраморныхъ плитъ, поставленныхъ на ребро, и украшались скульптурными орнаментами, барельефами и живописью. Собственно триглифы обозначаютъ не что иное, какъ концы каменныхъ балокъ потолочнаго покрытія, располагающихся на архитравѣ.

Архитравъ, имѣющій такую же ширину, какъ и фризъ, въ первыхъ трехъ ордерахъ совершенно гладкій, а въ двухъ остальныхъ состоитъ изъ трехъ выступовъ. Въ вершинѣ архитрава помѣщается въ видѣ пояса, въ первыхъ трехъ стиляхъ полка, а въ іоническомъ и коринѳскомъ полочки съ каблучкомъ, выкружкой и четвертнымъ валикомъ съ украшеніями изъ листьевъ.

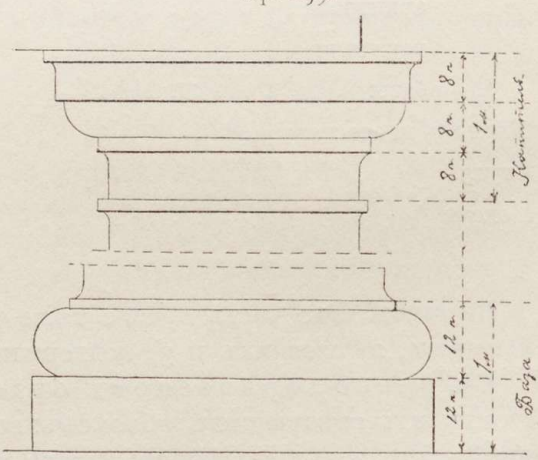
Базы и капители, т.-е. верхнія и нижнія уширенія колоннъ, подвергались въ древнихъ стиляхъ наибольшему измѣненію.

Капитель греко-дорическаго ордера (черт. 238) состоитъ изъ абаки, или верхней доски, поддерживающаго гзимза, имѣющаго форму гре-

Чер. 238.



Чер. 239.

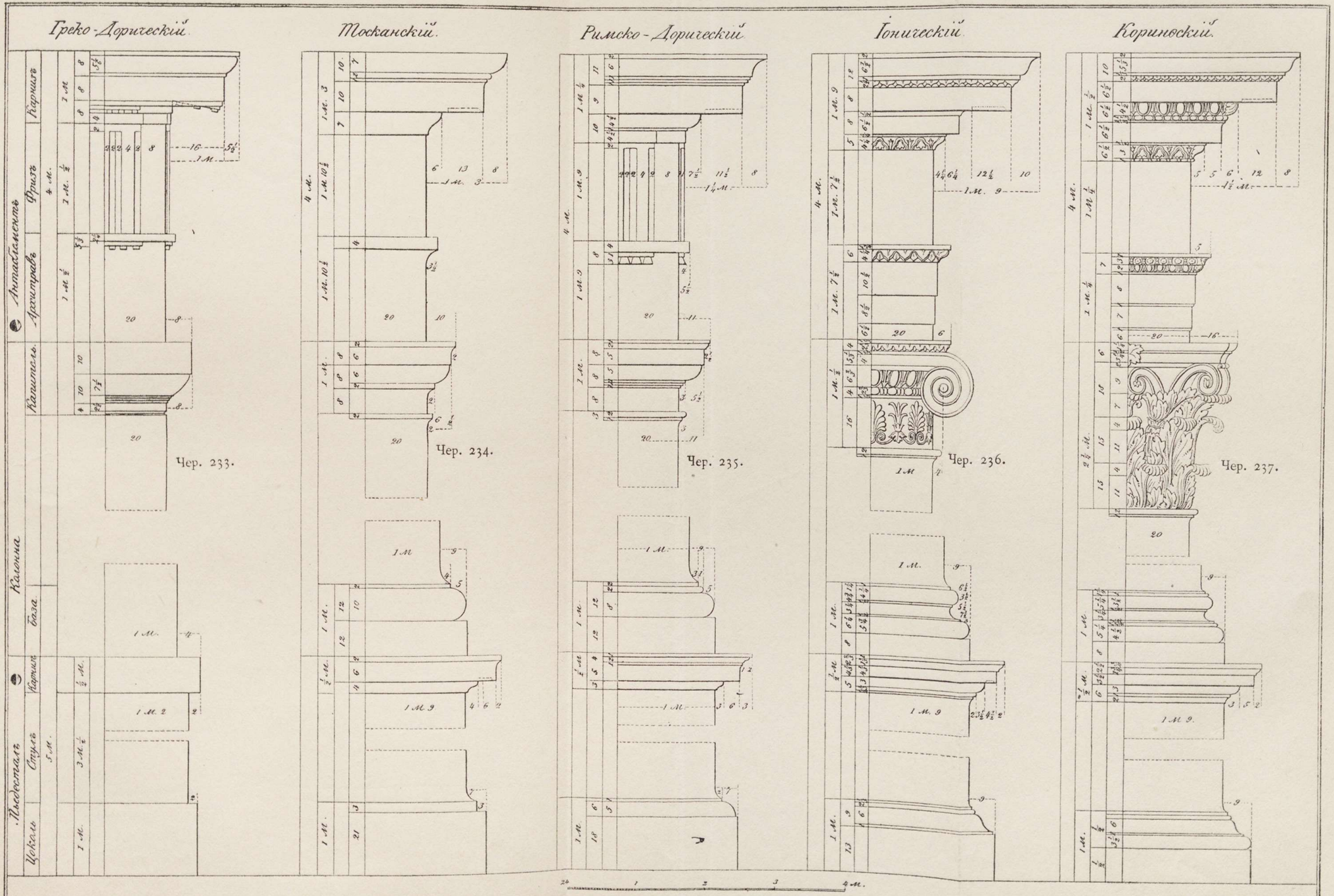


ческаго четвертного вала, и трехъ полочекъ; затѣмъ на разстояніи 4 партъ помѣщается дорожка, образующая шейку колонны.

Тосканскій ордеръ имѣетъ капитель (черт. 239), состоящую изъ абаки, четвертного вала и шейки.

Абаку вообще удерживаютъ всѣ стили, измѣняя лишь ея форму и размѣръ; въ тосканскомъ ордерѣ она имѣетъ форму плинта, затѣмъ идутъ четвертной валъ и полочка, а затѣмъ, на разстояніи 8 партъ, тоже полочка, отдѣляющая шейку отъ ствола колонны. Въ римско-дорическомъ ордерѣ капитель (черт. 240) нѣсколько сложнѣй и въ ней удерживаются тѣ четыре полочки греко-дорическаго стиля, которыя отдѣляютъ шейку отъ капители. Въ іоническомъ стилѣ капитель характеризуется оригинальнымъ украшеніемъ въ видѣ двухъ завитковъ, назыв. валютами (черт. 241). Всѣ части

Ордера (по Дюрану).

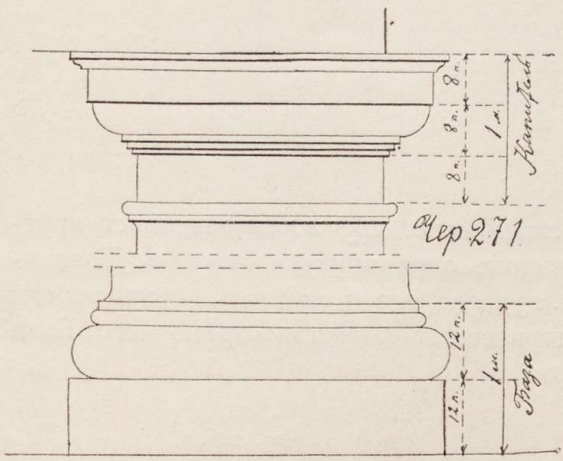


ордера богато и изящно украшены и весь онъ въ общемъ представляетъ высокое художественное развитіе архитектурныхъ формъ.

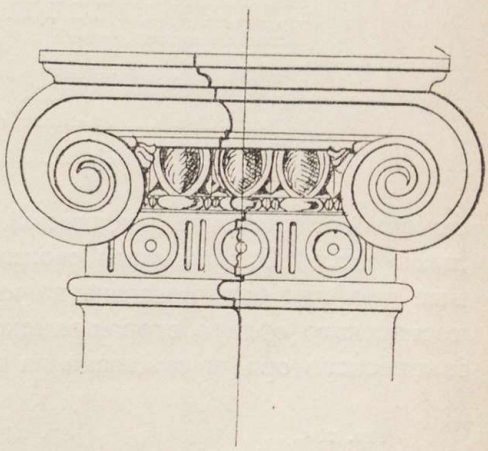
Римскій, т.-е. коринѳскій, ордеръ хотя тоже чрезвычайно богато украшенъ, но въ изяществѣ и художественной простотѣ уступаетъ іоническому. Капитель коринѳскаго ордера (черт. 242) представляетъ изъ себя какъ бы корзину, обложенную листьями. Базы этихъ двухъ послѣднихъ стилей почти одинаковы.

Стержни колоннъ утоняются на $^1/_6$ діаметра кверху, т. к. цилиндрическіе стержни, всегда вслѣдствіе оптическаго обмана, кажутся уширяющимися кверху. Соединеніе между верхнимъ и нижнимъ основаніями, собственно стволъ колонны, въ продольномъ его разрѣзѣ очерчивается различнымъ образомъ: 1) прямой линіей въ случаѣ простыхъ колоннъ (черт. 243 *a*); 2) ломаной линіей при простой обдѣлкѣ: при этомъ *h* высоту колонны (черт. 243 *b*) раздѣляютъ на три части и нижнюю часть дѣлаютъ цилиндрической, а 2

Чер. 240.



Чер. 241.



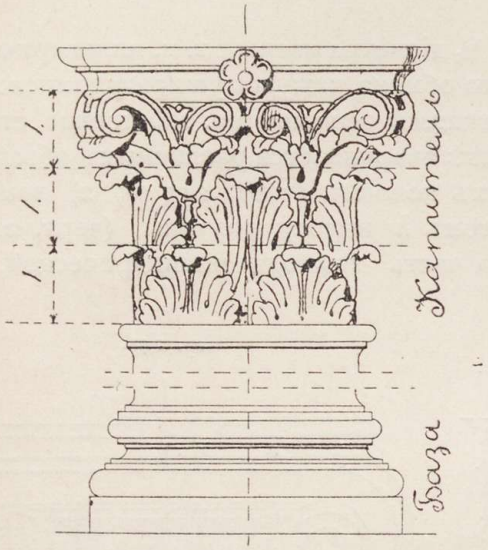
верхнія коническими; но такія колонны имѣютъ грубый видъ; 3) дугою круга (черт. 243 *c*): линія *de* (наклонная прямая) дѣлится на 2 равныя части, и перпендикуляръ *op*, наклонный къ горизонту, выставленный изъ точки дѣленія продолжаютъ до пересѣченія съ *em*. Этимъ радіусомъ описываютъ дугу; при этомъ способѣ затруднительно вычерчиваніе шаблоновъ.

Стержни украшаются желобками, называемыми канелюрами (черт. 238), или остаются гладкими. Формы капителей очень разнообразны, но главныя составныя ея части, въ особенности абака, всегда существуютъ. По своей формѣ весьма оригинальна капитель византійская (черт. 244); она состоитъ изъ квадратной доски и почти кубической части, обдѣланной внизу поверхностью шара; такимъ образомъ, нижнее горизонтальное сѣченіе ея будетъ кругъ; при красивой и простой формѣ это одна изъ прочныхъ капителей и устраивается для принятія большихъ сосредоточенныхъ нагрузокъ отъ 2 и даже 4 арокъ, опирающихся на нее.

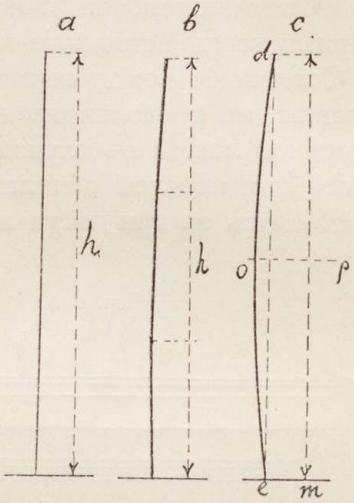
Базы, какъ было объяснено выше, представляютъ нижнія уширяю-

щіяся части подпоръ, служащія для уменьшенія давленія на 1-цу площади основанія. Поэтому самыя широкія базы встрѣчаются въ сильно нагруженныхъ подпорахъ. Базы, какъ и капители, составляютъ переходъ отъ круглыхъ колоннъ къ прямолинейнымъ формамъ основанія или пьедестала, а

Чер. 242.

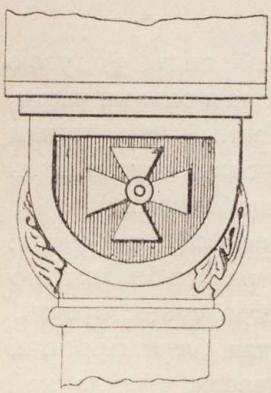


Чер. 243.

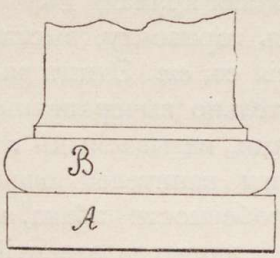


потому состоятъ изъ квадратной доски *A* (черт. 245) и уширяющихся круглыхъ частей *B*, напоминая своимъ видомъ опрокинутую капитель. Различные профили базъ показаны на черт. 239, 240, 242 и 246, изъ коихъ первая тосканскаго ордера, вторая римско-дорическаго и третья коринѳскаго. База іоническаго ордера показана на черт. 246.

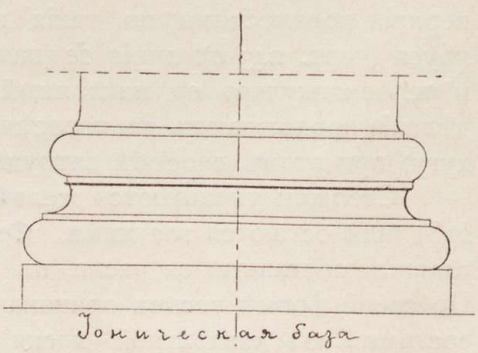
Чер. 244.



Чер. 245.



Чер. 246.



Въ строительной практикѣ при постройкѣ обыкновенныхъ городскихъ и загородныхъ домовъ или фабричныхъ и заводскихъ зданій рѣдко приходится устраиваить отдѣльныя подпоры изъ естественнаго камня, какъ это дѣлалось при постройкахъ грековъ и римлянъ. Лишь въ монументаль-

ныхъ постройкахъ особой важности, какъ, напр., дворцовъ, музеумовъ, храмовъ и т. п., встрѣчаются колонны изъ гранита, мрамора, лабрадора и проч. Такія работы, за исключеніемъ лишь немногихъ мѣстностей, въ нашемъ отечествѣ обходятся слишкомъ дорого; изучать же и твердо запомнить формы античныхъ стилей, ихъ пропорціи и рисунки антаблементовъ, колоннъ и пьедесталовъ необходимо для того, чтобы при проектированіи фасадовъ свободно пользоваться этими элементарными архитектурными формами.

Что касается размѣровъ поперечныхъ сѣченій колоннъ, то изъ сопротивленія матеріаловъ извѣстно, что вмѣстѣ съ измѣненіемъ высоты призмы или цилиндра по отношенію къ его поперечнымъ измѣреніямъ измѣняется и ихъ сопротивленіе на раздавливаніе. Въ этомъ отношеніи мы имѣемъ указанія, выраженныя въ слѣдующей таблицѣ прочнаго сопротивленія камней на 1 кв. дюймъ въ пудахъ.

Таблица XV.

	A.	B.	C.
Кладка изъ гранита, порфира и другихъ очень твердыхъ горныхъ породъ	20	16	8
Кладка изъ песчаника, мрамора и т. п.	10	8	—
„ „ камней средней твердости	6	4	—
„ „ слабыхъ камней, напр., мячковск. камня	3	—	—

Столбецъ A относится къ колоннамъ, коихъ высота $h < 8\ d$; B — для h не болѣе $12d$ и въ C — для $h > 12\ d$, гдѣ d діаметръ нижняго основанія колоннъ.

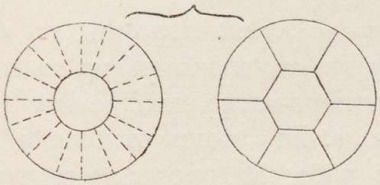
B. Кирпичные колонны и столбы. Значительно большее распространеніе на практикѣ имѣютъ кирпичныя опоры, которыя возводятся или внутри зданія, какъ подпоры для потолочныхъ и сводчатыхъ покрытій, или устраиваются въ видѣ простѣнковъ въ наружныхъ и внутреннихъ каменныхъ стѣнахъ, между оконными и дверными отверстіями. Эти части зданія, какъ было уже сказано, предназначаются для воспринятія сосредоточенныхъ грузовъ и на размѣры ихъ и тщательность выполненія должно быть обращено особое вниманіе.

Кладку кирпичныхъ колоннъ слѣдуетъ возводить изъ лекальнаго кирпича для образованія цилиндрической поверхности (черт. 247); если же такового кирпича подъ руками не имѣется, то можно для этой цѣли примѣнять и простой кирпичъ, притесывая его по шаблону (черт. 248). Для увеличенія сопротивленія колонны въ нее вводятъ, такъ называемыя,

горизонтальныя прокладныя плиты на разстояніи отъ 1 до $1^1/_2$ арш. одна отъ другой по высотѣ колонны. Прокладныя плиты способствуютъ равномѣрному распредѣленію груза по всей площади поперечнаго сѣченія.

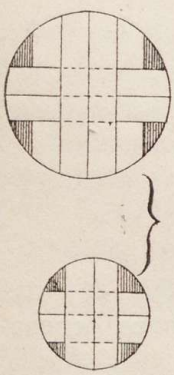
Такъ какъ кирпичная кладка должна быть сдѣлана въ перевязку, то каждый рядъ кирпичей относительно предшествовавшаго поворачиваютъ на вертикальной оси на нѣсколько градусовъ; поэтому заштрихованные на чертежѣ 248 треугольники располагаются на внѣшней поверхности по винтовымъ линіямъ; углубленія эти способствуютъ болѣе прочному сцѣпленію штукатурки съ поверхностью колонны.

Чер. 247.



Капители несложнаго рисунка и базы дѣлаются изъ камня; болѣе же сложной формы, какъ, напр., коринѳскаго или іоническаго ордера, отливаются изъ цемента или алебастра, дѣлаются изъ терракоты (обожженой глины), а иногда и металлическія, напр., въ видѣ цинковой облицовки. Когда базы и капители устроены, приступаютъ къ оштукатуркѣ колонны. Такимъ образомъ, колонна получаетъ видъ какъ бы состоящей изъ одного монолита.

Чер. 248.



Размѣры кирпичныхъ столбовъ. Гораздо чаще приходится на практикѣ примѣнять кирпичные столбы, т.-е. опоры, имѣющія въ планѣ форму прямоугольника или квадрата; ихъ размѣры опредѣляются въ зависимости отъ дѣйствующаго груза и прочнаго сопротивленія на раздавливаніе самой кладки, а также отъ высоты столбовъ. Высота столбовъ не должна превосходить 8 или 10 поперечныхъ измѣреній, т.-е. того предѣла, за которымъ упругія тѣла разрушаются переломомъ, а не раздавливаніемъ. Только при такихъ условіяхъ кирпичные столбы будутъ удовлетворять своему назначенію; въ античныхъ стиляхъ высота колонны никогда не превышала этого предѣла. Художественное чувство грековъ подсказывало имъ размѣры, соотвѣтствующіе устойчивости и прочности сооруженія.

Сопротивленіе самой кирпичной кладки не можетъ быть выражено вполнѣ опредѣленнымъ коэффиціентомъ, такъ какъ зависитъ, во-1-хъ, отъ качества кирпича, который весьма различенъ въ различныхъ мѣстностяхъ, смотря по свойствамъ глины; во-2-хъ, отъ раствора, употребляемаго для сцѣпленія между кирпичами; въ-3-хъ, отъ способа кладки и перевязки кирпичей; въ-4-хъ, отъ тщательности и правильности работы и наконецъ, въ 5-хъ, отъ отношенія высоты столба къ его поперечнымъ измѣреніямъ. По опытамъ особой комиссіи въ Лондонѣ, отъ архитектурнаго института оказалось, что лучшій присмотръ за тщательностью работъ увеличилъ прочность обыкновенныхъ кирпичныхъ столбовъ на 150% (!) и клинкерныхъ на 60% („Строитель“ № 23—24, 1900 г.). Вліяніе раствора въ особенности

замѣтно при употребленіи въ дѣло слабаго кирпича; при употребленіи прочнаго клинкера менѣе замѣтно.

Обыкновенный строительный кирпичъ, годный для кладки стѣнъ, для столбовъ оказывается слишкомъ слабымъ, въ особенности въ томъ случаѣ, если высота столба значительна по сравненію съ поперечными измѣреніями.

Наиболѣе точныя и обстоятельныя изслѣдованія сопротивленія кирпичной и бутовой кладки столбовъ были сдѣланы въ Вѣнѣ. Результаты этихъ изслѣдованій выражаются въ нижеслѣдующей таблицѣ коэффиціентовъ прочнаго сопротивленія кирпичной и бутовой кладки въ килограммахъ на кв. см., при различныхъ растворахъ и сортахъ кирпича, съ указаніемъ вліянія на сопротивленіе столба отношенія его высоты къ поперечнымъ измѣреніямъ. Данныя этой таблицы введены въ обязательныя постановленія по строительной части для города Вѣны *).

Таблица XVI.

	Каменная кладка.	*A*	*B*	*C*
1	Кирпичная кладка на известковомъ растворѣ	5	2,5	—
2	Кирпичная кладка на смѣшанномъ растворѣ	7,5	5	—
3	Кирпичная кладка на цементномъ растворѣ	10	7,5	5
4	Бутовая или смѣшанная кладка на известк. растворѣ. .	4	—	—
5	Бутовая кладка на смѣшан. растворѣ	5	—	—
6	Кладка изъ машиннаго кирпича на смѣш. растворѣ. . .	9	8	7,5
7	Кладка изъ машиннаго кирпича на цементн. растворѣ . .	12	10	8
8	Клинкеръ—на цементномъ растворѣ	15	12	10
9	Бетонъ изъ смѣшаннаго раствора	7	—	—
		Килогр. на 1 кв. см.		

Въ этой таблицѣ обозначаютъ:

A—прочное сопротивленіе при высотѣ столба $h < 6\,d$.
B—прочное сопротивленіе при высотѣ столба h отъ 6 до $8d$.
C—прочное сопротивленіе при высотѣ столба h отъ 8 до $12d$.

Такимъ образомъ оказывается: что столбъ, сложенный на известковомъ растворѣ, въ два раза слабѣе столба, сложеннаго на цементѣ; что при высотѣ кирпичнаго столба болѣе 8 діаметровъ его совсѣмъ не слѣдуетъ класть на извести, точно такъ же какъ изъ бутоваго камня при высотѣ его болѣе 6 діаметровъ или вообще поперечныхъ измѣреній; что машинный кирпичъ имѣетъ огромное преимущество передъ ручнымъ, поэтому, при заготовкѣ кирпича необходимо для кладки столбовъ запастись именно этимъ кирпичомъ, а не ручного производства; наконецъ, что смѣшанный растворъ, состоящій изъ цемента, извести и песка (см. таб. VII,

*) Wanderley. Die Konstructionen in Stein. S. 190 u. Handbuch der Architectur. 3 Th. 2 B. 1 H. Wände. S. 378.

стр. 109) при высотѣ столба отъ 6 до 8 діаметровъ—даетъ въ 2 раза большее сопротивленіе, чѣмъ известковый растворъ.

На сопротивленіе кирпичной кладки столбовъ имѣетъ также большое вліяніе толщина швовъ. Такъ, по опытамъ въ Берлинѣ, оказалось, что:

при толщинѣ шва въ 1 мм. разрушающій грузъ 230 кг.
„ „ „ „ 2 „ „ „ 170 „
„ „ „ „ 3 „ „ „ 136 „

С. Металлическія подпоры. Самыя удобныя, а потому и наиболѣе распространенныя на практикѣ подпоры,— это металлическія. Обладая огнеупорностью и огромнымъ сопротивленіемъ внѣшнимъ механическимъ усиліямъ, чугунъ и желѣзо вмѣстѣ съ тѣмъ принадлежатъ къ числу весьма долговѣчныхъ матеріаловъ, въ особенности если они защищены съ поверхности хотя бы тонкимъ слоемъ окраски.

Металлическія опоры, даже при незначительныхъ, сравнительно съ каменными колоннами, поперечныхъ измѣреніяхъ, могутъ воспринимать большую сосредоточенную нагрузку, поэтому отнимаютъ отъ помѣщенія очень мало мѣста и нисколько его не стѣсняютъ. Въ этомъ заключаются выгоды металлическихъ подпоръ и причины ихъ примѣненія для поддержанія чердачныхъ и междуэтажныхъ покрытій на фабрикахъ и заводахъ.

На устройство подпоръ употребляютъ чугунъ и желѣзо, въ рѣдкихъ случаяхъ бронзу и цинкъ.

Чугунныя колонны. Остановимся сначала на чугунныхъ колоннахъ, которыя у насъ имѣютъ наибольшее распространеніе. Матеріалъ этотъ какъ нельзя болѣе подходитъ для этой цѣли какъ съ технической, такъ и съ художественной точки зрѣнія. Отливаясь въ самыя разнообразныя и сложныя формы, чугунъ даетъ возможность придавать сѣченію колонны форму наибольшаго сопротивленія перелому при наименьшей затратѣ матеріала, а также и красивый внѣшній видъ. Но при всемъ этомъ чугунъ имѣетъ и свои недостатки. Онъ представляетъ изъ себя матеріалъ не всегда надежный; внутреннія, такъ сказать, качества его, которыя совершенно не обнаруживаются на его внѣшней поверхности, остаются неопредѣленны и измѣнчивы.

Причины этого заключаются въ самомъ процессѣ отливки, при чемъ въ чугунѣ образуются раковины, пузыри, мѣстами кристаллическое, неравномѣрной крупности, строеніе и т. п. Охлажденіе чугуна первоначально происходитъ съ поверхности, а затѣмъ переходитъ на внутреннюю часть колонны, поэтому снаружи образуется твердая корка металла, тогда какъ внутри масса остается еще въ раскаленномъ состояніи и занимаетъ большій объемъ. При дальнѣйшемъ охлажденіи эта внутренняя масса уменьшается въ объемѣ, вслѣдствіе чего между наружной и внутренней оболочкой въ толщинѣ стѣнки колонны образуется болѣе слабый слой крупнозернистаго строенія, а иногда и прослоекъ пустоты. Это неодновременное затвердѣваніе внѣшней и внутренней оболочки колонны вызываетъ въ частицахъ чугуна внутреннія напряженія, не поддающіяся измѣреніямъ и ослабляющія колонну на совершенно неопредѣленную величину. Затѣмъ

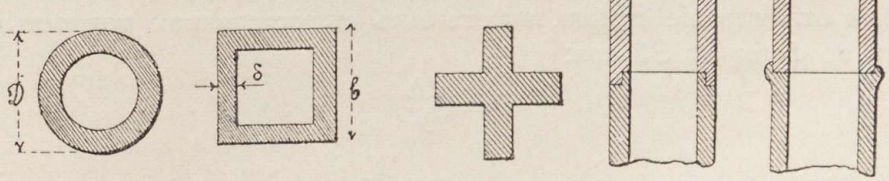
къ недостаткамъ чугуна надо отнести его хрупкость: при громадномъ сопротивленіи на сжатіе и растяженіе, достаточно сравнительно слабаго удара какимъ-нибудь твердымъ тѣломъ, чтобы разбить колонну.

Достоинство полыхъ чугунныхъ колоннъ, въ особенности съ толстыми стѣнками, также зависитъ отъ способа отливки, которыхъ бываетъ два: горизонтальный и вертикальный. Въ первомъ случаѣ при отливкѣ длинныхъ колоннъ очень трудно установить стержень строго по оси, а также трудно избѣжать прогиба самаго стержня посрединѣ; въ обоихъ случаяхъ толщина стѣнки колонны получается неравномѣрной, при чемъ при прогибѣ стержня утоненіе является какъ разъ въ самомъ опасномъ сѣченіи, т.-е. посрединѣ колонны. При вертикальномъ способѣ отливки эти недостатки почти совершенно устраняются, но за то при значительной вышинѣ колонны является неравномѣрная плотность чугуна и болѣе благопріятныя условія для образованія пузырьковъ внутри массы, такъ какъ воздуху труднѣе подниматься на поверхность черезъ всю высоту колонны и выходить наружи. Во всякомъ случаѣ вертикальный способъ отливки даетъ значительно лучшіе результаты. Толщину стѣнокъ въ колоннахъ можно измѣрить только просверливаніемъ.

Изъ сказаннаго видно, что слѣдуетъ по возможности избѣгать толстостѣнныхъ колоннъ, а лучше увеличивать ихъ сопротивленіе приливными ребрами, а также на всякій случай принимать бо̀льшій коэффиціентъ надежности. Послѣднее необходимо еще и потому, что нерѣдко нагрузка на колонну бываетъ односторонняя, т.-е. такъ расположена, что равнодѣйствующая груза не проходитъ черезъ центръ поперечнаго сѣченія, при чемъ одна сторона колонны нагружена болѣе другой. Кромѣ того, могутъ быть отклоненія колонны отъ вертикальнаго положенія, вслѣдствіе измѣненія длины балокъ на нихъ лежащихъ отъ температуры. Наконецъ, колонны могутъ ржавѣть не только съ наружной, но и съ внутренней ихъ поверхности, которая недоступна окраскѣ.

Наиболѣе удобная форма поперечнаго сѣченія полыхъ чугунныхъ колоннъ слѣдующая: кругъ (250), квадратъ (251) и крестъ (252). Въ верти-

Чер. 250. Чер. 251. Чер. 252. Чер. 253.



кальномъ разрѣзѣ стѣнки колоннъ должны быть по возможности равномѣрной толщины; рѣзкихъ выступовъ и уширеній слѣдуетъ избѣгать. Бывали случаи, подъ дѣйствіемъ тяжести, срѣзыванія по окружности и разрушенія колонны.

Колонны незначительныхъ размѣровъ состоятъ изъ одной массы; даже капители и базы отливаются вмѣстѣ со стержнями; подпоры же зна-

чительныхъ размѣровъ составляются изъ частей. Не только базы и капители отливаются отдѣльно, но и самый стержень составляется изъ нѣсколькихъ частей. На черт. 253 показаны ихъ сопряженіи.

Относительно опредѣленія размѣровъ чугунныхъ колоннъ замѣтимъ слѣдующее: колонны, столбы и т. п. опоры, поддерживающія покрытія, подвергаются или сжатію, или продольному изгибу (излому при сжатіи). Если высота стойки относительно ея поперечныхъ измѣреній незначительна, то въ предположеніи совершенной однородности матеріала и равномѣрности распредѣленія нагрузки по поперечному сѣченію, въ стойкѣ подъ дѣйствіемъ груза проявляется сжатіе въ направленіи продольной оси, при чемъ ось остается прямолинейной. При разрушеніи такая стойка раздробляется, не прогибаясь предварительно. Сопротивленіе ея разсчитывается по формулѣ $P = KF$, гдѣ P — безопасная нагрузка, K — коэффиціентъ прочнаго сопротивленія на сжатіе, а F — площадь поперечнаго сѣченія.

Если же высота столба по отношенію къ поперечнымъ размѣрамъ превосходитъ извѣстный предѣлъ, то при нагрузкѣ ось стойки уклоняется отъ первоначальнаго положенія, является боковой прогибъ столба и разрушеніе происходитъ вслѣдствіе продольнаго излома или перелома столба. На этомъ основаніи независимо отъ свойствъ матеріала сопротивленіе стоекъ продольному изгибу зависитъ: 1) отъ высоты стойки, 2) размѣровъ и формы ея поперечнаго сѣченія и 3) отъ способа укрѣпленія концовъ.

Способы укрѣпленія концовъ стойки могутъ быть слѣдующіе:

I (черт. 254 I). Одинъ конецъ укрѣпленъ неподвижно, другой же совершенно свободенъ.

II (черт. 254 II). Оба конца свободны, но не могутъ отклоняться отъ первоначальной вертикальной линіи ab.

III (черт. 254 III). Одинъ конецъ закрѣпленъ неподвижно, другой же хотя и свободенъ, но не можетъ отклониться отъ вертикальнаго направленія ab.

IV (черт. 254 IV). Оба конца закрѣплены неподвижно и не могутъ отклоняться отъ вертикальной линіи ab.

Для всѣхъ четырехъ способовъ укрѣпленія, грузъ, производящій изломъ или отламываніе стойки, можетъ быть съ достаточною точностью вычисленъ по формулѣ Эйлера:

$$P = \alpha \frac{IE}{l^2},$$

въ которой l обозначаетъ высоту стойки, I — наименьшій моментъ инерціи даннаго поперечнаго сѣченія, E — коэффиціентъ упругости принимаемый:

для дерева	отъ 100.000 до 120.000	кг. на кв. ст.
для чугуна	1.000000	„ „ „ „
для желѣза	2.000000	„ „ „ „
для стали	2.200000	„ „ „ „

α—нѣкоторый постоянный коэффиціентъ, зависящій отъ способа укрѣпленія концовъ стойки, а именно:

для I-го случая: $\alpha = \frac{\pi^2}{4} = {}^5/_2 = 2{,}5$,

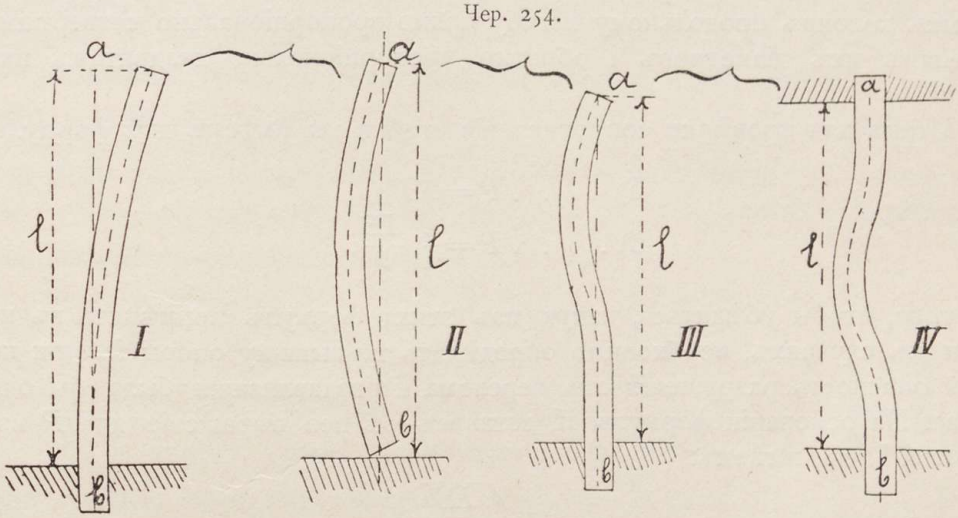
„ II „ $\alpha = \pi^2 = 10$,
„ III „ $\alpha = 2\pi^2 = 20$,
„ IV „ $\alpha = 4\pi^2 = 40$.

Нагрузка P, соотвѣтствующая прочному сопротивленію столба, составляетъ только нѣкоторую часть отъ груза P, получаемаго по вышеприведенной формулѣ, и вообще равна:

$$P = \alpha/_n \frac{IE}{l^2},$$

гдѣ n представляетъ коэффиціентъ безопасности, принимаемый для желѣза и стали отъ 4 до 6, сред. 5; для чугуна—отъ 7 до 9, сред. 8, и для дерева—

Чер. 254.



отъ 8 до 12, сред. 10. Какъ на чаще всего встрѣчающіяся въ сооруженіяхъ способы укрѣпленія концовъ стоекъ можно указать вообще на II и III случай. Дѣйствительно, обыкновенно приходится имѣть дѣло или съ колонною, основаніе которой, состоящее изъ широкой плиты, прикрѣпленной къ фундаменту особыми болтами и соединяющейся со стержнемъ колонны приливами, можетъ считаться неподвижно закрѣпленнымъ; верхній же конецъ колонны, принимающій нагрузку, свободенъ, но вслѣдствіе соединенія съ другими частями сооруженія не можетъ отклониться отъ вертикальнаго направленія, или же, что еще чаще встрѣчается на практикѣ, оба конца стойки могутъ вращаться, но не отклоняться въ сторону.

Для перваго случая надо брать коэффиціентъ $\alpha = 20$. Во II случаѣ, а также, когда колонны проходятъ сквозь нѣсколько этажей и состоятъ изъ отдѣльныхъ частей, насаженныхъ одна на другую безъ уширенія въ

мѣстахъ наращиванія, слѣдуетъ при расчетѣ принимать для большей безопасности II случай укрѣпленія и сообразно съ этимъ полагать $\alpha = 10$.

На основаніи вышеизложеннаго безопасная нагрузка сплошной чугунной колонны, діаметръ которой равенъ d, а l — высота, опредѣляется по формулѣ для III случая:

$$P = {}^{20}/_{8} \frac{\pi d^4}{64} \frac{400.000}{l^2} = 50.000 \frac{d^4}{l^2} \text{ пуд./дм.},$$

или

$$P = 123.000 \frac{d^4}{l^2} \text{ клгр./см.}$$

Безопасная нагрузка полой чугунной колонны, поперечное сѣченіе коей представляется въ видѣ кольца, внѣшній и внутренній діаметръ котораго d и d_1, опредѣляется по формулѣ:

$$P = 50.000 \frac{d^4 - d_1^4}{l^2} \text{ пуд./дм.} = 123.000 \frac{d^4 - d_1^4}{l^2} \text{ клгр./см.}$$

Изъ приведенныхъ формулъ видно, что сопротивленіе сплошныхъ чугунныхъ колоннъ продольному изгибу прямо пропорціонально четвертымъ степенямъ ихъ діаметровъ и обратно пропорціонально квадратамъ ихъ высотъ.

Итакъ для провѣрки сопротивленія стойки мы имѣемъ двѣ формулы:

$$\text{I) } \ldots P = KF$$

$$\text{II) } \ldots P = \frac{\alpha}{n} \frac{IE}{l^2}.$$

Для того, чтобы убѣдиться, какую изъ этихъ формулъ примѣнять въ извѣстныхъ случаяхъ, необходимо опредѣлить ту вышину опоры l_1, при которой опасность разрушенія отъ перелома и раздавливанія была бы одинакова. На основаніи формулы II, вставивъ въ нее выраженіе для P изъ формулы I, мы имѣемъ:

$$l_1 = \sqrt{\frac{\alpha IE}{KFn}}.$$

Если данная высота $l > l_1$, то надо разсчитывать на переломъ стойки; если же $l < l_1$, то—на раздавливаніе.

Для облегченія расчетовъ чугунныхъ колоннъ въ концѣ книги приводится таблица, въ которой указаны для наиболѣе употребительныхъ колоннъ: внѣшній діаметръ D, толщина стѣнки δ, площадь поперечнаго сѣченія F и моментъ инерціи I. Слѣдов. остается только изъ вышеприведенной формулы Эйлера опредѣлить моментъ инерціи $I = \frac{n}{\alpha} \cdot \frac{Pl^2}{\varepsilon}$ или, что еще проще, при $\varepsilon = 1000000$, $n = 8$ и $\alpha = 10$, и выразивъ P въ тоннахъ, а l — въ метрахъ, получимъ:

$$I = 8Pl^2.$$

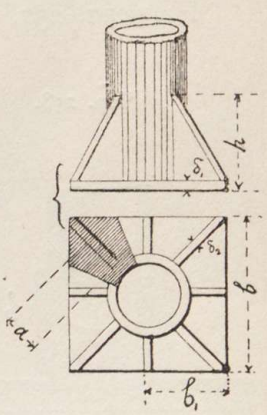
Величины P и l обыкновенно задаются.

Для достиженія большаго сопротивленія нижніе и верхніе концы колоннъ должны быть прочно задѣланы такъ, чтобы по возможности не было ни поступательнаго, ни вращательнаго движенія; поэтому на эту конструктивную деталь слѣдуетъ обращать особое вниманіе. При этомъ нижнее основаніе колонны, стоящей на каменномъ фундаментѣ, должно, кромѣ закрѣпленія, имѣть такое уширеніе, чтобы грузъ отъ болѣе крѣпкаго матеріала—чугуна передавался болѣе слабому—кирпичу или камню на соотвѣтственно большую площадь, сообразно коэффиціенту сопротивленія этихъ матеріаловъ на раздавливаніе.

Колонны небольшихъ размѣровъ отливаются вмѣстѣ съ нижней плитой; если же высота и вѣсъ колонны значительны (отъ 30 и болѣе пудовъ), то удобнѣе отливать, какъ нижнюю плиту, такъ и верхнее уширеніе вмѣстѣ съ капителью отдѣльно; въ случаѣ очень длинныхъ колоннъ стволъ ихъ дѣлается составнымъ. Въ послѣднемъ случаѣ, какъ будетъ сказано ниже, удобнѣе устраивать взамѣнъ чугунныхъ желѣзныя опоры. Нижняя плита, для предупрежденія ея перелома, укрѣпляется ребрами въ числѣ четырехъ, шести или восьми (черт. 255); при этомъ размѣры плиты и ея толщина опредѣляются въ зависимости отъ прочнаго сопротивленія кладки фундамента на раздавливаніе. Положимъ, что это сопротивленіе R, грузъ, сосредоточенный на колоннѣ вмѣстѣ съ ея вѣсомъ P; въ такомъ случаѣ поверхность плиты $F=\frac{P}{R}$.

Если плита не сплошная, а съ отверстіемъ площадью f, діаметръ коего равенъ внутреннему діаметру колонны, и если плита квадратная, то сторона ея $b=\sqrt{\frac{P}{R}+f}$.

Чер. 255.



Толщина реберъ δ и вышина ихъ h опредѣляется слѣдующимъ образомъ: находятъ центръ тяжести I въ угловой части плиты (на черт. 255 заштрихованной) и опредѣляютъ разстояніе его a отъ колонны; въ такомъ случаѣ, если число реберъ n, то дѣйствующее на изломъ внѣшнее усиліе $=\frac{Pa}{n}$; далѣе, принимая сопротивленіе чугуна на изломъ въ 250 кг., получаютъ:

$$\frac{Pa}{n}=Rw=\frac{250\,\delta\,h^2}{6},$$

откуда

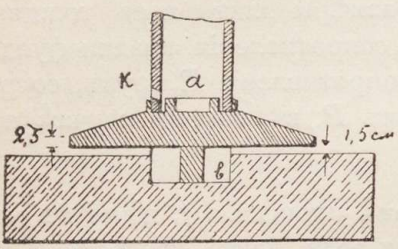
$$\delta=0{,}024\frac{Pa}{nh^2};\quad h=0{,}155\sqrt{\frac{Pa}{n\delta}}.$$

При этомъ или δ или h предварительно задается, но во всякомъ случаѣ какъ δ, такъ и h не должно быть менѣе 1,5 см.

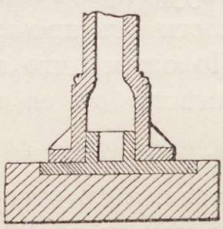
Чугунныя колонны значительныхъ размѣровъ и болѣе тяжелыя, а также желѣзныя опоры устанавливаются на подкладкахъ, отливаемыхъ отдѣльно и имѣющихъ обыкновенно квадратную форму при толщинѣ не ме-

нѣе 2 см. Подъ плитою располагается дикарный камень, тоже квадратный, но бо́льшихъ измѣреній. Чугунная подкладка дѣлается или съ ребрами, или съ утолщеніемъ къ серединѣ (черт. 256). Для предупрежденія сдвига колонны на верхней и нижней площадкѣ чугунной плиты дѣлаютъ выступы: первый въ видѣ кольцеобразнаго цилиндрическаго выступа *a* (чер. 256), внѣшній діаметръ котораго немного меньше внутренняго діаметра колонны, а второй—въ видѣ креста *b*, который входитъ въ приготовленное въ камнѣ соотвѣтственной формы гнѣздо и заливается свинцомъ. Равнымъ образомъ, долженъ быть залитъ свинцомъ прозоръ между кольцевымъ выступомъ и колонной черезъ отверстіе *k*. Плита устанавливается первоначально на клинья, на нѣкоторомъ возвышеніи (1,5 см.), а затѣмъ подливается цементомъ, чтобы сгладить всѣ неровности каменной кладки. Въ квадратной плитѣ сторона $b = \sqrt{\frac{P}{R}}$. При значительномъ грузѣ, дѣйствующемъ на колонну, и возможности отклоненія его отъ вертикальнаго направленія необходимо предупредить неравномѣрную передачу давленія на плиту и фундаментъ, для чего подкладывается между плитой *a* (черт. 258) и нижнею, отдѣльно отлитою, частью *b*, прокладка *c*, имѣющая выпуклую поверхность и квадратную форму въ планѣ. На чер. 259 показанъ другой примѣръ такой же конструкціи.

Чер. 256.

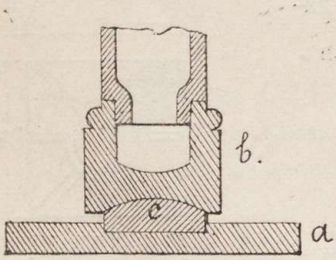


Чер. 257.

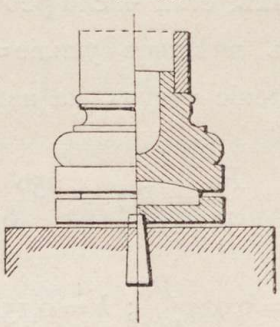


На черт. 257, 260 и черт. 1 листъ 6 показаны сопряженія нижней части колонны съ плитой, при чемъ особенно рекомендуется скрѣпленіе подкладки съ каменной кладкой болтами, глубоко задѣланными (черт. 1 листъ 6) или же залитыми свинцомъ (черт. 256). На черт. 1 листъ 6 показано устройство фундамента, состоящаго изъ нѣсколькихъ рядовъ бутоваго камня, затѣмъ кирпичная кладка на цементномъ растворѣ и, наконецъ, дикарный камень, сквозь который проходятъ 4 болта, прикрѣпляющіе чугунную подкладку къ фундаменту.

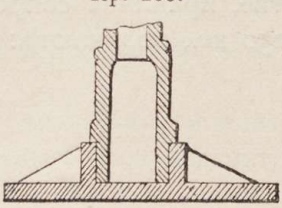
Чер. 258.



Чер. 259.



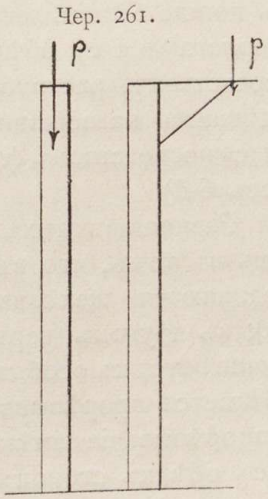
Чер. 260.



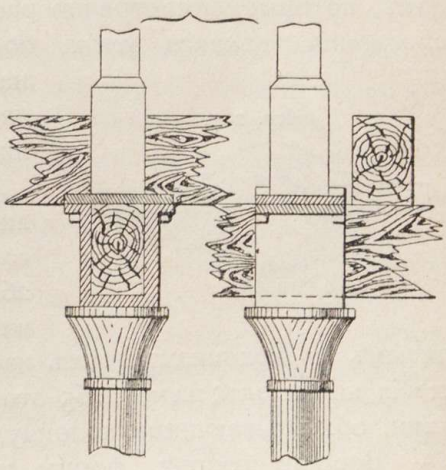
Если колонны ставятся внутри теплаго помѣщенія, напр., фабрики или завода, то глубина фундамента не зависитъ отъ линіи промерзанія грунта и при хорошемъ материкѣ можетъ быть заложена выше чѣмъ фундаментъ подъ наружныя стѣны. Но при этомъ необходимо опредѣлить глубину, принимая во вниманіе выдавливаніе грунта изъ подъ фундамента; въ особенности, если грунтъ песчаный. Въ 1873 году въ Москвѣ, на Даниловской мануфактурѣ, произошелъ обвалъ всѣхъ покрытій 5-тиэтажнаго, только что отстроеннаго фабричнаго корпуса, вслѣдствіе осадки колоннъ отъ погруженія ихъ въ песчаный грунтъ, въ которомъ фундаменты были углублены только на 1 аршинъ отъ поверхности пола.

Устройство верхней части подпоръ зависитъ отъ конструкціи потолочнаго покрытія. Если чугунная колонна поддерживаетъ деревянное чердачное покрытіе, то можетъ быть примѣнено устройство, показанное на черт. 2 листъ 6; здѣсь надъ капителью колонны помѣщается коробка съ кронштейнами, къ которымъ прикрѣпляется балка вертикальными болтами. Эти кронштейны вмѣстѣ съ тѣмъ уменьшаютъ пролетъ, перекрываемый балкой и, слѣдовательно, даютъ возможность уменьшить поперечное сѣченіе послѣдней. Такое уширеніе вершины колонны въ видѣ кронштейновъ допускается лишь въ томъ случаѣ, если они могутъ быть расположены симметрично по обѣ стороны колонны и приблизительно одинаково нагружены; въ противномъ случаѣ такая конструкція не можетъ быть допущена, такъ какъ при малѣйшемъ прогибѣ балки нагрузка будетъ дѣйствовать не по оси колонны, а на конецъ кронштейна (черт. 261) и вызоветъ ломающій колонну моментъ, чего слѣдуетъ избѣгать. Если же необходимы кронштейны для внѣшняго вида колонны, то они не должны подходить подъ самую балку.

Чер. 261.



Чер. 262.

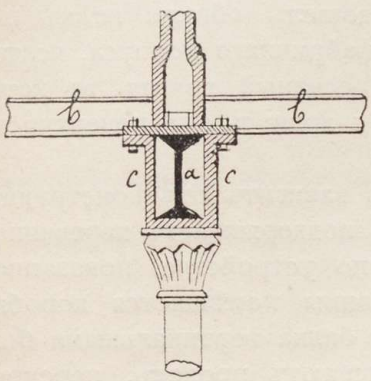


Если колонны поддерживаютъ междуэтажныя деревянныя покрытія, то вершины ихъ должны быть приспособлены для сопряженія не только съ балками, но и съ нижними частями колоннъ второго этажа. На черт. 162 показанъ именно такой случай при деревянныхъ междуэтажныхъ балкахъ. Здѣсь, надъ капителью устроена чугунная коробка, отлитая вмѣстѣ съ колонной соотвѣтственно размѣрамъ поперечнаго сѣченія главной балки или прогона, поддерживающаго второстепенныя балки. Коробка имѣетъ

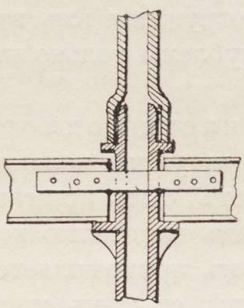
горизонтальныя закраины и къ ней привинчивается подкладка колонны второго этажа, на которую и устанавливается послѣдняя, какъ это показано на черт. 257 или 260.

При устройствѣ несгораемыхъ потолочныхъ покрытій, деревянныя балки замѣняются желѣзными двутавроваго сѣченія и могутъ располагаться такъ же, какъ и деревянныя (см. черт. 162), т.-е. какъ показано на черт. 163; здѣсь *a*—главная желѣзная балка, *b*—второстепенная и *c*—чугунная коробка, къ которой привинчивается подкладка, служащая основаніемъ для колонны слѣдующаго этажа. Такое наращиваніе колоннъ съ помощью коробки очень грузно и не вполнѣ раціонально; оно можетъ быть замѣнено другими способами, какъ представлено, напримѣръ, на черт. 264, 265 и чер. 3, листъ 6-й. Чертежъ 265 изображаетъ въ планѣ сопряженія балокъ двумя накладками, обхватывающими вершину колонны съ двухъ боковъ и привинченными къ балкѣ болтами. На чер. 264—двѣ прямолинейныя накладки, расположенныя по обѣ стороны балки, проходятъ сквозь колонну и привинчиваются къ стѣнкамъ балокъ тремя болтами. Во всѣхъ трехъ способахъ концы балокъ лежатъ на особыхъ выступахъ, которые симметрично располагаются съ обѣихъ сторонъ колонны, а колонна верхняго этажа посредствомъ раструба, замѣняющаго базу, надѣвается на вершину нижней или прикрѣпляется посредствомъ фланца и болтовъ (черт. 3, листъ 6-й).

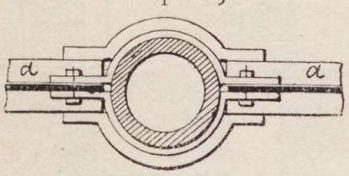
Чер. 263.



Чер. 264.



Чер. 265.



Разница въ этихъ способахъ заключается лишь въ томъ, что въ одномъ случаѣ балки соединяются желѣзными накладками (черт. 264); въ другомъ (черт. 3, листъ 6-й) онѣ привинчиваются къ особымъ ребордамъ *mm*, прилитымъ къ колоннамъ, чѣмъ избѣгается прорѣзываніе колонны для помѣщенія накладокъ; на чер. 265 это прорѣзываніе замѣнено желѣзными накладками, обхватывающими колонну съ обѣихъ сторонъ.

Вообще говоря, формы и способы сопряженія частей чугунныхъ колоннъ могутъ быть весьма разнообразны и въ большинствѣ случаевъ самому строителю приходится разрѣшать задачу для даннаго случая.

Что касается размѣровъ, поддерживающихъ верхнюю плиту консолей, то толщина ихъ *b* (черт. 266) должна быть отъ 2 до 5 см., а для того, чтобы опредѣлить высоту кронштейна *h* (черт. 266) руководствуются общей

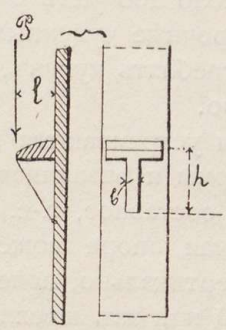
формулой сопротивленія бруса изгибу, когда одинъ конецъ его закрѣпленъ, т.-е. $Pl = \frac{bh^2}{6} \cdot 250$; откуда

$$h = \sqrt{\frac{6Pl}{250.\beta}}$$

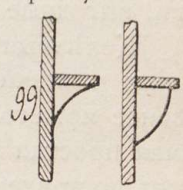
Изъ этой формулы видно, что выступы надо по возможности уменьшать, а также, что выгоднѣе кронштейны ограничивать не вогнутой, а выпуклой кривой (черт. 267 и 268).

Желѣзныя опоры. Тѣ недостатки чугуна, о которыхъ мы упомянули выше, почти отсутствуютъ въ желѣзѣ; подвергаясь прокаткѣ, оно получаетъ равномѣрное строеніе почти безъ пустотъ и раковинъ, поэтому и сопротивленіе его вполнѣ надежно.

Чер. 266.



Чер. 267.



Чер. 268.

Опытъ показалъ, что какъ желѣзо, такъ и чугунъ въ одинаковой степени противостоятъ пожару, хотя послѣдній болѣе чувствителенъ къ внезапному охлажденію водой, отъ чего онъ трескается.

Вотъ тѣ причины, почему желѣзныя опоры постепенно вытѣсняютъ чугунныя колонны, что не такъ еще замѣтно въ Европѣ, какъ въ Америкѣ, гдѣ употребляются почти исключительно и повсюду желѣзныя опоры. Это вызывается, главнымъ образомъ, конструктивными особенностями многоэтажныхъ американскихъ зданій, наружныя и внутреннія стѣны которыхъ устраиваются не изъ сплошной кирпичной кладки, а изъ желѣзныхъ стоекъ и горизонтальныхъ балокъ, и лишь пространство между ними заполняется кирпичомъ (см. статью: „Стѣны изъ металла и камня“). Кромѣ того, отливка чугунныхъ цѣльныхъ колоннъ ограничена высотою въ 5—6 метровъ, и лишь рѣдкіе заводы отливаютъ колонны до 8 метр., поэтому при устройствѣ длинныхъ стоекъ и выгоднѣе, и удобнѣе употреблять желѣзо. При какой длинѣ стойки, желѣзо безусловно выгоднѣе чугуна, видно изъ нижеслѣдующей таблицы Паукера, въ которой показаны предѣлы временнаго сопротивленія на 1 кв. д. поперечнаго сѣченія желѣзныхъ и чугунныхъ стоекъ при различныхъ отношеніяхъ $\frac{L}{D}$, т.-е. ихъ длины къ наименьшему поперечному измѣренію; при этомъ предѣлъ временнаго сопротивленія короткой желѣзной стойки принятъ въ 1575 п., а чугунной — въ 3150 п.

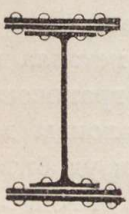
Таблица XIX.

Отношеніе $\frac{L}{D}$.	1	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Желѣзн. стойка.	1575	985	900	788	670	562	470	394	332	281	240
Чугун. стойка .	3150	1763	1120	702	460	319	232	175	138	109	91

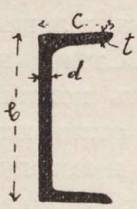
Эта таблица приводитъ къ слѣдующимъ заключеніямъ объ относительной прочности желѣзныхъ и чугунныхъ стоекъ, а слѣдовательно и къ выбору того или другого матеріала: при малой длинѣ желѣзныя стойки наполовину слабѣе чугунныхъ, при средней длинѣ, т.-е. при $\frac{L}{D}=30$, и тѣ, и другія одинаково прочны; при $\frac{L}{D}\geqslant 60$ желѣзныя вдвое прочнѣе чугунныхъ, а при длинѣ около 100 разъ бо́льшей противъ толщины, желѣзныя стойки почти втрое прочнѣе чугунныхъ. Итакъ, для короткихъ и толстыхъ стоекъ выгоднѣе употреблять чугунъ, а для длинныхъ и тонкихъ, наоборотъ, выгоднѣе желѣзо.

Желѣзныя опоры устраиваются почти исключительно изъ прокатнаго желѣза различной формы и различнаго поперечнаго сѣченія, при чемъ послѣднее можетъ быть составное, т.-е. склепанное изъ отдѣльныхъ частей. Самая простая желѣзная опора можетъ состоять изъ одной двутавровой балки, поставленной вертикально, пояса коей, если это нужно, утолщаются накладками (черт. 269) или изъ швеллера (черт. 270). Но въ случаѣ значительныхъ нагрузокъ (наприм., на фабрикахъ и заводахъ) приходится ставить группами по нѣскольку балокъ этого типа, соединяя ихъ различными способами въ одну опору (черт. 271, 272 и 273).

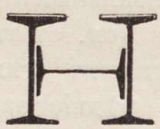
Чер. 269.



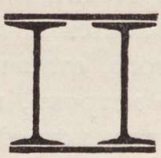
Чер. 270.



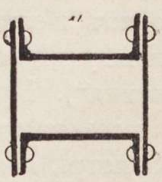
Чер. 271.



Чер. 272.



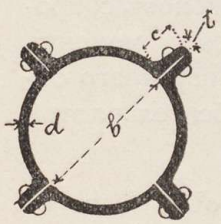
Чер. 273.



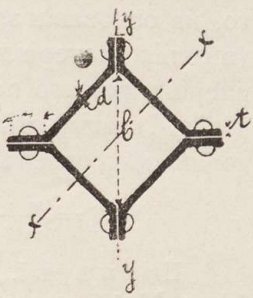
Точно такъ же для болѣе сильныхъ опоръ поперечныя сѣченія могутъ быть составлены и изъ прокатнаго желѣза криволинейной формы (квадрантъ) (черт. 274) и угловой (трапеціодальной) съ двумя тупыми углами (черт. 275). Для фабричныхъ строеній, въ которыхъ необходимо подвѣсить къ колоннамъ трансмиссію, а слѣдовательно устроить кронштейны, квадрантное желѣзо склепывается и между его фланцами располагаются прокладки, какъ показано на черт. 276. При квадрантномъ желѣзѣ сѣченіе является въ видѣ круга, а при трапеціодальномъ—въ видѣ квадрата.

Склепанныя ребра на поверхности желѣзныхъ опоръ придаютъ имъ некрасивый видъ, допустимый лишь въ строеніяхъ фабричныхъ и заводскихъ; въ зданіяхъ же съ болѣе или менѣе изящной отдѣлкой желѣзные столбы могутъ быть облицованы снаружи для красоты пустотѣлымъ кирпичемъ и оштукатурены (черт. 277). Такая одежда вмѣстѣ съ тѣмъ служитъ для предохраненія металла во время пожара отъ дѣйствія огня.

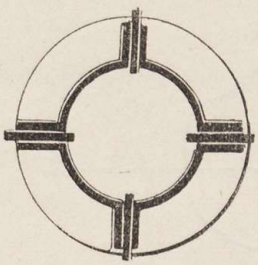
Чер. 274.



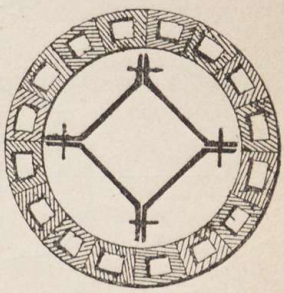
Чер. 275.



Чер. 276.



Чер. 277.



Что касается до опредѣленія размѣровъ стоекъ изъ прокатнаго желѣза, то въ этомъ отношеніи необходимо сообразоваться съ тѣми сортами его, какіе изготовляются на заводахъ, и по таблицамъ подыскивать соотвѣтствующіе поперечныя сѣченія. Для этой цѣли опредѣляется по формулѣ Эйлера моментъ инерціи поперечнаго сѣченія, а именно: безопасная нагрузка

$$P = \frac{\alpha}{n} \frac{EJ}{l^2},$$

слѣдовательно, принимая $\alpha = 10$, взявъ пятикратную прочность и приравнивая коэффиціентъ упругости E для желѣза 2.000.000 кг., получимъ:

$$J = \frac{Pl^2}{4.000.000} cm^4.$$

Взявъ P въ тоннахъ, а l въ метрахъ, мы получимъ

$$J = 2{,}5Pl^2.$$

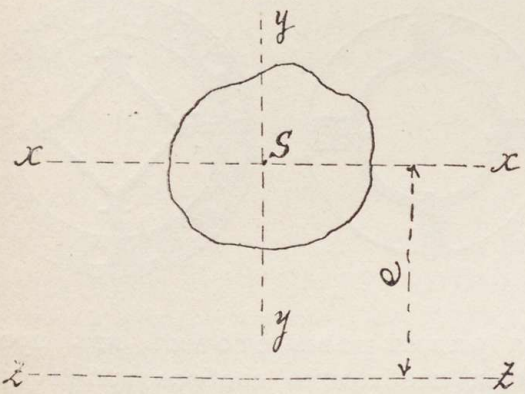
Опредѣливъ J, подыскиваютъ подходящее поперечное сѣченіе по таблицамъ, въ сокращенномъ видѣ приведеннымъ въ концѣ книги.

Желѣзныя опоры предпочитаются чугуннымъ при устройствѣ механическихъ мастерскихъ съ верхнимъ свѣтомъ и съ катающейся балкой надъ среднимъ пролетомъ, такъ какъ на такихъ заводахъ опоры, будучи весьма значительной вышины, несомнѣнно подвергаются сотрясеніямъ, дѣйствіямъ боковыхъ силъ и несимметричной нагрузкѣ, что для чугуна представляется опаснымъ. За неимѣніемъ фасоннаго прокатнаго желѣза, оно можетъ быть замѣнено съ большимъ успѣхомъ обыкновенной одной или двумя двутавровыми балками или же швеллерами.

При опредѣленіи момента инерціи опоръ, состоящихъ изъ двухъ и болѣе швеллеровъ или двутавровыхъ балокъ, можно руководствоваться практическимъ расчетомъ, основаннымъ на слѣдующихъ соображеніяхъ.

Пусть F будетъ площадь какого-либо поперечнаго сѣченія (черт. 278), центръ тяжести котораго находится въ точкѣ S; линію xx, проходящую черезъ этотъ центръ тяжести, примемъ за ось, относительно которой моментъ инерціи площади F извѣстенъ и равенъ J. Если мы на какомъ-либо разстояніи, равномъ e, проведемъ параллельную xx другую ось zz, то, на основаніи законовъ сопротивленія матеріаловъ, моментъ инерціи даннаго поперечнаго сѣченія F, взятый относительно этой новой оси, равенъ

Чер. 278.



$$J_z = J + e^2F.$$

Примѣръ I. Для двутавровой балки № 18, согласно таблицѣ, моментъ инерціи J_y (черт. 279) относительно оси yy равенъ 81,3 см.^{4}; площадь поперечнаго сѣченія этой балки по той же таблицѣ равна 27,9 см.^{2} Поэтому моментъ инерціи J_z относительно оси zz, взятой параллельно yy на разстояніи 10 см., получится:

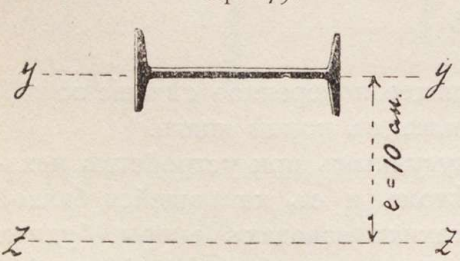
$$J_z = 81 + 10^2 \times 28 = 2881^4 \text{ см.}$$

Примѣръ II. Для швеллерной балки (чер. 280) № 18, площадь поперечнаго сѣченія которой F по той же таблицѣ равна 28,0 см.^{2}, моментъ инерціи относительно оси yy равенъ 114 см.^{4}; поэтому принявъ тоже значеніе для $e = 10$ см., получимъ:

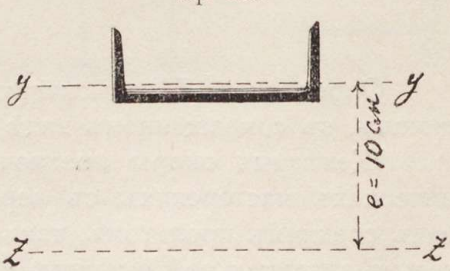
$$J_z = 114 + 10^2 \times 28 = 2914 \text{ см.}^4$$

На основаніи изложеннаго не трудно опредѣлить сложный моментъ инерціи при опорахъ, состоящихъ изъ двухъ швеллеровъ или двутавровыхъ балокъ, а также и разстояніе e между осями этихъ балокъ. Пусть P—дѣйствующая на опору нагрузка, l—высота столба, J—требуемый наименьшій моментъ инерціи сложнаго поперечнаго сѣченія, выведенный на основаніи формулы $J = 2{,}5\,Pl^2$. Для надлежащей прочности опоры необходимо, чтобы моментъ инерція ея поперечнаго сѣченія какъ относительно оси xx, такъ и оси zz (чер. 281 и 282) равнялись бы требуемому моменту инерціи J.

Чер. 279.



Чер. 280.



Моменты инерціи относительно осей xx и yy извѣстны изъ таблицы; поэтому

сложный моментъ инерціи (чер. 281 и 282) двухъ балокъ относительно оси xx равенъ $2J_x = J$, откуда

$$J_x = \frac{J}{2}.$$

Относительно оси zz необходимо, чтобы

$$J_z = J.$$

Если разстояніе между центрами тяжести двухъ швеллерныхъ или двутавровыхъ балокъ равно $2e$, то на основаніи вышеприведенной формулы для J_z имѣемъ:

$$J_z = 2(J_y + e^2F).$$

Но такъ какъ $J_z = J$, то

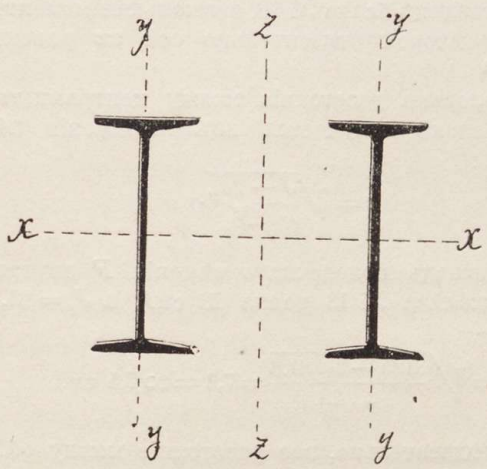
$$J = 2(J_y + e^2F),$$

откуда

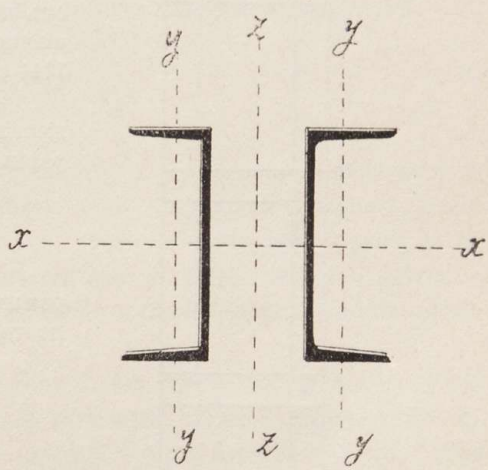
$$e = \sqrt{\frac{J - 2J_y}{2F}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (A)$$

Разстояніе же между осями вертикально поставленныхъ балокъ должно равняться $2e$.

Чер. 281.



Чер. 282.



Все сказанное относится къ тому случаю, когда обѣ балки работаютъ какъ одна опора, т.-е. въ предположеніи, что оба поперечныя сѣченія связаны другъ съ другомъ (черт. 283 а и в); въ противномъ случаѣ ихъ поперечныя сѣченія относительно оси вращенія yy недостаточны и опоры будутъ изгибаться по направленію линіи xx. Поэтому двутавровыя балки или швеллеры, примѣняемыя какъ опоры, должны быть по своей длинѣ связаны желѣзными накладками (черт. 283).

Чтобы опредѣлить разстояніе λ между связями, т.-е. ту высоту балки, при которой она, работая самостоятельно подъ грузомъ $\frac{P}{2}$, не даетъ прогиба, опредѣлимъ сперва J_y при высотѣ стойки λ по формулѣ

$$J = 2{,}5Pl^2,$$

т.-е. получимъ

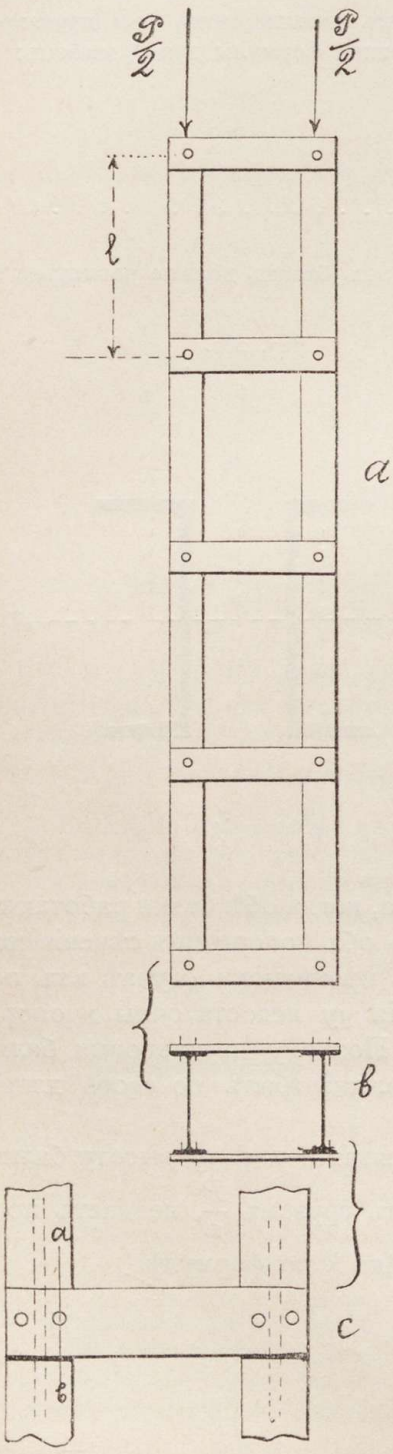
$$J_y = 2{,}5\frac{P}{2}\lambda^2,$$

откуда

$$\lambda = \sqrt{\frac{2J_y}{2{,}5P}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (B).$$

Примѣръ III. Положимъ, что необходимо опредѣлить, съ помощью имѣющейся таблицы, размѣры и разстояніе λ между горизонтальными связями двойной стойки вышиною 5 метр. изъ швеллеровъ или двутавровыхъ балокъ при дѣйствующемъ грузѣ въ 50000 кг.

Чер. 283.



На основаніи предшествовавшаго, выражая P въ тоннахъ,

$$J = 2{,}5 \cdot 50 \cdot 5^2 = 3125 \text{ см.}^4$$

Рѣшая относительно стойки изъ двутавровыхъ балокъ (чер. 281), необходимо, чтобы моментъ инерціи J_x каждой изъ нихъ равнялся:

$$J_x = \frac{J}{2} = \frac{3125}{2} = 1562{,}5 \text{ см.}^4$$

Этому съ достаточною надежностью удовлетворяетъ по таблицѣ балка № 18, наименьшій моментъ инерціи которой относительно оси xx равенъ 1444 см.^{4}

Половина разстоянія между центрами тяжести балокъ получается изъ выраженія (A) равнымъ:

$$e = \sqrt{\frac{J - 2J_y}{2F}}.$$

Площадь поперечнаго сѣченія F двутавроваго желѣза № 18 равна 28 см.^{2}, а $J_y = 81{,}3$ поэтому

$$e = \sqrt{\frac{3125 - 2 \cdot 81{,}3}{2 \cdot 28}} = 7{,}3 = \infty\, 7{,}5 \text{ см.}$$

Слѣдовательно, все разстояніе между обѣими балками должно быть:

$$2 \times 7{,}5 = 15 \text{ см.}$$

Величина λ, т.-е. разстояніе между связями, опредѣляется изъ уравненія (B) и равно

$$\lambda = \sqrt{\frac{2J_y}{2{,}5P}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 81{,}3}{2{,}5 \cdot 50{,}0}} = 1{,}3 \text{ метр.}$$

Что вызываетъ, при высотѣ стойки въ 5 метровъ, горизонтальныя скрѣпленія накладками не менѣе, какъ въ 3 мѣстахъ.

Разрѣзъ поперечнаго сѣченія накладки расчитывается въ ея опасномъ сѣченіи по линіи ab (чер. 283c) на усиліе равное $\frac{1}{5}$ отъ того груза, который приходится на каждый поясъ балки. Въ данномъ случаѣ слѣдовательно, это усиліе =

$$= \frac{1}{5} \times \frac{P}{4} = \frac{1}{20} P.$$

Давленіе K на 1 кв. см. сѣченія опоры равно:

$$K = \frac{50000}{2 \cdot 28} = 893 \text{ кг.},$$

что можетъ быть допущено.

Для стоекъ, составленныхъ изъ двухъ швеллеровъ, примѣняя ихъ къ тому же заданію, слѣдуетъ взять балки № 20, которыхъ $J_x = 1911$ см.^{4}, тогда какъ необходимо только 1562 см.^{4}

Такъ какъ при этомъ $J_y = 148$ см.^{4}, а $F = 32{,}2$ см.^{2}, то

$$e = \sqrt{\frac{3125 - 2 \cdot 148}{2 \cdot 32{,}2}} = \infty 7 \text{ см.}$$

Слѣдовательно разстояніе между центрами тяжести поперечныхъ сѣченій обоихъ швеллеровъ

$$2e = 14 \text{ см.}$$

Разстояніе λ между скрѣпляющими балки горизонтальными накладками изъ полосоваго желѣза равно:

$$\lambda = \sqrt{\frac{2 \cdot 148}{2{,}5 \cdot 50{,}0}} = 1{,}73 \text{ метр.}$$

Потребуется слѣдовательно скрѣпленіе стоекъ въ двухъ мѣстахъ по высотѣ.

Давленіе на 1 кв. см. при этихъ стойкахъ будетъ

$$K = \frac{50000}{2 \cdot 32{,}2} = 781 \text{ кг.}$$

Переходя къ описанію устройства нижняго и верхняго основанія желѣзныхъ опоръ и сопряженій концовъ ихъ съ одной стороны съ покрытіемъ, а съ другой—съ фундаментомъ, укажемъ первоначально на приспособленія, служащія для перехода отъ опоры къ фундаменту, состоящаго обыкновенно изъ камня или кирпича, вообще изъ матеріала болѣе слабаго сравнительно съ желѣзомъ.

Какой бы формы, изъ вышеуказанныхъ, не было поперечное сѣченіе стойки, нижній конецъ ея долженъ быть срѣзанъ строго перпендикулярно къ оси и установленъ на квадратную, круглую или многоугольную плиту чугунную или желѣзную; послѣдняя предпочитается въ виду бо́льшаго ея сопротивленія на изломъ. Желѣзныя плиты во всѣхъ случаяхъ приклепываются или привинчиваются къ колоннѣ посредствомъ углового желѣза (черт. 4 и 5, листъ 6), изогнутаго соотвѣтственно формѣ поперечнаго сѣченія стойки (черт. 6, листъ 6). Чугунныя подкладки имѣютъ выступающія ребра, въ которыя вставляется, но не привинчивается, конецъ колонны (черт. 284).

На черт. 4 и 5, листъ 6, представлено сопряженія стоекъ, составленныхъ изъ двухъ швеллеровъ и двутавровыхъ балокъ. Въ обоихъ случаяхъ плиты имѣютъ форму квадратную и прикрѣпляются къ стойкѣ прямыми угольниками.

Величина плиты вообще опредѣляется тѣмъ соображеніемъ, чтобы давленіе, передаваемое на фундаментъ, не превосходило коэффиціента K прочнаго сопротивленія на сжатіе матеріала.

Слѣдовательно, если F площадь плиты и P дѣйствующее на стойку усиліе, то

$$F = \frac{P}{K} \text{ см.}^2$$

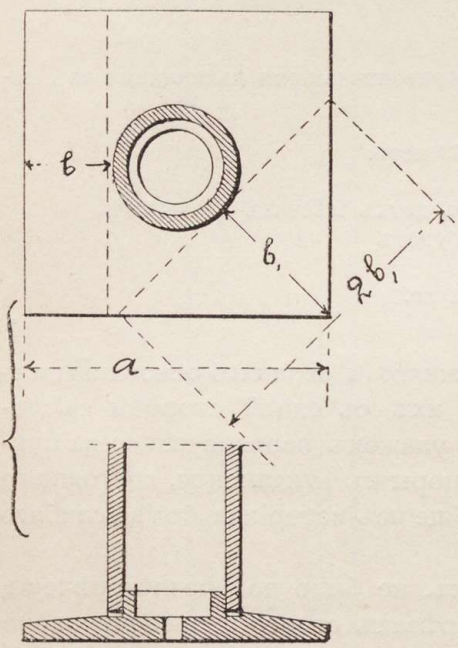
Этимъ опредѣляется величина a стороны квадрата (чер. 284). Если плита лежитъ на дикарномъ камнѣ, то K принимается $=20$ кг.; если же кирпичная кладка, то $=8$ кг.

Толщина δ плиты безъ реберъ, будетъ ли она чугунная или желѣзная (чер. 284), подсчитывается на переломъ, какъ балка, равномѣрно нагруженная и задѣланная концомъ, по уравненію:

$$abK\frac{b}{2}=\frac{a\delta^2}{6}R,$$

гдѣ $\frac{a\delta^2}{6}$—моментъ сопротивленія поперечнаго сѣченія плиты при ширинѣ ея равной a, а R—коэффиціентъ прочнаго сопротивленія чугуна или желѣза на переломъ; въ первомъ случаѣ принимается $R=250$ кг., а во второмъ $=500$ кг. на кв. см.

Чер. 284.



Первая часть уравненія изображаетъ внѣшній изгибающій моментъ, предполагая плиту какъ бы равномѣрно нагруженною съ нижней своей поверхности давленіемъ фундамента, равнымъ на единицу площади K. Слѣдовательно, для чугунной плиты получимъ

$$\delta=b\sqrt{\frac{3K}{250}}=\frac{b}{9}\sqrt{K}.$$

Для треугольной части (чер. 284), выступающей на величину b_1, получимъ:

$$\delta_1=b_1\sqrt{\frac{K}{250}}=\frac{b_1}{16}\sqrt{K}.$$

Такъ какъ δ всегда получается больше δ_1, то достаточно опредѣлить только первую величину.

Во всякомъ случаѣ чугунную плиту не дѣлаютъ тоньше 2 и толще 6 см.; если же толщина требуется большая, то плиту усиливаютъ ребрами, которыхъ число можетъ быть равно или 4, или 8.

При желѣзныхъ подкладкахъ (черт. 4, 5, 6 и 7, листъ 6) для опредѣленія толщины плиты надо лишь перемѣнить значеніе для R и поставить его вдвое больше, поэтому толщина плиты будетъ наполовину меньше, т.-е.

$$\delta=\frac{b_1}{18}\sqrt{K};\quad \delta_1=\frac{b_1}{32}\sqrt{K}.$$

На черт. 6, листъ 6, представлено сопряженіе нижней части колонны изъ квадрантнаго желѣза съ такой же подкладкой восьмигранной формы. Переходъ къ уширенной части достигается тѣмъ, что между фланцами квадрантнаго желѣза вставляются треугольныя прокладки (bb) въ видѣ обратныхъ кронштейновъ, которыя скрѣпляются съ плитой посредствомъ четырехъ, горизонтально расположенныхъ и изогнутыхъ по кривой, угольниковъ, охватывающихъ колонну и прикрѣпленныхъ заклепками. Чтобы достигнуть чистой и аккуратной работы, ширина полки угольниковъ не должна быть болѣе 60 mm; въ противномъ случаѣ правильное сгибаніе представляется очень затруднительнымъ. Между угольниками и прокладкой вставляются желѣзныя полоски, толщиною равною толщинѣ фланца квад-

ранта. Полоски какъ въ планѣ, такъ и въ фасадѣ на чер. 6, листъ 6,—заштрихованы.

Съ нижней стороны доски головки заклепокъ углубляются заподлицо съ поверхностью.

Опоры изъ трапеціодальнаго желѣза сопрягаются съ нижнимъ уширеннымъ основаніемъ тоже съ помощью угольниковъ, какъ это показано на чер. 7, листъ 6.

Вершины желѣзныхъ колоннъ для принятія покрытія, состоящаго изъ желѣзныхъ двутавровыхъ балокъ, снабжаются чугунной плитой (чер. 8, листъ 6), къ которой балки привертываются болтами. Чтобы избѣжать бокового давленія на колонну, поверхность чугунной плиты дѣлается нѣсколько криволинейной, выпуклой. Чугунная плита можетъ или вводиться своими нижними ребордами вовнутрь колонны, какъ показано на чертежѣ 8, листъ 6, или охватывать вершину и лишь немного входить вовнутрь (чер. 1, листъ 7); для этого накладка должна имѣть съ нижней стороны углубленіе соотвѣтственно формѣ поперечнаго сѣченія колонны вмѣстѣ съ фланцами.

Замѣняя чугунъ желѣзомъ, вершина квадрантной колонны можетъ быть приспособлена для воспріятія и прикрѣпленія къ ней двутавровыхъ балокъ, какъ это показано на чертежѣ 2 тамъ же. Здѣсь желѣзная доска, имѣющая съ верхней стороны нѣсколько выпуклую поверхность, прикрѣпляется къ колоннѣ съ помощью угольниковъ и двухъ вертикальныхъ прокладокъ (*mn*) въ видѣ кронштейновъ, подобно тому, какъ устроено уширеніе нижняго основанія колонны, показанное на черт. 6, листъ 6. Для привинчиванія кронштейновъ требуется введеніе небольшихъ отрѣзковъ желѣзныхъ полосъ, на чертежѣ заштрихованныхъ. Балка прикрѣпляется къ желѣзной доскѣ болтами.

Междуэтажное наращиваніе колоннъ достигается съ помощью вкладной чугунной плиты (чер. 3, листъ 7), съ нижней стороны имѣющей кольцеобразный выступъ, входящій въ нутро нижней колонны; съ верхней же стороны плита имѣетъ цилиндрическій выступъ, который входитъ въ верхнюю колонну, меньшаго діаметра. Для того чтобы предупредить случайное вращеніе верхней колонны, въ выступающей части башмака сдѣлана щель, черезъ которую проходитъ желѣзная полоса, закрѣпленная между фланцами квадранта.

Для закрѣпленія концовъ желѣзныхъ балокъ верхній и нижній пояса ихъ, на длину равную ширинѣ фланца квадранта, вырубаются, вводятся между фланцами (чер. 3, листъ 7) и приклепываются или привинчиваются къ послѣднимъ болтами. Такое сопряженіе можетъ быть замѣнено и двумя вертикальными накладками, приклепанными къ колоннѣ и балкѣ; при этомъ концы балокъ иногда располагаются на кронштейнахъ изъ котельнаго желѣза, наподобіе того, какъ это показано на черт. 2, листъ 7.

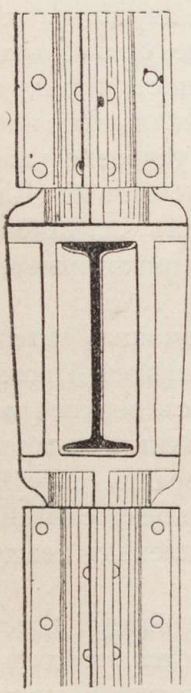
Вершины желѣзныхъ стоекъ изъ швеллеровъ или тавровыхъ балокъ приспосабливаются для воспріятія покрытія такимъ же образомъ; разница лишь въ формѣ чугунной или желѣзной плиты въ планѣ, т.-е. онѣ не круглы, а прямоугольны или многоугольны.

На черт. 4, листъ 7, *D* и *g*, представлено сопряженіе двутавровой балки съ вершиною желѣзной стойки, составленной изъ двухъ швеллеровъ и, вмѣсто соединенія ихъ горизонтальными полосами, а это было показано выше (чер. 283), оба швеллера по всей своей высотѣ приклепаны къ вертикально поставленной двутавровой балкѣ. Желѣзная, нѣсколько выпуклая доска въ вершинѣ (чер. 4 *A*, л. 7) соединяется со стойкой уголками (чер. 4 *D*, л. 7); на ней располагается и къ ней привинчивается двутавровая балка покрытія.

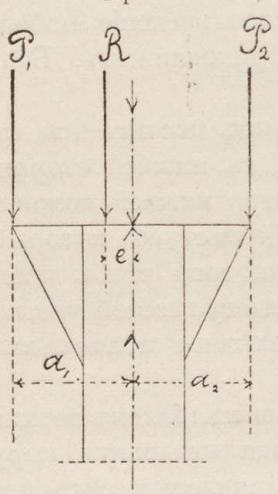
При двойныхъ балкахъ междуэтажнаго покрытія (чер. 4 *E*, л. 7) пояса балокъ, для скрѣпленія ихъ со стойками, какъ видно изъ разрѣза по *ef* (чер. 4 *g*, л. 7), вырубаются съ одной стороны и стѣнки балокъ приклепываются къ стойкѣ или привинчиваются болтами.

Нижняя часть стойки, посредствомъ двухъ вертикально на ребро поставленныхъ накладокъ трапеціодальной формы и уголковъ, прикрѣпляется къ горизонтальной доскѣ (чер. 4 *C* и *F*, л. 7), которая въ свою очередь привинчивается къ болтамъ, задѣланнымъ въ камень или въ каменную кладку. Наконецъ, междуэтажное наращиваніе желѣзныхъ колоннъ въ томъ случаѣ, если потолочныя балки не двойныя, а одиночныя, достигается устройствомъ чугунной коробки (чер. 285), черезъ которую пропускается балка. Коробка имѣетъ верхнюю и нижнюю кольцеобразную реборду и надѣвается на вершину колонны перваго этажа; въ верхнюю же реборду входитъ нижній конецъ колонны второго этажа. Для этой цѣли часть фланцевъ колоннъ срубается и опиливается подъ одну цилиндрическую поверхность.

Чер. 285.



Чер. 286.



Колонны, поддерживая потолочныя покрытія, не всегда воспринимаютъ грузъ балокъ одинаково нагруженныхъ. На фабрикахъ и заводахъ нерѣдко бываютъ случаи, когда съ одной стороны на вершинѣ колонны лежитъ конецъ балки, несущей лишь собственный вѣсъ потолочнаго покрытія, а съ другой стороны балку, поддерживающую покрытіе, сильно нагруженное временной нагрузкой, подвижной или постоянной въ видѣ станковъ, машинъ и проч. Такія условія нагрузки являются самыми невыгодными для колонны.

Представимъ себѣ вершину колонны (чер. 286) съ двумя кронштейнами, на концы которыхъ дѣйствуютъ, на разстояніи a_1 и a_2 отъ оси колонны, грузы P_1 и P_2, изъ коихъ $P_1 > P_2$. Очевидно, что равнодѣйствующая этихъ двухъ силъ $R = P_1 + P_2$ уже не пройдетъ посрединѣ между ними, а ближе въ сторону бо́льшей силы P_1, на какомъ-либо разстояніи,

равномъ e отъ средины колонны. Это разстояніе можетъ быть выведено изъ уравненія моментовъ

$$Re = P_1 a_1 - P_2 a_2,$$

а такъ какъ $a_1 = a_2$, то можно написать

$$Re = a(P_1 - P_2),$$

откуда

$$e = \frac{a(P_1 - P_2)}{R}.$$

Далѣе предположимъ, что къ центру тяжести поперечнаго сѣченія приложены двѣ вертикальныя, взаимнопротивоположныя силы, на чертежѣ показанныя стрѣлками, изъ коихъ каждая равна R. Отъ дѣйствія этихъ двухъ силъ условія равновѣсія нисколько не измѣняются, такъ какъ они другъ друга взаимно уничтожаютъ; но разсматривая всѣ три силы, равныя R, мы видимъ, что та изъ нихъ, которая дѣйствуетъ въ центрѣ колонны сверху внизъ, производитъ сжатіе и вызываетъ сопротивленіе K_d, на единицу площади равное $\frac{R}{F}$, если F—вся площадь поперечнаго сѣченія; другая же сила R, ей противоположная и дѣйствующая вверхъ, составитъ съ равнодѣйствующей, проходящей на разстояніи e отъ центра тяжести, пару силъ, моментъ которой $M = Re$, что и вызываетъ въ поперечномъ сѣченіи сопротивленіе изгибу.

Величина K_z наибольшаго напряженія крайнихъ волокнъ поперечнаго сѣченія опредѣляется изъ уравненія

$$K_z = \pm \frac{M}{W} = \pm \frac{Re}{W},$$

гдѣ W есть моментъ внутреннихъ силъ сопротивленія изгибу даннаго поперечнаго сѣченія, а M моментъ внѣшней силы R относительно оси, проходящей черезъ центръ тяжести.

Наибольшее напряженіе на сжатіе K_d односторонне-нагруженной колонны выразится равнымъ

$$K_d = \frac{R}{F} + \frac{Re}{W} = \frac{R}{F} + \frac{M}{W}.$$

Наименьшее сжатіе K_z будетъ на противоположной сторонѣ поперечнаго сѣченія въ крайнихъ волокнахъ и выразится равнымъ

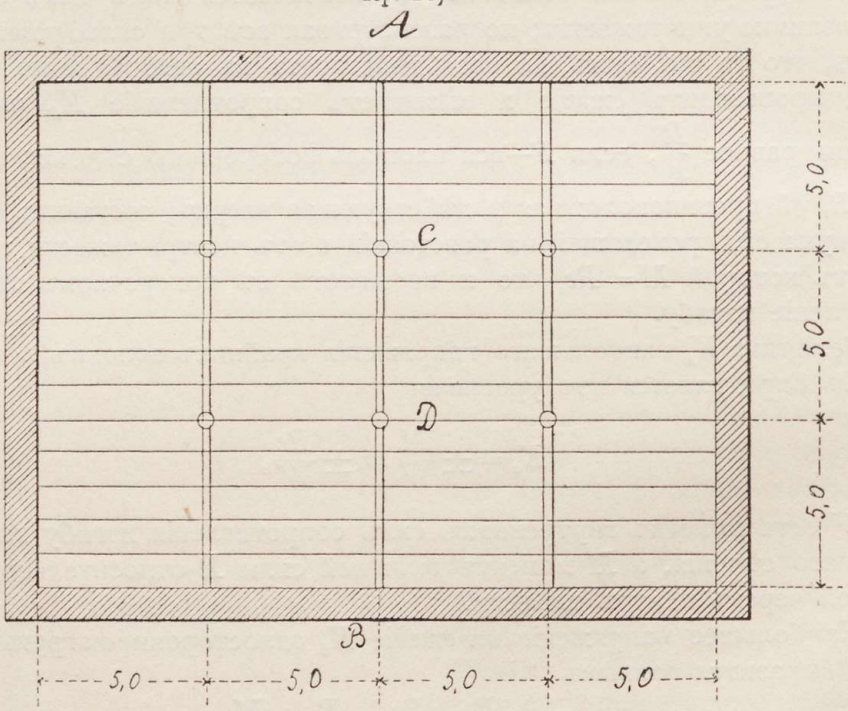
$$K_z = \frac{R}{F} - \frac{M}{W}.$$

Если $\frac{M}{W} > \frac{R}{F}$, то величина K_z получается отрицательной, т.-е. въ этихъ волокнахъ сжатія совсѣмъ не будетъ, а будетъ, наоборотъ,—вытягиваніе. Слѣдовательно нужно, чтобы K_d не превосходило бы прочнаго сопротивленія на сжатіе, а K_z—такого же сопротивленія на растяженіе; поэтому расчетъ такой колонны производится слѣдующимъ образомъ: первона-

чально, пользуясь вышеуказанными формулами, опредѣляютъ ея сопротивленіе на полную нагрузку, направленную по оси колонны; затѣмъ предполагаютъ загруженнымъ только одинъ изъ пролетовъ, передающихъ грузъ на колонну, другой же пролетъ — безъ всякаго временнаго груза и опредѣляютъ K_d и K_z. Если предѣлъ прочнаго сопротивленія окажется перейденнымъ, то поперечное сѣченіе слѣдуетъ увеличить.

Примѣръ. Чугунная колонна служитъ опорою покрытія, на которомъ расположены склады товаровъ (на чер. 287 представленъ планъ всего покрытія). Вѣсъ одного кв. метра не нагруженнаго покрытія равенъ 300 кг., а нагруженнаго 1000 кг. Высота h колонны равна 3,5 метр. Этажи, расположенные надъ складами, передаютъ на каждую колонну 18000 кг. груза.

Чер. 287.



Первоначально предположимъ, что покрытіе все сплошь загружено товаромъ, т.-е. на каждую колонну перепадаетъ грузъ равный

$$5{,}0 \times 5{,}0 \times 1000 = 25000 \text{ кг.}$$

Слѣдовательно вся нагрузка на колонну равна:

$$25000 + 18000 = 43000 \text{ кг.}$$

Моментъ инерціи J поперечнаго сѣченія такой колонны по отношенію къ сопротивленію на переломъ, на основаніи вышеприведенныхъ данныхъ, полагая нагрузку въ тоннахъ, а высоту въ метрахъ и принимая $n = 8$, а модуль упругости для чугуна = 1000000 кг., по формулѣ Эйлера равенъ:

$$J = 8Pl^2 = 8 \times 43{,}0 \times 3{,}5^2 = 4214 \text{ см.}^4$$

Этому удовлетворяетъ (согласно таб. въ концѣ книги) колонна діаметромъ въ 20 см., при ширинѣ стѣнки въ 1,8 см., обладающая моментомъ инерціи $=4303$ см.^{4}, и площадью поперечнаго сѣченія въ 103 кв. см.

Если же покрытіе пролета CD (см. чер. 287) не загружено, а AC загружено полной нагрузкой, то CD даетъ на колонну грузъ равный

$$2{,}5 \times 5{,}0 \times 300 = 3750 \text{ кг.}$$

а

$$AC = 2{,}5 \times 5{,}0 \times 1000 = 12500 \text{ кг.}$$

Точки приложенія этихъ грузовъ отстоятъ отъ средины колонны на 14 см.; равнодѣйствующая обоихъ грузовъ, т.-е. сила R (чер. 286), въ этомъ случаѣ будетъ:

$$R = 18000 + 12500 + 3750 = 34250 \text{ кг.}$$

а разстояніе e этой равнодѣйствующей отъ центра тяжести поперечнаго сѣченія

$$e = \frac{14{,}0(12500 - 3750)}{34250} = \infty 3{,}6 \text{ см.}$$

Моментъ сопротивленія выбраннаго поперечнаго сѣченія колонны:

$$w = \frac{4303}{10} = \infty 430 \text{ см.}^3$$

Поэтому величина сжимающаго усилія K_d въ крайнихъ волокнахъ на кв. см.

$$K_d = \frac{34250}{103} + \frac{34250 \times 3{,}6}{430} = \infty 620 \text{ кг.}$$

Такъ какъ для чугуна K_d принимается равнымъ не болѣе 500, то необходимо взять большее поперечное сѣченіе. По таблицѣ мы имѣемъ, что колонна діаметромъ 22,5 см., при толщинѣ стѣнокъ въ 2 см. даетъ моментъ инерціи $=6831$ см.^{4} и площадь поперечнаго сѣченія 129 кв. см. Но съ увеличеніемъ діаметра увеличивается и разстояніе отъ оси колонны точекъ приложенія дѣйствующихъ нагрузокъ; оно будетъ уже не 14, а 15 см. Поэтому

$$e = \frac{15{,}0(12500 - 3750)}{34250} = 3{,}9 \text{ см.}$$

Далѣе,

$$w = \frac{6831}{\frac{22{,}5}{2}} = \infty 607 \text{ см.}^3$$

Поэтому наибольшее сжатіе K_d поперечнаго сѣченія на наружной сторонѣ колонны

$$K_d = \frac{34250}{129} + \frac{34250}{607} = \infty 485 \text{ кг. на см.}^2$$

Наименьшее сжатіе

$$K_z = \frac{34250}{129} - \frac{34250}{607} = \infty 45 \text{ кг. на см.}^2$$

Такимъ образомъ мы видимъ, что въ данномъ случаѣ колонна по всей своей высотѣ будетъ испытывать сжатіе, которое, со стороны нагруженной лишь собственнымъ вѣсомъ покрытія, равно только 45 кг. на см^2.; по мѣрѣ приближенія къ крайнимъ волокнамъ противоположной, т.-е. нагруженной полной нагрузкой сторонѣ, сжатіе все увеличивается и наконецъ достигаетъ 485 кг.

При симметричной полной нагрузкѣ сопротивленіе сжатію на 1 кв. см. было бы

$$K = \frac{43000}{129} = 333 \text{ кг. на кв. см.}$$

Изъ этого примѣра видно, насколько важно при односторонней нагрузкѣ колоннъ провѣрять ихъ размѣры на сопротивленіе сжатію. При незначительной сравнительно разницѣ нагрузки съ одной и другой сто-

роны колонны, уже является довольно значительное измѣненіе въ давленіи на единицу поверхности матеріала.

Пока величина K_z положительна, т.-е. пока она представляетъ сжатіе, а не разстяженіе, поднятіе края плиты, лежащей на фундаментѣ и соединенной съ колонной, не имѣетъ мѣста. Если же K_z выражаетъ отрицательную величину, т.-е. растяженіе, то необходимо путемъ особаго скрѣпленія съ каменнымъ основаніемъ предупреждать ея поднятіе.

Д) Деревянныя опоры. Какую бы форму поперечнаго сѣченія ни имѣли деревянныя подпоры, онѣ вообще носятъ названіе столбовъ или стоекъ. Уже самъ матеріалъ въ томъ видѣ, въ какомъ онъ является въ природѣ, какъ нельзя болѣе подходитъ къ примѣненію его для этой цѣли; дерево безъ всякой обдѣлки представляетъ изъ себя готовый столбъ, и если бревно обтесывается или опиливается по шаблону, придавая ему круглую, прямоугольную или многоугольную форму, то это дѣлается съ цѣлью, во-1-хъ, придать дереву большую долговѣчность, удаливъ съ поверхности заболонь, какъ болѣе слабую часть сравнительно съ древесиной, во-2-хъ, чтобы придать столбу болѣе изящную и красивую форму.

Благодаря легкости обработки дерева, формы эти могутъ быть очень разнообразны.

Обладая весьма значительнымъ сопротивленіемъ на сжатіе, растяженіе и изгибъ, дерево во многихъ случаяхъ могло бы съ большимъ успѣхомъ и меньшими затратами замѣнить камень и металлъ; только недолговѣчность его, неспособность сопротивляться внѣшнимъ атмосфернымъ дѣятелямъ, а также сгораемость ограничиваютъ примѣненіе его для столбовъ, этихъ важныхъ частей строенія, несущихъ сосредоточенный грузъ покрытія или стѣнъ, а слѣдовательно, прежде всего требующихъ такого матеріала, огнестойкость и долговѣчность котораго была бы нисколько не меньше, чѣмъ тѣхъ матеріаловъ, изъ коихъ устроены поддерживаемыя ими части строеній. Поэтому деревянныя опоры никогда не слѣдуетъ употреблять для поддержки несгораемыхъ потолочныхъ покрытій или частей каменныхъ стѣнъ. Эти свойства дерева заставляютъ избѣгать употребленія его и для столбовъ снаружи зданія. Вообще надо замѣтить, что крѣпость дерева измѣняется отъ разрушительнаго вліянія сырости и воздуха гораздо скорѣе, чѣмъ въ камнѣ, чугунѣ или желѣзѣ. При обыкновенныхъ условіяхъ, на открытомъ воздухѣ ничѣмъ не защищенное дерево прослужитъ не болѣе 30 лѣтъ. Поэтому при опредѣленіи размѣровъ деревянныхъ стоекъ необходимо придавать имъ значительный запасъ. Если и сохранились до нашего времени нѣкоторыя древнія деревянныя постройки, то только благодаря большому запасу въ размѣрахъ ихъ частей. Внутри помѣщенія дерево сохраняется гораздо лучше и, будучи предохранено съ поверхности отъ вліянія воздуха, сырости или червоточины, можетъ просуществовать болѣе 100 лѣтъ. Поэтому примѣненіе деревянныхъ потолочныхъ покрытій, а также и деревянныхъ столбовъ для нашего отечества, гдѣ еще много дерева, представляется вполнѣ выгоднымъ. Кстати замѣтимъ, что эластичность дерева вмѣстѣ съ годами его существованія на постройкѣ значительно уменьшается.

Принимая все изложенное во вниманіе, дѣлается понятнымъ, почему для дерева степень надежности n берется не менѣе 10; если же оно расположено снаружи и не прикрыто отъ дождя, то этотъ коэффиціентъ увеличивается еще болѣе; очевидно, что это вліяетъ на стоимость подпоръ изъ дерева, и тамъ, гдѣ оно дорого, желѣзо и чугунъ его вытѣсняютъ. Сопротивленіе деревянной стойки можетъ быть опредѣлено по той же формулѣ Эйлера, т.-е.

$$P = \frac{a}{n}\frac{EJ}{l^2};$$

а такъ какъ $\frac{a}{n}$ принимается $= 1$, то $P = \frac{EJ}{l^2}$, откуда $J = \frac{Pl^2}{E}$.

Сопротивленіе дерева внѣшнимъ механическимъ усиліямъ весьма различно даже въ однѣхъ и тѣхъ же породахъ.

Временное сопротивленіе на сжатіе сосны въ среднемъ принимается въ 400 кг., прочное сопротивленіе—60 кг. *), а коэффиціентъ упругости въ 100.000 (до 120.000) кг. на кв. см., слѣдовательно для круглаго столба имѣемъ:

$$P = 1 \cdot \frac{100\,000\,\pi d^4}{64\,l^2} = 4906\frac{d^4}{l^2} \text{ кг. см.}$$

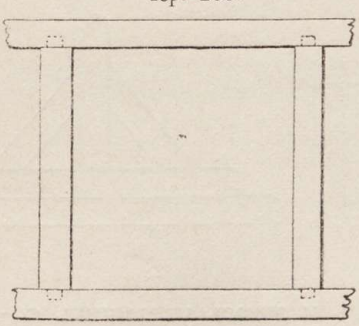
для квадратнаго сѣченія:

$$P = 1 \cdot \frac{1000\,000\,b^4}{12\,l^2} = 8333\frac{b^4}{l^2} \text{ кг. см.}$$

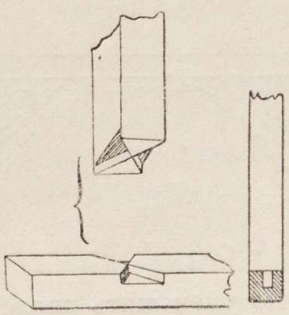
Если выразить P въ тоннахъ, а l въ метрахъ и принять $E = 120000$, то $J = 83\,Pl^2$; если E принять $= 100000$, то $J = 100\,Pl^2$.

Нижніе и верхніе концы деревянныхъ опоръ для увеличенія ихъ сопротивленія закрѣпляются по возможности прочно и неподвижно; иногда для этой цѣли примѣняются желѣзныя скрѣпленія.

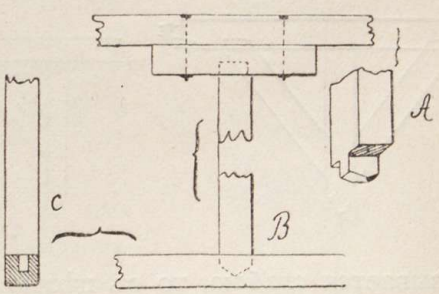
Чер. 288.



Чер. 289.



Чер. 290.

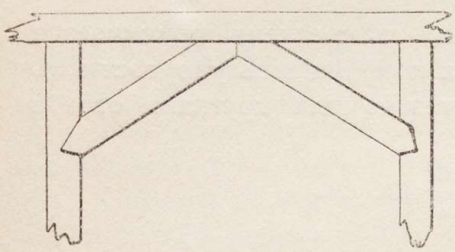


Чтобы передать равномѣрно давленіе отъ цѣлаго ряда деревянныхъ столбовъ, несущихъ какой-нибудь грузъ, ихъ необходимо ставить на общій прогонъ; равнымъ образомъ и вершины всѣхъ стоекъ соединяютъ одной

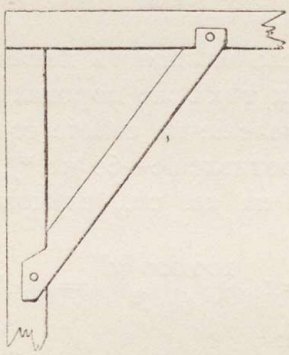
*) Обязательныя постановленія въ Берлинѣ.

общей насадкой, воспринимающей нагрузку, при этомъ закрѣпленіе концовъ стоекъ въ нижній и верхній прогонъ легко достигается врубкой шипами (чер. 288), входящими въ насадку на глубину $^1/_3$ толщины бруса. Нижній конецъ стойки входитъ въ нижній брусъ тоже шипомъ или крестообразной врубкой, какъ показано на чер. 289; послѣдняя врубка болѣе раціональна, такъ какъ даетъ возможность избѣгнуть гнѣзда для шипа и тѣмъ предохранить отъ затеканія воды и предупредить быстрое гніеніе дерева. Этой же цѣли достигаетъ шипъ (чер. 290, *A*, *B* и *C*) съ наклонно срѣзаннымъ торцомъ. Соотвѣтственно такому шипу приготовляется и

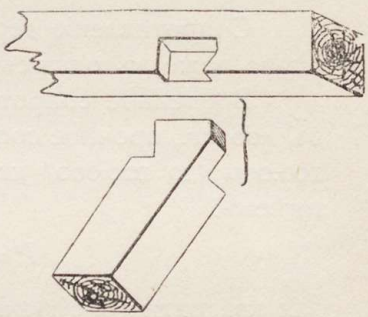
Чер. 291.



Чер. 292.



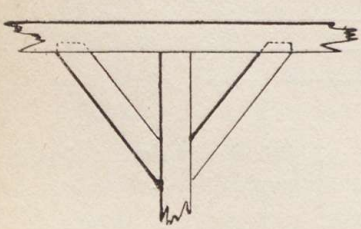
Чер. 293.



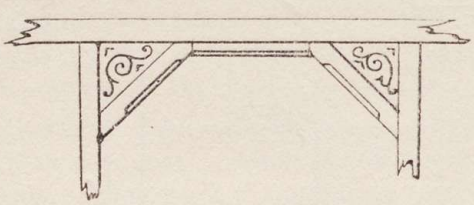
гнѣздо въ нижнемъ брусѣ; въ самой пониженной точкѣ гнѣзда, гдѣ можетъ скопляться вода, высверливается каналъ (на чертежѣ не показанный), черезъ который вода можетъ вытекать.

Величина разстоянія опоръ опредѣляется тяжестью поддерживаемаго груза, эстетическими требованіями и удобствами ихъ расположенія въ строеніи. Если разстояніе между стойками значительно и перекладина ока-

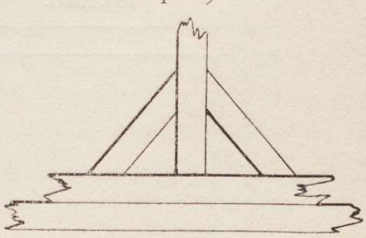
Чер. 294.



Чер. 295.



Чер. 296.

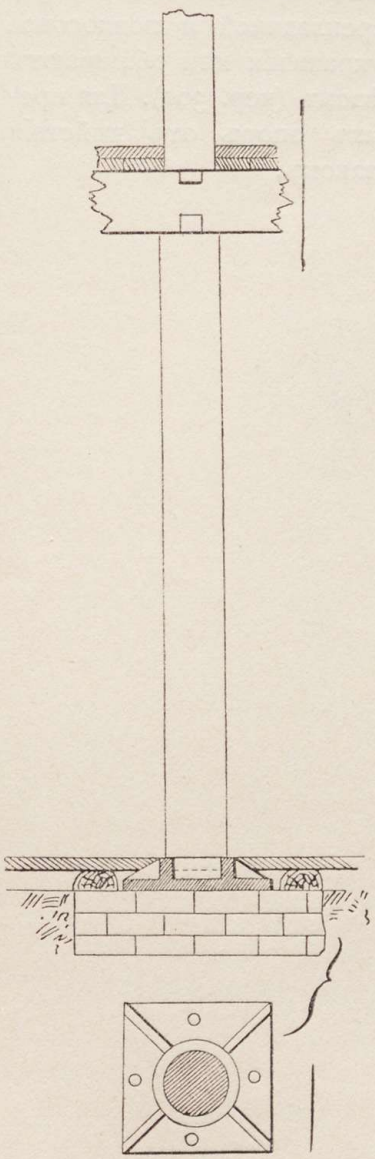


зывается слабою, то съ цѣлью уменьшить пролетъ и этимъ увеличить сопротивленіе перекладины давленію поддерживаемаго груза, устраиваютъ подбалки, подушки (чер. 290) или подкосы (чер. 291, 292 и 294). Для значительнаго уменьшенія пролета употребляютъ длинныя подкладки, подпирая ихъ подкосами (чер. 295). Это укрѣпленіе болѣе соотвѣтствуетъ распредѣленію давленія груза на перекладину. Опоры иногда устраиваются съ раскосами (чер. 296). Особенно рекомендуется сопряженіе подкоса съ

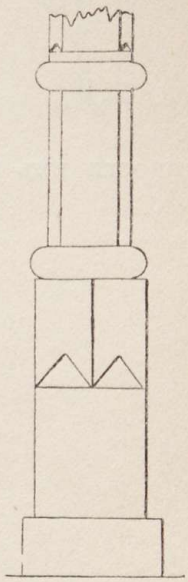
вертикальнымъ и горизонтальнымъ брусомъ, показанное на чер. 292 и детально на чер. 293. Здѣсь вводится болтикъ и врубка лапой, что даетъ возможность сопротивляться подкосу не только сжимающимъ, но и растягивающимъ усиліемъ. Эта врубка очень распространена въ Швейцаріи и Тиролѣ.

Цѣль раскосовъ (чер. 296) та, чтобы устранить возможность уклоненія стоекъ отъ нормальнаго положенія и увеличить сопротивленіе на продольный изгибъ.

Чер. 297.

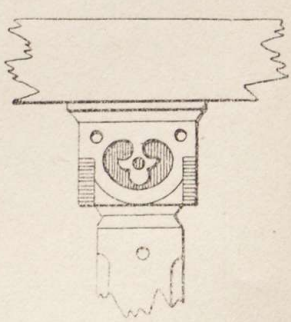


Чер. 298.



Деревяннымъ опорамъ, какъ сказано выше, можно придавать весьма разнообразныя формы и легкія пропорціи. Въ поперечномъ сѣченіи деревянныя стойки имѣютъ обыкновенно форму квадрата со срѣзанными углами или правильнаго многоугольника, рѣдко круга. Послѣдняя форма примѣняется при устройствѣ столбовъ для поддержанія потолочныхъ покрытій на фабрикахъ. При этомъ, въ виду значительнаго сосредоточеннаго груза, столбы устанавливаются на прочныхъ фундаментахъ и нижніе концы ихъ вводятся въ чугунные башмаки (чер. 297), прочно прикрѣпленные къ фундаменту. Форма этихъ башмаковъ соотвѣтствуетъ поперечному сѣченію столба, наподобіе того, какъ это дѣлается для чугунныхъ колоннъ.

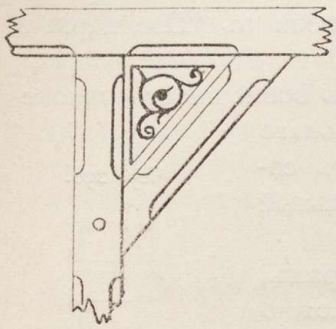
Чер. 299.



Нерѣдко, по высотѣ, опоры обдѣлываются не однообразной призмой, а украшенной разными фигурами и прибитыми галтелями, или же форма сѣченія измѣняется, переходя одна въ другую (чер. 298). Кромѣ рѣзныхъ работъ и прибивныхъ галтелей, украшеніемъ опоры служатъ капители и базы. Первыя образуются небольшими нарѣзками на са-

мой стойкѣ и прибитыми къ ней деревянными галтелями (чер. 299). Базы въ деревянныхъ опорахъ дѣлаются очень рѣдко и замѣняются обкладкой галтелью. Конструктивное назначеніе капителей и базъ здѣсь замѣняютъ подушки, подкладки, подкосы и кронштейны, которые украшаются весьма различно. Самое простое и часто употребляемое украшеніе этихъ частей есть срѣзываніе угловъ — фаски (чер. 300). Въ треугольномъ пространствѣ, образуемомъ стойкой, перекладиной и подкосомъ, помѣщаютъ разныя украшенія или обшиваютъ его досками съ прорѣзомъ (чер. 300). Для предохраненія деревянныхъ опоръ отъ дѣйствія сырости ихъ покрываютъ масляной краской и лакомъ.

Чер. 300.



Своды.

Ст. 4. Своды.

§ 15.

Опредѣленіе сводовъ и номенклатура ихъ частей.

Всякое жилое или нежилое строеніе ограждается сверху покрытіемъ, которое предохраняетъ его внутреннее помѣщеніе отъ неблагопріятныхъ внѣшнихъ вліяній: солнца, снѣга, дождя, вѣтра, мороза и проч. Для нежилыхъ холодныхъ строеній можно ограничиться въ этомъ отношеніи одной только водонепроницаемой крышей; для жилыхъ же строеній этого недостаточно, а необходимо кромѣ того покрытіе особаго устройства, которое, будучи не проницаемо для воды, удовлетворяло бы требованіямъ наименьшей тепло-, а иногда и звукопроводности.

Не касаясь устройства крышъ, разсмотримъ первоначально послѣдній родъ покрытій.

Точно такъ же какъ и стѣны, верхнія огражденія могутъ быть сдѣланы изъ несгораемыхъ матеріаловъ (камня, желѣза, бетона и проч.) или изъ дерева.

По своей конструкціи покрытія раздѣляются на два рода: своды, всегда состоящіе изъ несгораемыхъ матеріаловъ, и потолки, которые могутъ быть устроены изъ весьма разнообразныхъ матеріаловъ, какъ сгораемыхъ, такъ и несгораемыхъ. Въ виду того, что несгораемыя потолочныя покрытія нерѣдко устраиваются сводчатыя, мы сперва разсмотримъ своды, а затѣмъ уже перейдемъ къ описанію устройства потолковъ.

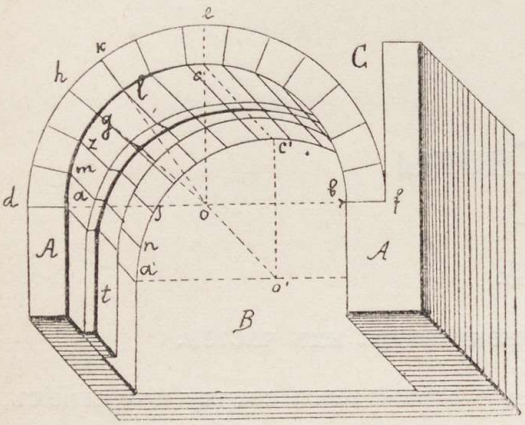
Точно такъ же какъ и стѣны, своды складываются изъ отдѣльныхъ камней, которые однако могутъ быть ничѣмъ не связаны и находится въ равновѣсіи только благодаря своей формѣ и взаимному расположенію. Слѣдовательно, сводъ можно опредѣлить какъ каменное покрытіе, состоящее изъ отдѣльныхъ камней, ничѣмъ другъ съ другомъ не связанныхъ, которые благодаря своимъ размѣрамъ, формѣ и взаимному расположенію, передаютъ, какъ

свой собственный вѣсъ, такъ и грузъ, на нихъ лежащій, на опоры.

Типичную форму каменнаго свода представляетъ горизонтальный полуцилиндръ, первая и послѣдняя производящія котораго расположены на опорахъ (чер. 301).

Если мы представимъ себѣ, что этотъ полуцилиндръ имѣетъ извѣстную толщину *kl*, слѣдовательно ограниченъ внутренними и наружными концентрическими поверхностями и состоитъ изъ отдѣльныхъ каменныхъ клиньевъ, постели которыхъ направлены по радіусамъ цилиндра, то мы получимъ такъ назыв. цилиндрическій сводъ.

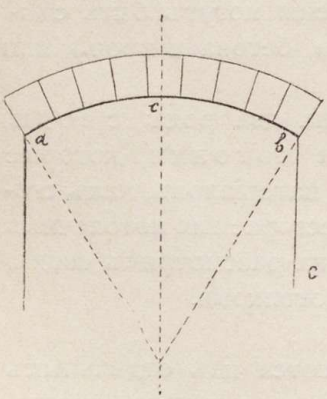
Чер. 301.



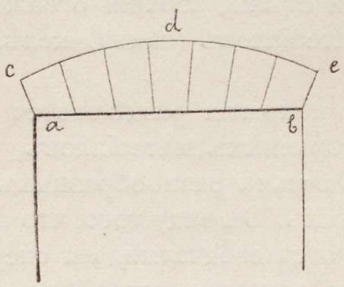
Если направляющая полуцилиндра будетъ не полный полукругъ, а какая-нибудь часть его, напр., линія *acb* (чер. 302), то получается плоское каменное сводчатое покрытіе, называемое лучковымъ сводомъ.

Идя далѣе и ограничивая сводъ снизу горизонтальной плоскостью, вертикальная проекція которой выразится на чер. 303 линіей *ab*, и оставляя наружную его поверхность криволинейною *cde*, мы и въ этомъ случаѣ получимъ каменное прикрытіе, называемое перемычкой, вполнѣ подходящее подъ вышеприведенное опредѣленіе свода, несмотря на то, что съ нижней своей поверхности оно по виду ничѣмъ не будетъ отличаться отъ горизонтальнаго покрытія.

Чер. 302.



Чер. 303.

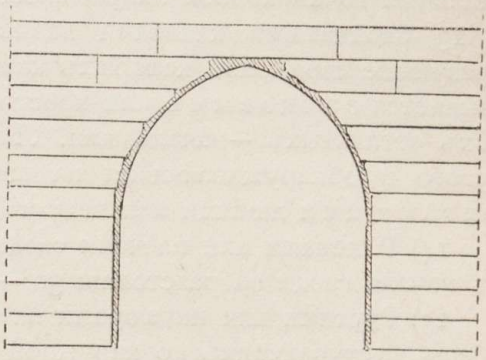


Съ другой стороны, мы можемъ себѣ представить надъ какимъ-нибудь пролетомъ криволинейное покрытіе, состоящее изъ сплошной твердой массы, изъ монополита; такое покрытіе хотя и будетъ по внѣшнему виду совершенно сходно со сводомъ, но, строго говоря, оно можетъ быть названо лишь сводообразнымъ покрытіемъ, но не сводомъ, хотя на практикѣ такое покрытіе носитъ названіе сводчатаго.

Равнымъ образомъ мы можемъ устроить каменное криволинейное покрытіе съ помощью постепеннаго спуска камней (чер. 304) со стѣны до

тѣхъ поръ, пока оба свѣса не сойдутся настолько, чтобы можно было перекрыть оставшійся пролетъ однимъ камнемъ. Обтесавъ нагрубо спуски по шаблону и оштукатуривъ поверхность, мы получаемъ видъ правильнаго возвышеннаго свода, который однако по своимъ свойствамъ и конструкціи совершенно не отвѣчаетъ принятому нами опредѣленію для сводовъ, состоящихъ изъ клиновидныхъ камней, и называется покрытіемъ свѣшивающимися рядами. Какъ въ сплошномъ монолитномъ покрытіи, такъ и въ свѣшивающемся, отсутствуетъ самая характерная черта сводовъ, это — клиновидная форма камней, благодаря которой сводъ производитъ на опоры не только вертикальное давленіе, но и горизонтальное усиліе, называемое распоромъ.

Чер. 304.



Если сводъ перекрываетъ пространство незначительной длины сравнительно съ его пролетомъ, напр., отверстія въ стѣнахъ, то его принято называть аркой, и если такая арка ограничена снизу горизонтальной плоскостью, какъ это мы видѣли на чер. 303, то она называется перемычкой.

Остановимся первоначально на номенклатурѣ частей свода (чер. 301).

1) **Опорами** (*A* и *A*) называются стѣны или столбы перекрываемаго помѣщенія, на которые сводъ опирается и которые могутъ сопротивляться его давленію и распору.

2) **Щековыми стѣнами** называютъ ограничивающія перекрываемое сводомъ помѣщеніе стѣны, которыя не служатъ опорою для свода, напр., на чер. 301 задняя стѣнка *B*.

3) **Щекою** свода называютъ сѣченіе его вертикальной плоскостью, перпендикулярно къ оси, въ началѣ и въ концѣ свода. На щековой поверхности обнаруживается толщина свода, обозначенная въ нашемъ примѣрѣ кривыми *acb* и *def*.

4) **Внутреннею поверхностью** называется поверхность, ограничивающая сводъ снизу.

5) **Осью свода** называется линія *oo*, по которой перемѣщается центръ дуги при образованіи свода.

6) **Кривой направляющей свода** (*acb*) называется линія, опредѣляющая форму внутренней поверхности свода.

7) **Вершиною свода** (*c*) называется высшая точка кривой направляющей свода, а линія *cc'*, описанная этой точкой при образованіи внутренней поверхности, называется шелыгою свода.

8) **Началомъ** свода называется нижняя часть его, непосредственно расположенная на опорахъ.

9) **Пятою** свода называется верхняя поверхность опоры (*daa'*), на ко-

торой расположено начало свода. Плоскость, въ которой находится эта пята, называется плоскостью началъ или пятъ свода.

10) **Начальными линіями** (aa') называются линіи, происшедшія отъ пересѣченія внутренней поверхности свода съ плоскостью началъ.

11) **Отверстіемъ** свода называется горизонтальная проекція разстоянія между двумя начальными точками a и b кривой направляющей acb.

12) **Подъемомъ**, выносомъ или стрѣлою свода называется перпендикуляръ (co), опущенный изъ вершины свода на линію, соединяющую двѣ начальныя точки кривой направляющей.

13) **Сводчатыми** клиньями называются клинообразные камни ($ghkl$), образующіе сводъ, изъ которыхъ камень (ce), лежащій на вершинѣ кривой, называется замковымъ или просто замкомъ, а камни, лежащіе ниже всѣхъ остальныхъ,—начальными. Линіи, раздѣляющія клинья одинъ отъ другого и обнаруживающіяся на щековой поверхности, называются сопрягающими линіями или швами (gh, kl).

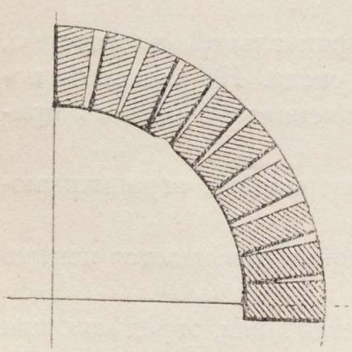
14) **Раменами** или плечами свода называются части свода, отстоящія отъ начала свода на разстояніи 30^0—50^0.

15) **Гуртами** или **нервюрами** называются утолщенія сводовъ въ видѣ реберъ, выступающихъ по наружной или внутренней поверхности свода и расположенныхъ или по кривой направляющей свода, какъ это показано на нашемъ чертежѣ (301 t), или по діагоналямъ, какъ въ сводахъ крестовыхъ и готическихъ.

16) **Пазухой** свода C называется пространство между двумя, рядомъ расположенными, внѣшними поверхностями сводовъ или между внѣшней поверхностью свода и продолженіемъ опоры. Пазухи обыкновенно заполняются горизонтальной кладкой.

Своды устраиваются или изъ крупныхъ клиновидныхъ камней, правильно по шаблону обтесанныхъ или изъ кирпича почти безъ всякаго измѣненія его формы. Въ первомъ случаѣ швы получаются равномѣрной и очень незначительной толщины, при чемъ растворъ существеннаго значенія не имѣетъ; при кирпичной же кладкѣ, наоборотъ, шовъ по своей длинѣ имѣетъ неравномѣрную толщину, значительно расширяясь къ верхней поверхности свода (чер. 305) и заполненіе такихъ швовъ растворомъ играетъ очень важную роль какъ для передачи давленія отъ одного камня другому, такъ и для сцѣпленія ихъ между собою. Очевидно, что въ послѣднемъ случаѣ измѣняется и распредѣленіе усилій въ сводѣ, при этомъ, чѣмъ крѣпче связь между камнями и чѣмъ больше весь массивъ свода приближается къ монолиту, тѣмъ меньше будетъ горизонтальное усиліе, передаваемое на опоры.

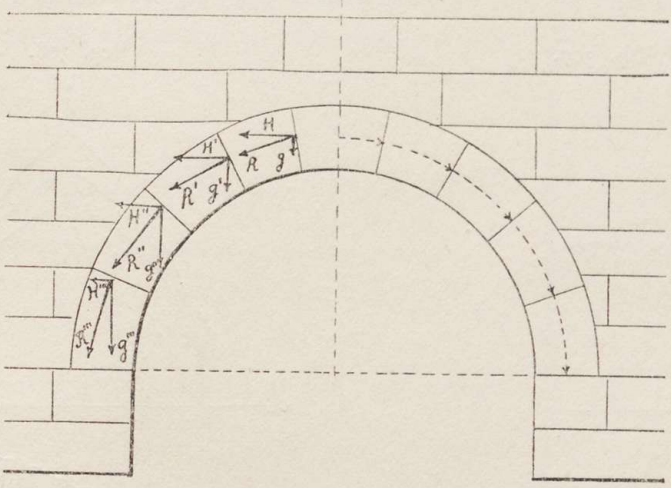
Чер. 305.



Чтобы уяснить себѣ расположеніе усилій въ сводѣ, разсмотримъ сводъ, состоящій изъ крупныхъ клиновидныхъ камней, ничѣмъ другъ съ другомъ не связанныхъ (чер. 306). Мы видимъ, что вѣсъ R самаго верхняго камня

вмѣстѣ съ грузомъ, на немъ лежащимъ, передается сосѣднимъ клиньямъ, которые, воспринявъ это давленіе, передаютъ его вмѣстѣ съ своимъ собственнымъ вѣсомъ и грузомъ, на нихъ лежащимъ, въ свою очередь, слѣдующимъ камнямъ и т. д.; при этомъ усиліе R, R', R'', R''' каждаго камня, дѣйствующее нормально къ плоскости постели, можно разложить на двѣ составляющія: горизонтальную H и вертикальную g. Ломаная непрерывная линія, состоящая изъ равнодѣйствующихъ силъ (R, R' и т. д.), представляетъ такъ называемую линію давленія, т.-е. ту линію, по направленію которой можно себѣ представить передачу давленія отъ одного камня другому; разлагая же эти давленія на составляющія, мы видимъ, что своды передаютъ на опоры не только вертикальное давленіе, но и горизонтальное усиліе, называемое распоромъ.

Чер. 306.



Происхожденіе сводовъ скрывается въ глубокой древности. Римляне первые, которые дали обширное примѣненіе сводамъ, перешедшимъ къ нимъ отъ этрусковъ *). Введеніе сводовъ во многомъ измѣнило употреблявшіяся тогда архитектурныя конструкціи, такъ какъ относительно опоръ явилась сила, дѣйствующая нормально къ ихъ направленію, тогда какъ до того времени опоры предназначались только для принятія вертикальнаго усилія.

При горизонтальныхъ каменныхъ покрытіяхъ камни подвержены изламывающему усилію; въ сводахъ же главнымъ образомъ болѣе прочному усилію—сдавливающему. Кромѣ того, каменное горизонтальное перекрытіе требуетъ большихъ камней, для сводовъ же могутъ быть употреблены болѣе мелкіе камни, при чемъ растворъ, какъ было указано выше, для кирпичныхъ сводовъ играетъ весьма важную роль.

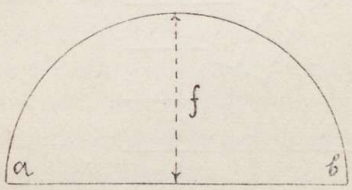
*) Этрусскіе зодчіе построили въ Римѣ въ царствованіе Тарквиніевъ извѣстную „Cloaca maxima“, сточный каналъ, пролетомъ почти въ 7 метр., покрытый сводомъ изъ вулканическаго туфа. Сводъ этотъ сложенъ вполнѣ правильно и состоитъ изъ трехъ отдѣльныхъ кольцевыхъ арокъ. Онъ уже болѣе 2.000 лѣтъ сопротивляется огромному лежащему на немъ давленію.

§ 16.

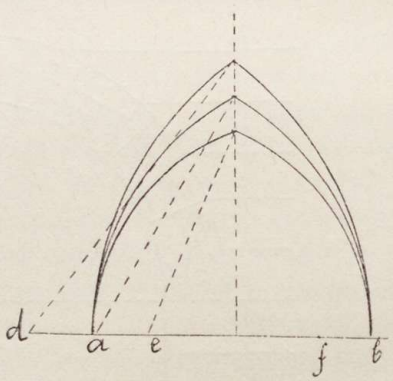
Формы сводовъ и начертаніе кривыхъ направляющихъ.

Разсматривая различныя формы сводовъ, мы увидимъ, что основной формой всѣхъ ихъ служитъ цилиндрическій сводъ (чер. 301) и всѣ разнообразныя его видоизмѣненія, зависящія отъ перемѣны положенія и формы кривой направляющей. Такъ, если въ этой кривой отношеніе подъема къ отверстію (чер. 307) $> 1/2$, то сводъ или арка называются возвышенными. При отношеніи $\frac{f}{ab} < 1/2$ сводъ принимаетъ названіе лучковаго или сжатаго. При отношеніи $\frac{f}{ab} < 1/4$, сводъ называется плоскимъ. Если кривая направляющая не представляетъ сомкнутой кривой,

Чер. 307.

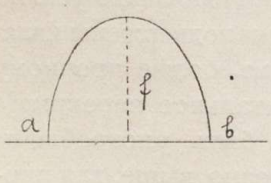


Чер. 308.



а состоитъ изъ двухъ половинъ, образующихъ въ шелыгѣ уголъ, то сводъ называется стрѣльчатымъ или готическимъ (чер. 308), при чемъ стрѣлка можетъ быть полная, возвышенная и плоская, смотря по тому, находятся ли точки, изъ которыхъ описываются кривыя, внутри пролета, внѣ его или совпадаютъ съ начальными точками *a* и *b*. Стрѣлка вообще принадлежитъ къ числу возвышенныхъ кривыхъ, такъ какъ въ ней подъемъ всегда больше $1/2$ пролета. Точно такъ же къ кривымъ возвышеннымъ нужно отнести эллиптическіе своды, въ которыхъ за кривую направляющую принятъ эллипсъ, при чемъ малая его ось опредѣляетъ отверстіе свода, а $1/2$ большой оси — подъемъ (чер. 309). При обратномъ расположеніи, т.-е. когда отверстіе свода равно длинѣ большой оси эллипса, а подъемъ — малой, то сводъ называется плоскоэллиптическимъ (чер. 310).

Чер. 309.



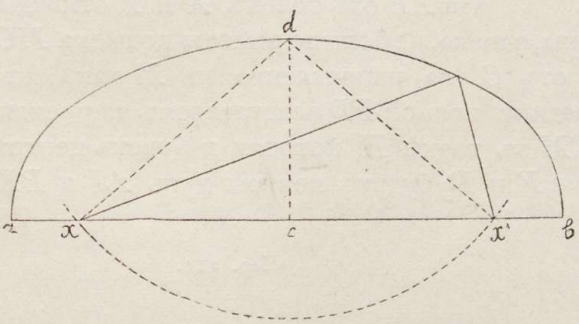
Эллиптическая кривая направляющая, при заданномъ пролетѣ *ab* (чер. 310) и подъемѣ *cd*, получается въ натурѣ путемъ натягиванія шнура,

прикрѣпленнаго въ фокусахъ эллипса x, x', какъ это показано пунктиромъ; перемѣщеніе точки d, въ которой поставленъ вертикально карандашъ, опишетъ кривую. Точки x и x_1 получаются, засѣкая прямую ab изъ точки d радіусомъ, равнымъ линіи ac, т.-е. полупролету.

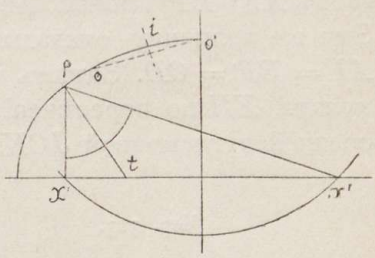
Точно такъ же за кривую направляющую можетъ быть принята гипербола, парабола и друг. и тогда сводъ получаетъ соотвѣтственныя названія.

Хотя эллиптическая кривая даетъ въ натурѣ очень красивый сводъ, отнимающій по высотѣ помѣщенія меньше мѣста, чѣмъ полуциркульный, но при возведеніи его представляется неудобство въ опредѣленіи для каждаго шва нормальной линіи къ кривой направляющей. Эта нормальная опредѣляется слѣдующимъ образомъ (чер. 311): точку p соединяютъ съ фокусами x и x' и полученный уголъ раздѣляютъ пополамъ; линія дѣленія даетъ въ точкѣ p нормальную къ кривой. Другой способъ полученія нормальной заключается въ томъ, что по обѣимъ сторонамъ, напр., точки i (чер. 311) откладываютъ равныя разстоянія до o и o'; перпендикуляръ къ полученной прямой oo' дастъ нормальную въ точкѣ i.

Чер. 310.



Чер. 311.



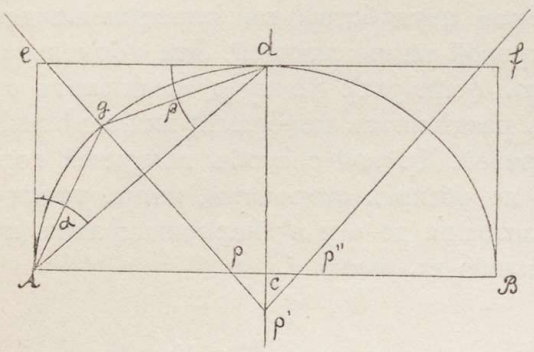
Во всякомъ случаѣ, такое нахожденіе нормали для каждаго шва эллиптическаго свода представляетъ затрудненіе; поэтому на практикѣ, въ большинствѣ случаевъ, эллиптическая кривая замѣняется кривою изъ нѣсколькихъ центровъ, или такъ наз. коробовою кривою. Она состоитъ изъ нѣсколькихъ касательныхъ дугъ круга разныхъ діаметровъ и описанныхъ изъ разныхъ центровъ. Въ общемъ, получается плавная сомкнутая кривая, похожая на эллипсъ. Такъ какъ центръ дуги, содержащей вершину, долженъ непремѣнно находиться на одномъ перпендикулярѣ съ вершиной, то для составленія кривой число центровъ всегда будетъ нечетное. Наименьшее число центровъ, изъ которыхъ можетъ быть описана коробовая кривая (если линія, соединяющая двѣ начальныя ея точки, расположена горизонтально), есть 3. Мы здѣсь укажемъ на наиболѣе примѣняемыя на практикѣ коробовыя кривыя о 3-хъ центрахъ. Для начертанія этой кривой съ цѣлью получить кривую, близко подходящую по формѣ къ эллиптической, поступаютъ слѣдующимъ образомъ:

Положимъ, что мы имѣемъ пролетъ AB и подъемъ cd (чер. 312); черезъ A и B проводятъ вертикали Ae и Bf, черезъ d горизонталь ef; въ

полученныхъ прямоугольникахъ чертятъ діагональ Ad и углы α и β раздѣляютъ пополамъ; изъ точки g пересѣченія дѣлящихъ линій опускаютъ перпендикуляръ на Ad, продолжая который, получаемъ центры p, p'' и p', изъ коихъ первые два для боковыхъ кривыхъ, а p' для кривой, проходящей черезъ вершину.

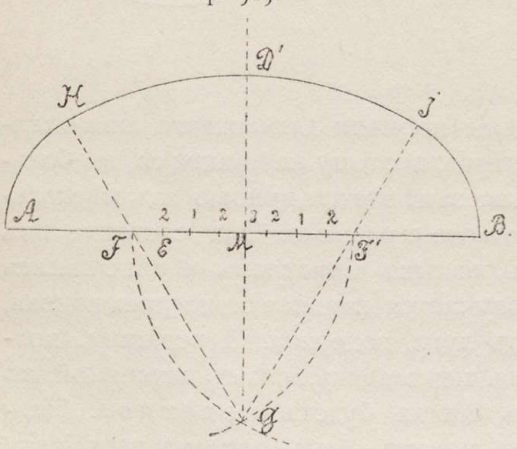
Другой способъ состоитъ въ томъ, что отъ A и B (чер. 313) откладываютъ величину $AE = MD'$ и линію EM дѣлятъ на 3 равныя части, изъ которыхъ одну EF наносятъ по направленію MA. Построивъ изъ этихъ точекъ правильную стрѣлку, мы получимъ точку g, отъ которой черезъ F и F' проведемъ прямыя GF и GF'. Затѣмъ изъ точекъ F, g и F' опишемъ дуги AH, HJ, JB.

Чер. 312.

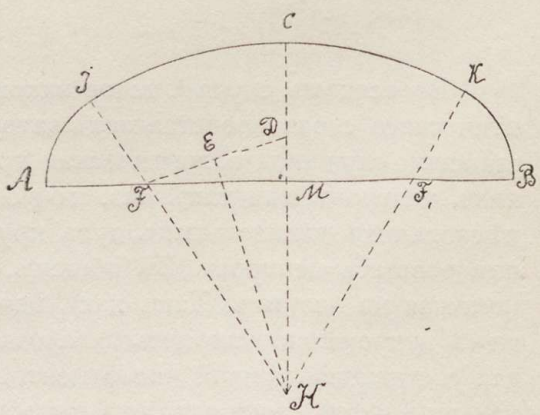


Наконецъ, третій способъ начертанія коробовой кривой дѣлается слѣдующимъ образомъ (чер. 314). На AB отъ точекъ A и B откладываемъ AF и BF' произвольной длины, однако, не больше высоты подъема MC. Эту же величину откладываемъ отъ C, по направленію къ M такъ, что $AF = BF' = CD$. Затѣмъ изъ средины прямой FD возставляемъ перпендикуляръ EH до пересѣченія съ CM въ точкѣ H, которая и будетъ центръ средней дуги кривой JCK, а точки F и F' будутъ центры дугъ AJ и BK.

Чер. 313.



Чер. 314.

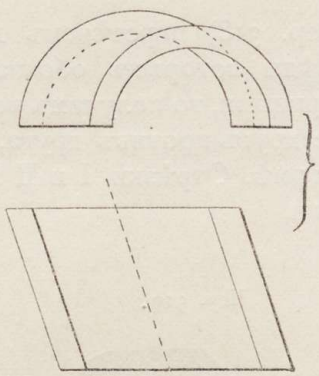


При этомъ замѣтимъ, что чѣмъ меньше величина $AF = BF'$, тѣмъ круче средняя дуга JCK и наоборотъ. Кстати замѣтимъ, что коробовыя кривыя примѣняются лишь въ томъ случаѣ, если подъемъ свода не менѣе $^1/_3$ пролета.

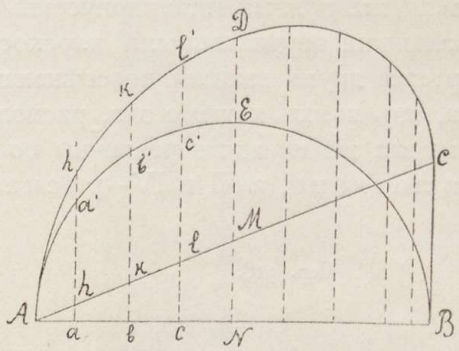
Во всѣхъ видоизмѣненіяхъ кривыхъ направляющихъ, разсмотрѣнныхъ нами до сихъ поръ, начальныя плоскости были на одной горизонтали. Такіе

своды и арки, если ихъ ось перпендикулярна къ плоскости щекъ, называются прямыми; если же ось не перпендикулярна къ плоскости щекъ, то косыми (чер. 315). Если начальныя точки кривой направляющей не находятся на одной горизонтальной линіи, то арка получаетъ названіе ползучей (чер. 316), при чемъ эта кривая очерчивается слѣдующимъ образомъ: на AB, горизонтальной проекціи пролета очерчивается изъ N, какъ изъ центра, полукругъ AEB, на которомъ берутъ произвольное число то-

Чер. 315.



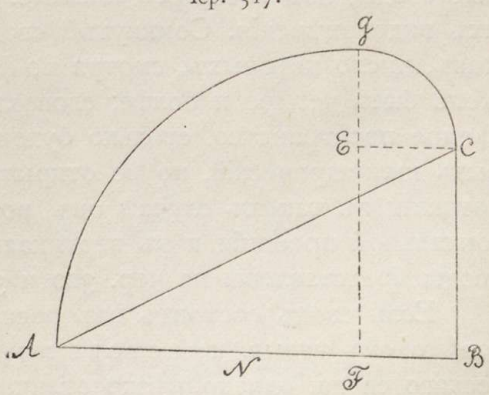
Чер. 316.



чекъ a', b', c' . . . и черезъ нихъ проводятъ вертикальныя линіи aa', bb', cc', NE . . . затѣмъ отъ точекъ h, k, l, M . . . пересѣченія наклонной AC съ этими вертикальными линіями, откладываютъ на послѣднихъ величины $hh' = aa'$, $kk' = bb'$, $ll' = cc'$, $MD = NE$ и т. д.; такимъ образомъ получимъ рядъ точекъ A, h', k', l', D и т. д., которыя соединяя кривой линіей отъ руки, получимъ требуемую кривую.

Форма ползучей направляющей въ большинствѣ случаевъ употребляется при устройствѣ сводовъ подъ каменныя лѣстницы. Если подъемъ маршей равенъ $^1/_2$ заложенія, что чаще всего практикуется, то черченіе кривой производится посредствомъ дугъ круга слѣдующимъ образомъ (чер. 317). Дана горизонтальная AB, назначаемъ длину марша AC, при чемъ $BC = BN = {}^1/_2 AB$. Изъ F, середины NB, возставляемъ перпендикуляръ FG и изъ C проведемъ $CE \parallel AB$ до пересѣченія ея съ GF въ точкѣ E, тогда очевидно $CE = BF = {}^1/_2 BN = {}^1/_4 AB$. Далѣе откладываемъ на GF величину $GE = CE$ и мы получимъ G вершину ползучей кривой. Тогда изъ точекъ F и E, какъ изъ центровъ, описываемъ дуги AG и GC. Этотъ способъ представляетъ то удобство, что здѣсь имѣются центры, которые даютъ

Чер. 317.

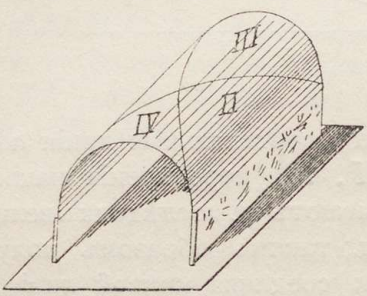


возможность, при возведеніи арокъ или свода, соблюдать надлежащее положеніе сопрягающихъ швовъ.

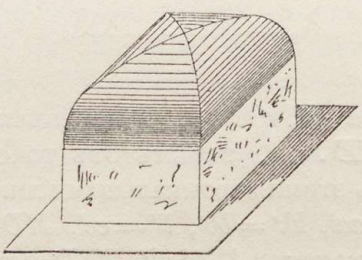
Формы сводовъ. На чер. 318 изображенъ схематически правильный цилиндрическій сводъ въ томъ видѣ, въ какомъ представляется его внутренняя поверхность. Начальныя прямыя этого свода располагаются на двухъ опорныхъ стѣнахъ. Такой сводъ, не имѣющій щековыхъ стѣнъ, назыв. открытымъ. Если за кривую направляющую принять не полный полукругъ, а часть его, то мы получимъ плоскій цилиндрическій сводъ, назыв. лучковымъ.

Если мы полный цилиндрическій сводъ (чер. 318) пересѣчемъ двумя діагональными вертикальными плоскостями, слѣды которыхъ обозначены на чертежѣ двумя взаимно пересѣкающимися кривыми, то получимъ четыре срѣзка, изъ коихъ каждые два, расположенные другъ противъ друга, одинаковы; два же смежные различны по своей формѣ. Отрѣзки I и II называются лотками, а III и IV—распалубками.

Чер. 318.



Чер. 319.

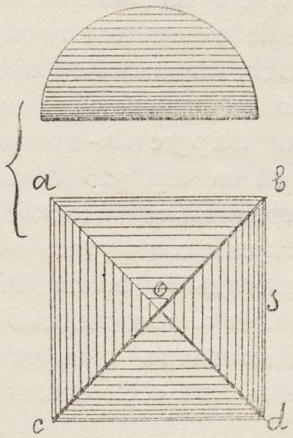


Пользуясь этими двумя формами отрѣзковъ цилиндрическаго свода и располагая ихъ различнымъ образомъ, мы можемъ комбинировать различные своды, изъ которыхъ главные: сводъ сомкнутый и крестовый и всѣ ихъ видоизмѣненія. Сомкнутый сводъ (чер. 319) состоитъ изъ однихъ лотковъ, число которыхъ, смотря по формѣ перекрываемаго пространства, можетъ быть четыре и болѣе; словомъ, сколько сторонъ имѣетъ перекрываемое пространство, столько будетъ и лотковъ въ сводѣ. Сводъ можетъ быть цилиндрическій, но не открытый, какъ на чер. 318, а заканчиваться лотками; въ такомъ случаѣ онъ носитъ названіе лоткового. Въ горизонтальной проекціи и въ вертикальномъ разрѣзѣ сомкнутый и лотковый своды представлены на чер. 320 и 321.

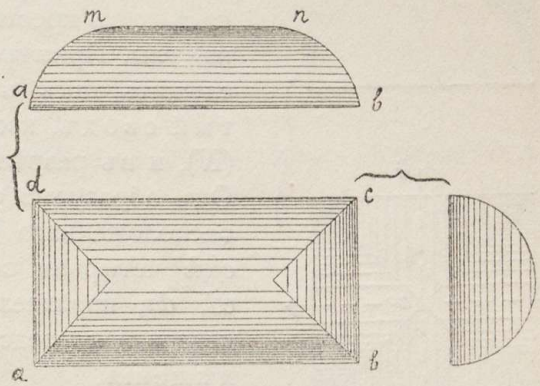
Если сводъ состоитъ изъ распалубокъ, какъ это изображено на чер. 322, то онъ назыв. крестовымъ и, хотя и происходитъ отъ цилиндрическаго свода, однако, рѣзко отличается отъ него и отъ предшествовавшихъ формъ. Отличіе это заключается главнымъ образомъ въ томъ, что въ крестовомъ сводѣ все давленіе передается, какъ это видно изъ чертежа, на четыре опорныя точки. Въ горизонтальной и вертикальной проекціи этотъ сводъ изображенъ на чер. 323.

Принявъ за направляющую кривую не полукругъ, а стрѣлку, мы получаемъ стрѣльчатыя распалубки, изъ которыхъ состоитъ стрѣльчатый или готическій крестовый сводъ (чер. 324).

Чер. 320.

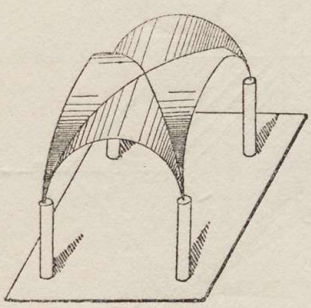


Чер. 321.

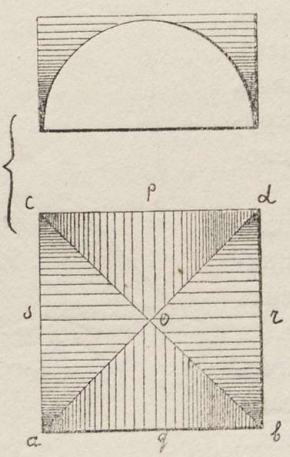


Если мы въ простомъ крестовомъ сводѣ приподнимемъ шелыги такъ, что вершина o (чер. 325) будетъ расположена выше наивысшихъ точекъ 1, 2, 3 и 4, лежащихъ на щековыхъ кривыхъ направляющихъ, то мы получимъ вспарушенный крестовый сводъ, который часть своего вѣса передаетъ и на щековыя стѣны, если таковыя имѣются.

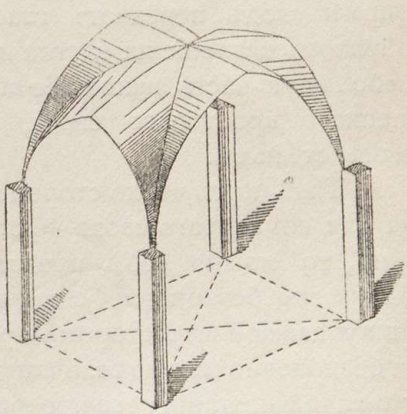
Чер. 322.



Чер. 323.



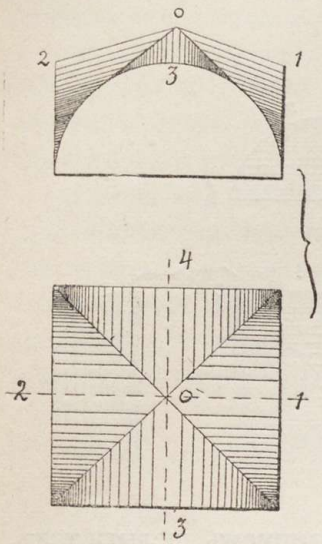
Чер. 324.



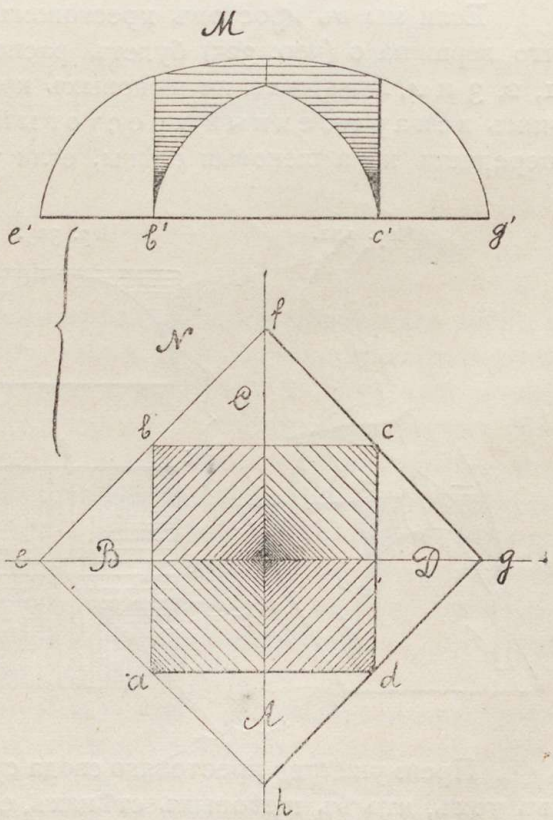
Преимущество крестоваго свода сравнительно съ сомкнутымъ состоитъ въ томъ, что въ щековыхъ стѣнахъ, его ограничивающихъ, очень легко и удобно устраиваются оконныя или дверныя отверстія. Стѣны эти или совсѣмъ не принимаютъ участія въ сопротивленіи давленію свода, которое передается исключительно на углы, или нагружены весьма мало; поэтому ихъ можно безопасно ослаблять отверстіями. Сомкнутый сводъ, на-

противъ того, передаетъ все свое давленіе на опорныя стѣны, при чемъ, по мѣрѣ приближенія къ угламъ стѣнъ, вѣсъ свода уменьшается, а наибольшее давленіе проявляется въ серединѣ стѣнъ, именно въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ обыкновенно устраиваются отверстія. Это неудобство сомкнутаго свода повело къ различнымъ его видоизмѣненіямъ, благодаря которымъ давленіе передается такъ же, какъ и въ крестовомъ сводѣ, главнымъ образомъ, на углы. Примѣромъ такого видоизмѣненія можетъ служить такъ называемый парусно-сомкнутый сводъ, изображенный на чер. 326 въ планѣ (*N*), и въ разрѣзѣ (*M*) вертикальной плоскостью, Онъ образуется отъ пересѣченія сомкнутаго свода, расположеннаго надъ квадратнымъ помѣщеніемъ *efgh* четырьмя вертикальными плоскостями *ab*, *bc*, *cd*, *da*, параллельными діагоналямъ означеннаго квадрата и представляющимъ изъ себя стѣны помѣщенія, перекрываемаго сомкнуто-паруснымъ сводомъ; слѣдовательно, этотъ сводъ можно разсматривать какъ часть сомкнутаго свода, у котораго отрѣзаны вертикальными плоскостями четыре срѣзки *A*, *B*, *C*, *D* (чер. 326 *N*). При такой формѣ сводъ передаетъ главнымъ образомъ давленіе на 4 угла и лишь небольшую часть, наподобіе вспарушеннаго кростоваго свода, щековымъ стѣнамъ.

Чер. 325.



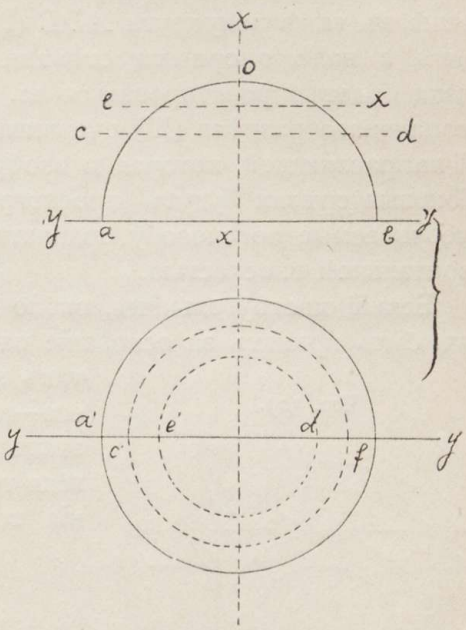
Чер. 326.



Такъ какъ число сторонъ плана для сомкнутаго свода не ограничено, то можно себѣ представить число это безконечно великимъ и длину каждой изъ сторонъ принять за безконечно малую величину, такъ что начальная линія его превратится въ сомкнутую кривую, ребра свода исчезнутъ и изъ сомкнутаго свода произойдетъ куполъ. На практикѣ такой сводъ, очень трудно вывести, если начальная линія не представляетъ круга, а какую-либо другую кривую. Если начальная кривая кругъ, то сводъ даетъ во всѣхъ вертикальныхъ сѣченіяхъ, проведенныхъ черезъ его вершину, одинаковыя кри-

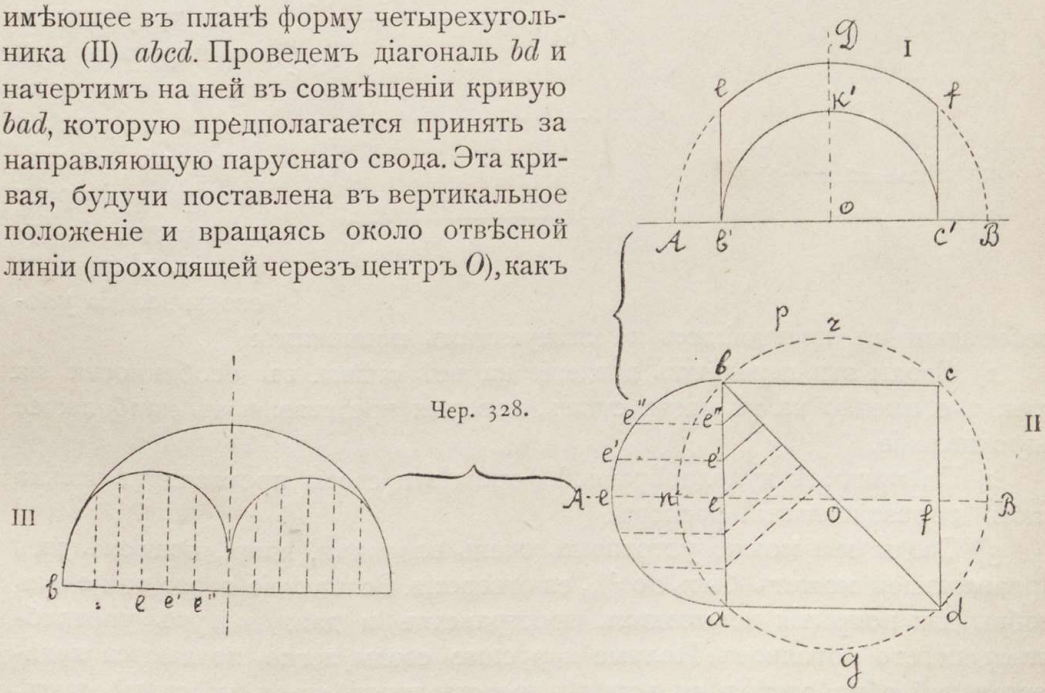
выя и во всѣхъ вертикальныхъ сѣченіяхъ, проведенныхъ въ другихъ какихъ-либо мѣстахъ, различныхъ діаметровъ круги. Куполъ можно еще себѣ представить происшедшимъ отъ вращенія четверти круга *ao* (чер. 327) около вертикальной оси *xx* или отъ вращенія полукруга *aob* около горизонтальной оси *yy*. Всѣ плоскости, проведенныя черезъ ось, пересѣкаютъ этотъ шаровидный сводъ по кривымъ, равнымъ кривой направляющей. Сѣченія, перпендикулярныя къ оси, даютъ всегда круги. Вмѣсто круга за образующую кривую можетъ быть принята $^1/_2$ эллипса, параболы, гиперболы, коробовой линіи и т. д., тогда куполъ, вмѣсто сферическаго или шаровиднаго, получаетъ названія, соотвѣтствующія этимъ кривымъ.

Чер. 327.



Если мы представимъ себѣ, что части купольнаго свода срѣзаны вертикальными плоскостями, соотвѣтственно размѣрамъ покрываемаго помѣщенія, то мы получимъ парусный сводъ (чер. 328 I, II и III). Положимъ, что намъ нужно покрыть помѣщеніе, имѣющее въ планѣ форму четырехугольника (II) *abcd*. Проведемъ діагональ *bd* и начертимъ на ней въ совмѣщеніи кривую *bad*, которую предполагается принять за направляющую паруснаго свода. Эта кривая, будучи поставлена въ вертикальное положеніе и вращаясь около отвѣсной линіи (проходящей черезъ центръ *O*), какъ около оси, образуетъ купольную поверхность, которая, встрѣчаясь со стѣнами, получаетъ срѣзки: *anb*, *agd*, *dBc* и *crb*.

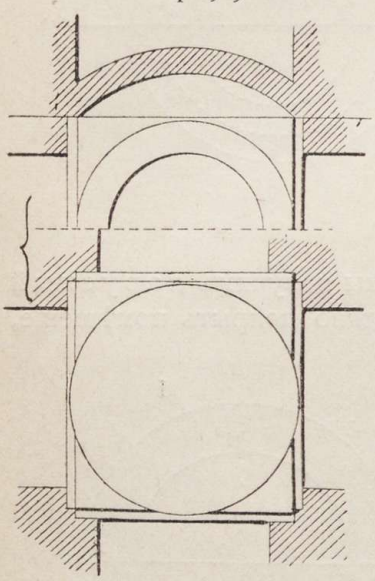
Чер. 328.



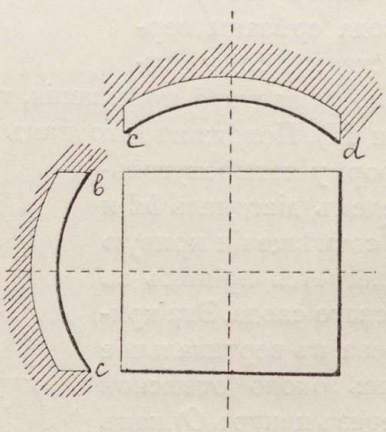
Для изображенія свода въ разрѣзѣ по линіи *nB* представимъ себѣ, что производящая приняла положеніе, параллельное плоскости разрѣза; тогда она изобразится на вертикальной проекціи въ настоящей своей величинѣ въ видѣ полукруга *ADB* (I), при чемъ части этой кривой срѣзываются, а надъ опорными стѣнами остается лишь часть ея *eDf*. Задняя срѣзка будетъ проектироваться въ видѣ полукруга *b'k'c'*. Для полученія діагональнаго разрѣза (III) очерчиваемъ полукругъ, соотвѣтствующій кривой направляющей, которая и изобразится въ настоящей своей величинѣ, а боковыя срѣзки будутъ проектироваться въ видѣ 2-хъ полуэллипсовъ, вычерчиваемые по способу ординатъ, совмѣстивъ полукругъ *aeb* (II) съ горизонтальной плоскостью.

Всякій многоугольникъ, около котораго описывается окружность, можетъ быть принятъ за основаніе паруснаго свода. Чер. 329 представляетъ такъ наз. полный парусный сводъ. Основаніе его—квадратъ, а не прямоугольникъ. Сводъ этотъ опирается на подпружныя арки. Проведя горизонтальную плоскость черезъ верхнія точки подпружныхъ арокъ, внутренняя поверхность свода раздѣлится на 5 частей, изъ которыхъ 4, лежащія подъ плоскостью, называются треугольными парусами или просто парусами, а круглая верхняя часть, имѣющая форму сегмента,—скуфьею. Парусные своды весьма употребительны въ постройкахъ по слѣдующимъ причинамъ:

Чер. 329.



Чер. 330.



1) Своды эти передаютъ давленіе на всѣ стѣны, въ особенности на углы, т.-е. именно на тѣ части стѣнъ, которыя представляютъ наибольшее сопротивленіе.

2) По причинѣ куполообразной формы эти своды производятъ весьма слабый горизонтальный распоръ.

3) Своды эти можно устраивать очень плоскими, напр., подъемъ ихъ направляющей можетъ быть до $^1/_{15}$ ея отверстія. Вслѣдствіе этого они очень удобны для покрытія невысокихъ пространствъ и даже могутъ употребляться вмѣсто потолковъ. Полные парусные своды легко поддаются художественной обработкѣ и въ натурѣ представляютъ очень красивый видъ.

На чертежѣ 330 представленъ бочарный сводъ, происходящій отъ движенія кривой направляющей *cb* по такой же начальной кривой *cd*.

Располагая бочарные своды на столбахъ, въ видѣ цѣлаго ряда открытыхъ сводовъ, мы получаемъ чрезвычайно красивое, плоское покрытіе для галлерей, коридоровъ и т. п. Эти своды въ натурѣ красивѣе лучковыхъ и передаютъ давленіе на углы.

§ 17.

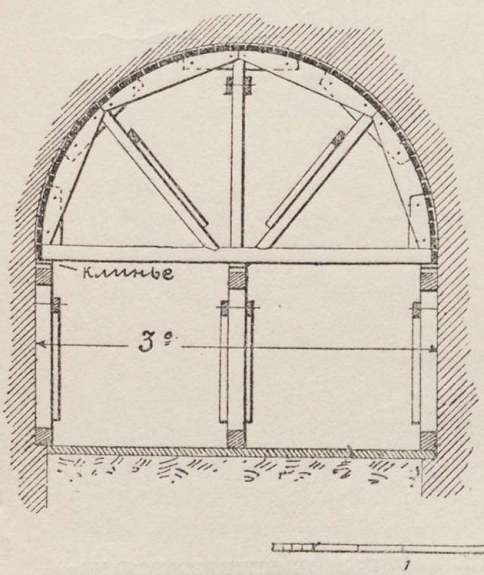
Общія правила для устройства кружалъ для сводовъ.

Для того, чтобы поддержать кладку сводовъ во время производства работъ, пока еще не выведенъ замковый рядъ, устраиваются кружала, т.-е. досчатая поверхность, имѣющая точную форму внутренней поверхности будущаго свода. Деревянная конструкція, поддерживающая досчатый настилъ, можетъ быть или висячая или опираться на особыя стойки.

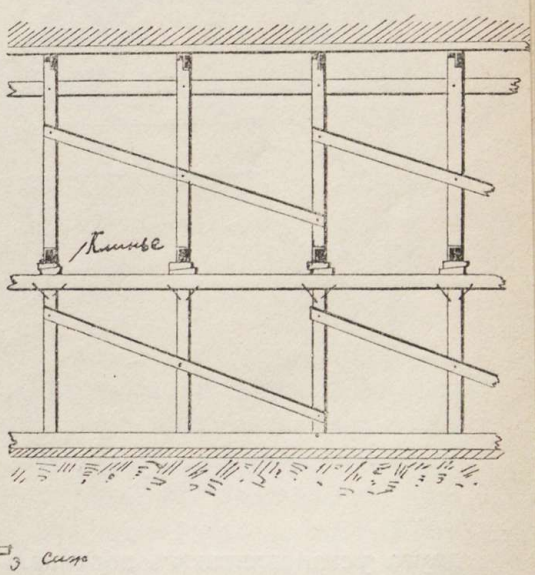
Прочное и неизмѣняемое устройство кружалъ составляетъ необходимое условіе при проектированіи ихъ конструкціи; на это слѣдуетъ обращать особое вниманіе. Осадка или измѣненіе правильности досчатой поверхности влекутъ за собой и неправильную кладку и неправильную форму свода, что можетъ нарушить его устойчивость.

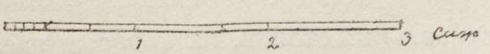
Разсмотримъ кружала для цилиндрическаго свода, какъ болѣе типич-

Чер. 331.



Чер. 332.





наго. На чер. 331 изображенъ поперечный, а на чер. 332 продольный разрѣзъ свода.

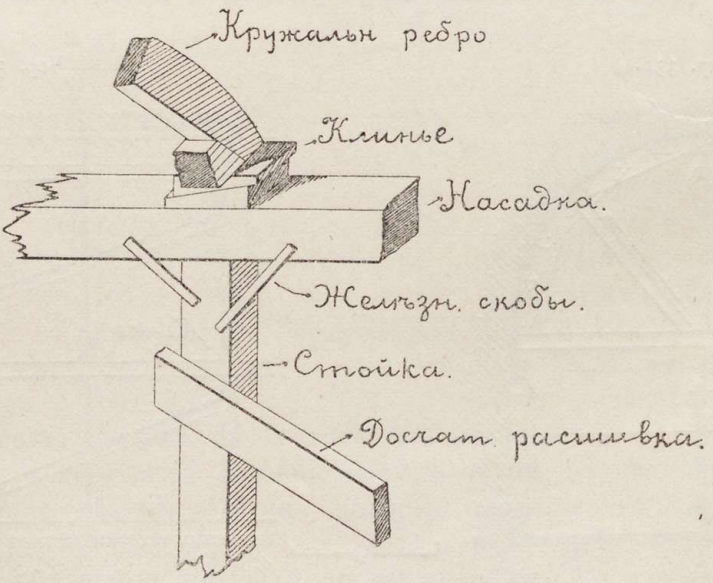
Если полъ перекрываемаго помѣщенія представляетъ крѣпкій и надежный фундаментъ для стоекъ, поддерживающихъ кружала, и если занятіе этими стойками помѣщенія во время работъ не представляетъ неудобства,

то самое лучшее передать грузъ кружала на опорныя стѣны и на промежуточныя стойки (чер. 331). Первоначально приготовляютъ кружальныя ребра изъ двухъ рядовъ досокъ толщиною въ 2″ и устанавливаютъ ихъ вертикально, перпендикулярно къ оси свода, въ разстояніи отъ 0,5 до 1,0 саж. другъ отъ друга по длинѣ свода. Кружальныя ребра ограничиваются сверху (чер. 331) кривой, соотвѣтсвующей кривой направляющей свода, но очерченной радіусомъ меньшимъ на толщину опалубки, т.-е. досчатой обшивки, обыкновенно дѣлаемой изъ теса толщиною въ 1″. При незначительномъ разстояніи между кружальными ребрами (не болѣе 1 арш.) палуба можетъ быть сдѣлана и изъ досокъ толщиною въ $^1/_2$ д. (такъ наз. палубникъ).

Кружальныя ребра составляются изъ косяковъ (чер. 331), которые накладываются одинъ на другой въ перевязку, въ два ряда, сплачиваются гвоздями и такимъ образомъ составляютъ кружальную форму.

Согласно черт. 331-му, установка кружалъ производится слѣдующимъ образомъ: вдоль опорныхъ стѣнъ, въ ихъ нижней части, на обѣзѣ фундамента или этажа, если сводъ не надъ подваломъ или первымъ этажомъ, располагаютъ горизонтальные брусья; такіе же брусья укладываются и въ срединѣ пролета. Затѣмъ, на разстояніи отъ 0,5 до 1,0 саж. другъ отъ

Чер. 333.



друга устанавливаютъ вертикальныя стойки, на которыя насаживаются насадки и прикрѣпляются скобами (чер 333). Насадки и служатъ опорами для кружальныхъ фермъ, при чемъ подъ каждое кружало, какъ въ концахъ, такъ и посрединѣ, подкладываются клинья, назначеніе коимъ: во-первыхъ, дать возможность достигнуть правильной установки кружалъ такъ, чтобы шелыга была совершенно горизонтальна или съ небольшимъ уклономъ, если это требуется по проекту; во-вторыхъ, чтобы достигнуть

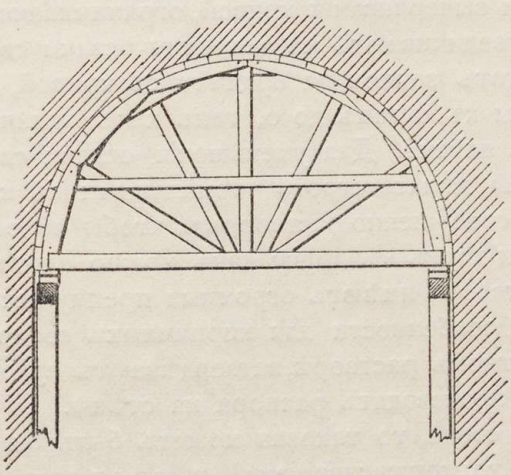
постепеннаго, равномѣрнаго, безъ сотрясеній раскружаливанія, т.-е. снятія кружалъ.

Кружальное ребро, при пролетѣ въ 3 саж., какъ мы видимъ на черт., подпирается въ 2-хъ точкахъ подкосами и вертикальной стойкой въ вершинѣ. По длинѣ свода всѣ три ряда вертикальныхъ стоекъ, расположенныхъ ниже пятъ свода, для большей ихъ неподвижности расшиваются досками и схватками, какъ и показано на чертежѣ 331 и 332.

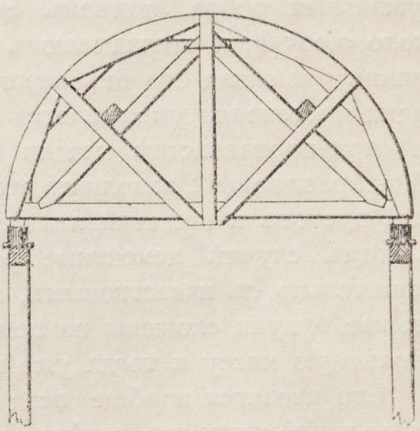
Висячая система кружала, показанная на черт. 334, состоитъ изъ такихъ же реберъ, стянутыхъ затяжкой и приведенныхъ въ неизмѣняемую связь 5-ю радіальными подкосами и общей горизонтальной схваткой. Кромѣ сего въ продольномъ направленіи всѣ кружальныя ребра расшиваются досками или схватками.

На черт. 335 представлено кружальное ребро *висячей* системы, укрѣпленное затяжкой, двумя подкосами и тремя парами схватокъ, расположенныхъ по направленію радіусовъ. Конструкція имѣетъ видъ шпренгеля. Въ продольномъ направленіи кружала связаны двумя брусками и наклонными схватками. Такая система, повидимому представляется вполнѣ неизмѣнной.

Чер. 334.



Чер. 335.

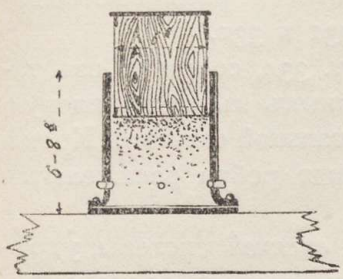


Висячія кружальныя фермы располагаются своими концами на продольные брусья, насаженные на вертикальныя стойки, поставленныя у стѣнъ перекрываемаго пространства. Для правильнаго раскружаливанія подъ нихъ подкладываютъ клинья (чер. 333), подбивая которые, мы заставляемъ кружала постепенно опускаться. Еще лучше для медленнаго и спокойнаго раскружаливанія употреблять желѣзныя песчанныя коробки (чер. 336), состоящія изъ желѣзнаго цилиндра, въ который свободно входитъ деревянная пробка, стянутая внизу желѣзнымъ бугелемъ, а вверху снабженная металлической накладкой, на которую и устанавливается конецъ кружальной фермы. Близъ дна цилиндра имѣются узкія отверстія, заткнутыя деревянными пробками. Раскружаливаніе производится автоматически; стоитъ только, когда наступаетъ время раскружаливанія, открыть деревян-

ныя пробки; тогда песокъ, давимый грузомъ кружалъ, начинаетъ медленно вытекать и дальнѣйшее раскружаливаніе не требуетъ никакого ухода.

Замѣтимъ, что песокъ, для этой цѣли употребляемый, долженъ быть совершенно сухой и мелкозернистый и плотно набитъ въ металлическую коробку.

Чер. 336.



Но какъ бы тщательно ни были сдѣланы и установлены кружала, все же нельзя избѣгнуть нѣкоторой ихъ осадки, которая является въ зависимости не только отъ толщины деревянныхъ частей и правильности работы, но и отъ самой формы свода. Приблизительно можно принять, что при работѣ средняго качества кружала даютъ осадку равную

$$x = 0{,}02\ (D - h),$$

гдѣ D—отверстіе свода, а h—подъемъ.

Но кромѣ осадки на кружалахъ сводъ даетъ осадку на швахъ, которая должна имѣть мѣсто еще до полнаго раскружаливанія свода, такъ какъ швы должны быть сжаты до ихъ окончательнаго затвердѣванія, этимъ увеличивается ихъ сопротивленіе. При вычерчиваніи кривой, ограничивающей кружальныя ребра, подъемъ ея увеличиваютъ на величину осадки свода (около 0,005 l), и откладываютъ этотъ запасъ на ординатахъ кривой, постоянно уменьшая его отъ вершины къ пятамъ до 0, такъ какъ величина осадки постепенно уменьшается къ пятамъ. Для уменьшенія осадки свода надо при производствѣ кладки швы дѣлать строго нормальными къ кривой направляющей; заполнять ихъ совершенно растворомъ, чтобы не оставлять пустотъ и прилаживать камни другъ къ другу какъ можно плотнѣй. Въ этомъ случаѣ цементные растворы имѣютъ огромныя преимущества сравнительно съ известковымъ, въ особенности для кирпичныхъ сводовъ, которые, будучи сложены на цементномъ растворѣ, затвердѣваютъ въ одну монолитную массу и тогда уже не производятъ распора на стѣны.

Что касается вообще осадки свода, то таковая можетъ быть безопасная (неминуемая вслѣдъ за раскружаливаніемъ) и вредная для устойчивости; послѣдняя отличается отъ первой большей величиной раскрытія швовъ (трещинами) и большею степенью искаженія самой формы свода. При обнаруженіи такой осадки своды должны быть разобраны и сложены вновь, даже въ томъ случаѣ, если бы они и сохранили равновѣсіе по снятіи кружалъ, ибо разрушеніе такого свода можетъ произойти отъ временной или дополнительной нагрузки.

Величина осадки сводовъ увеличивается вмѣстѣ съ увеличеніемъ пролета свода и уменьшеніемъ его подъема. Равнымъ образомъ осадка зависитъ и отъ качества раствора и тщательности работы и т. п. условій, которыя трудно предвидѣть, поэтому у насъ вообще нѣтъ опредѣленныхъ данныхъ по этому вопросу. Приблизительно можно принять за величину осадки на каждую сажень пролета отъ 0,002 до 0,005 саж.

Вредная осадка сводовъ съ измѣненіемъ даже его формы можетъ об-

наружиться и при несвоевременномъ раскружаливаніи, поэтому весьма важно опредѣлить срокъ этого раскруживанія, которое во всякомъ случаѣ не должно быть тотчасъ же по окончаніи кладки и введенія замковаго ряда. Смотря по роду раствора, будетъ ли онъ обыкновенный известковый, цемяночный, изъ гидравлической извести, романскаго или портландскаго цемента, необходимо дать своду нѣкоторое время выстояться на кружалахъ. Исключеніе можетъ быть сдѣлано лишь для сводовъ изъ крупныхъ тесовыхъ камней, для которыхъ растворъ имѣетъ значеніе лишь какъ матеріалъ, заполняющій промежутки между камнями.

Если сводъ кирпичный и сложенъ на известковомъ растворѣ, то раскружаливаніе производится въ два пріема: первоначально, черезъ нѣсколько дней послѣ его возведенія, кружала ослабляютъ на клиньяхъ, т.-е. ихъ нѣсколько опускаютъ и сводъ даетъ осадку на швахъ, которые сжимаются, но не выдавливаются, а затѣмъ не ранѣе какъ черезъ 6 мѣсяцевъ роняютъ кружала. Если же сводъ возводится на цементномъ растворѣ, то раскружаливаніе можетъ быть допущено черезъ 28 дней. Вообще надо замѣтить, что для кладки кирпичныхъ сводовъ известковый растворъ почти не употребляется въ виду тѣхъ удобствъ, которыя даетъ растворъ портландскаго цемента, превращающій весь сводъ въ монолитную массу и этимъ доводящій растворъ до минимума.

§ 18.

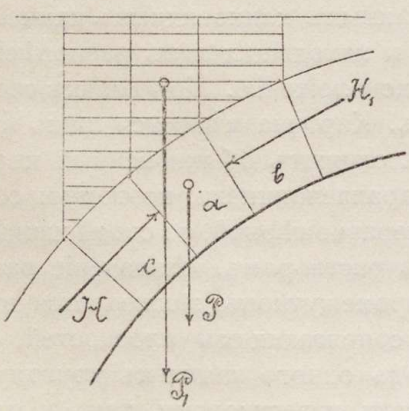
Краткое изложеніе теоріи сводовъ. Прежде чѣмъ переходить къ изученію конструкцій наиболѣе употребительныхъ сводовъ и сводчатыхъ покрытій, разсмотримъ распредѣленіе усилій, развивающихся въ сводѣ подъ дѣйствіемъ его собственной тяжести, временной и постоянной нагрузки на немъ расположенной. Для этого возьмемъ правильный цилиндрическій сводъ, какъ наиболѣе типичный, состоящій изъ тесанныхъ клиновидныхъ камней, ничѣмъ другъ съ другомъ не связанныхъ и находящихся въ равновѣсіи только благодаря ихъ формѣ и взаимному расположенію. При кладкѣ сводовъ изъ большихъ камней такъ оно и есть. Картина мѣняется лишь въ томъ случаѣ, если матеріаломъ для сводовъ служитъ обыкновенный кирпичъ, который имѣетъ форму не клина, а параллелопипеда, поэтому и сопрягающіе швы получаются значительной и неравномѣрной, по своей длинѣ, толщины и необходимо требуютъ заполненія растворомъ. Назначеніе раствора въ этомъ случаѣ, кромѣ заполненія промежутковъ, заключается въ сглаживаніи неровностей, на поверхности сопрягающихъ плоскостей, а послѣ затвердѣванія, въ передачѣ давленія отъ одного камня къ другому. Это относится ко всякаго рода раствору, какъ известковому, такъ и цементному. Растворъ цементный несомнѣнно будетъ служить и сцѣпляющимъ веществомъ, способнымъ, какъ уже было сказано выше, сплотить всю кладку въ одну монолитную массу, превративъ сводъ въ криволинейную балку, но въ виду измѣняемости его состава и трудности контроля при производствѣ работъ, это сцѣпленіе, при расчетѣ кирпичныхъ сводовъ, даже не принимается во вниманіе и сводъ разсматривается какъ бы сло-

женнымъ насухо, но состоящемъ изъ клиновидныхъ камней, благодаря заполненію его сопрягающихъ швовъ растворомъ.

Паукеръ, по поводу вліянія раствора при кладкѣ сводовъ, говоритъ, что „это вліяніе на прочность и устойчивость сводовъ, даже при употребленіи цементовъ, не такъ надежно, чтобы на него вообще можно было разсчитывать, во всякомъ случаѣ, въ первое время. Сила связи раствора зависитъ не только отъ качества матеріала и самаго раствора, но еще отъ многихъ обстоятельствъ, степень вліянія которыхъ весьма трудно оцѣнить, и едва ли возможно ввести въ вычисленія. Сила связи раствора зависитъ отъ густоты его и тщательности его смѣшенія, отъ давленія, которому онъ подверженъ, отъ степени сухости и отвердѣнія во время снятія кружалъ, когда отъ осадки свода частицы раствора перемѣщаются. Эта связь часто вовсе не существуетъ въ сводахъ, построенныхъ изъ камней, сильно втягивающихъ сырость, если при кладкѣ въ сухую погоду камни были пыльны или недостаточно смочены водой. Она, наконецъ, легко можетъ уничтожиться отъ случайныхъ сильныхъ сотрясеній при осадкѣ или впослѣдствіи, и именно въ слабѣйшихъ частяхъ свода, гдѣ сохраненіе связи было бы болѣе всего полезно“.

Итакъ, предположимъ, что мы имѣемъ правильный цилиндрическій сводъ, несущій нѣкоторую постоянную нагрузку, симметрично на немъ расположенную. Разсматривая часть этого свода, мы видимъ (черт. 337), что каждый камень его передаетъ давленіе на два сосѣдніе камня, распредѣляя это давленіе по всей поверхности соприкасанія. Но это давленіе можно себѣ представить и сосредоточеннымъ, въ видѣ равнодѣйствующей, которая имѣетъ извѣстную величину, направленіе и точку приложенія.

Чер. 337.

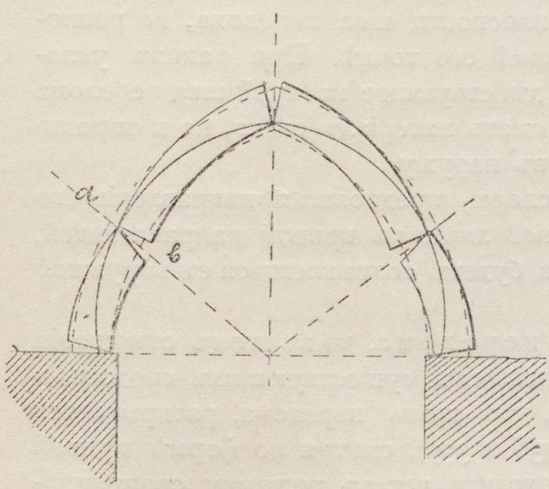


Кромѣ двухъ боковыхъ силъ H и H^1, дѣйствующихъ на камень a отъ сосѣднихъ камней, онъ подвергается дѣйствію еще двухъ силъ P и P^1, т.-е. собственному вѣсу камня и той нагрузки, которая на немъ расположена. Усиліе, передающееся въ сводѣ отъ одного камня сосѣднему (черт. 337), наприм., отъ камня a камню c, слагаются изъ собственнаго вѣса этого камня, груза, на немъ лежащаго, и изъ такового же груза и вѣса предшествовавшаго камня b. Если мы, слагая дѣйствующія на камень усилія въ равнодѣйствующія (см. чер. 306 стр. 221), будемъ передавать ихъ отъ камня камню, начиная съ вершины свода и продолжая каждую наклонную равнодѣйствующую до пересѣченія съ вертикальными линіями грузовыхъ силъ, проходящими черезъ центръ тяжести камней, то мы получимъ ломанную линію, которая изобразитъ веревочный многоугольникъ этихъ силъ такъ наз. линію давленія въ сводѣ. Точки пересѣченія этого многоугольника съ сопрягающими швами называются опорными точками или точками приложенія равнодѣйству-

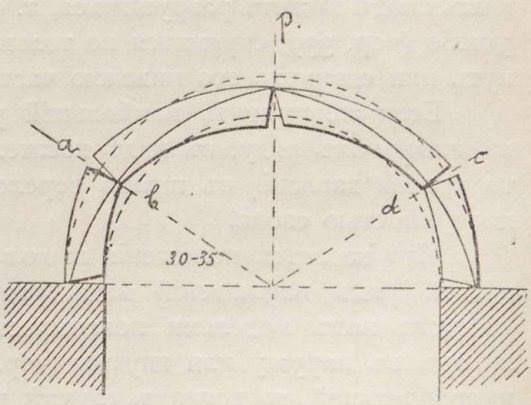
ющихъ сжимающихъ усилій. Если эти точки соединить одной плавной кривой, то мы получимъ опорную линію. Такимъ образомъ являются двѣ линіи: кривая давленія и опорная кривая; обѣ эти кривыя мало другъ отъ друга отличаются и могутъ настолько приближаться одна къ другой, что образуютъ одну общую кривую; поэтому обыкновенно ограничиваются построеніемъ одной кривой давленія.

Опорныя точки есть точки приложенія равнодѣйствующихъ давленія на боковую поверхность каждаго камня. Это давленіе не должно превосходить прочное сопротивленіе камня на сжатіе, при чемъ, такъ какъ опорная точка можетъ располагаться и не въ срединѣ сопрягающей плоскости, а ближе къ внѣшнему или внутреннему ребру камня, то сжатіе можетъ быть неравномѣрное и вызываемыя имъ напряженія матеріала опредѣляются на основаніи законовъ неравномѣрнаго сжатія тѣлъ. Уже разсматривая неравномѣрное сжатіе фундаментовъ, мы видѣли, что чѣмъ ближе проходитъ точка приложенія равнодѣйствующей къ тому или другому краю фундамента, а въ данномъ случаѣ линія давленія къ внутренней или внѣшней поверхности свода, тѣмъ бо́льшему сжатію подвергаются ребра камней, выходящія на эти поверхности, тогда какъ въ то же время на противоположныхъ ребрахъ напряженіе на сжатіе можетъ доходить до о или же быть отрицательнымъ, т.-е. дѣйствовать на растяженіе. Иначе говоря тамъ, гдѣ кривая давленія соприкасается или близко проходитъ къ внутренней или внѣшней поверхности свода—тамъ присходитъ сжатіе, а въ мѣстахъ, гдѣ эта кривая удаляется, можетъ имѣть мѣсто растяженіе, т.-е. раскрытіе шва. Такъ, если сводъ возвышенный (черт. 338), то при его разрушеніи,

Чер. 338.



Чер. 339.



кривая давленія приближается къ внѣшней точкѣ шва перелома, который и раскрывается во внутрь. Если же кривая направляющая полукругъ (чер. 339), то, наоборотъ, при самомъ невыгодномъ случаѣ расположеніи кривой давленія, швъ перелома долженъ раскрыться въ наружу, что и подтверждается наблюденіями надъ разрушеніемъ сводовъ. Части свода въ швахъ

перелома, т.-е. по линіямъ *ab* и *cd*, будутъ подвержены сжатію, а не перелому, только въ томъ случаѣ, если кривая давленія не выходитъ изъ предѣловъ толщины свода; въ противномъ случаѣ будетъ переломъ. Если всѣ камни свода подвержены только сжатію (что и должно быть), то сводъ разрушается отъ раздавливанія камней, очевидно при условіи, если давящая сила превосходитъ сопротивленіе матеріала. Если же кривая давленія выходитъ изъ предѣловъ толщины свода, то онъ разрушается отъ перелома, при чемъ въ поперечномъ сѣченіи свода или арки, въ одномъ изъ реберъ, верхнемъ или нижнемъ, появляется растягивающее усиліе, которому камни и растворъ сопротивляются въ 10—15 разъ меньше, чѣмъ сжатію, поэтому такая конструкція должна быть признана опасной и допускаемой быть не можетъ. Чѣмъ ближе кривая давленія проходитъ къ срединѣ камней, тѣмъ равномѣрнѣе распредѣляется сжатіе и, наоборотъ, если точка приложенія равнодѣйствующей сжимающихъ усилій располагается у самаго края, т.-е. кривая давленія касается внѣшней или внутренней поверхности свода, то все давленіе сосредоточивается на этомъ ребрѣ, и если это ребро представить себѣ въ видѣ математической линіи безконечно малой ширины, то и давленіе на это ребро будетъ безконечно большое.

Расположеніе кривой давленія будетъ зависѣть вообще отъ выбора точки приложенія распора *H* въ швахъ замковаго ряда. Наибольшему по величинѣ, распору будетъ соотвѣтствовать точка приложенія, взятая въ самой нижней части этого ряда; наименьшій же распоръ получается, когда эта точка, какъ начальная кривой давленія, берется въ наивысшей части того же ряда. Въ послѣднемъ случаѣ для цилиндрическаго свода (чер. 339) кривая давленія пересѣкаетъ шовъ перелома, почти касаясь внутренней поверхности свода, а слѣдовательно сжимающее усиліе будетъ распредѣляться по поверхности, сопрягающей плоскости шва перелома, не равномѣрно и сосредоточиваться на внутренней его точкѣ. При такихъ условіяхъ сводъ можетъ разрушиться, т. к. дѣйствующее на край шва перелома усиліе (чер. 339) стремится не только сжать матеріалъ свода, но и опрокинуть или сдвинуть его нижнюю часть въ наружу.

Если же принять наибольшій распоръ, предполагая направленіе его въ замковомъ ряду, въ видѣ касательной линіи къ кривой направляющей, то кривая давленія въ швахъ перелома будетъ соприкасаться съ наружной поверхностью свода.

Что касается положенія швовъ перелома, то въ этомъ отношеніи цѣлый рядъ наблюденій надъ разрушеніемъ существующихъ сводовъ и опытовъ надъ моделями показываетъ, что шовъ перелома, раскрывается ли онъ въ наружу или внутрь (чер. 338 и 339), смотря по формѣ кривой направляющей, во всякомъ случаѣ проходитъ черезъ толщину свода приблизительно по направленію радіуса, наклоненнаго подъ угломъ 30—35° къ горизонту (линіи *ab* и *dc*, чер. 339).

Поэтому вслѣдствіе черезмѣрнаго давленія на края камней въ швахъ перелома и въ вершинѣ сводовъ, будетъ ли то цилиндрическій или возвышенный, во всякомъ случаѣ сводъ распадается на четыре части (чер. 338 и 339), имѣя точки вращенія въ швахъ перелома, въ пятахъ и въ замковомъ швѣ.

Плоскіе своды распадаются при разрушеніи не на четыре, а только на двѣ части, что видно изъ чер. 347.

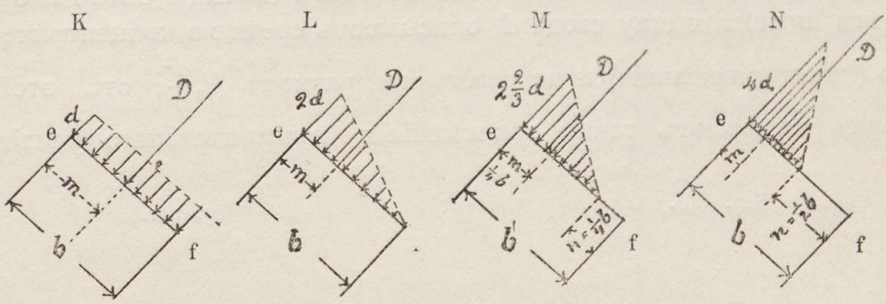
Нижеслѣдующая таблица указываетъ, насколько увеличивается давленіе p на ребро сопрягающей площади по мѣрѣ удаленія равнодѣйствующей D сжимающихъ силъ отъ средины камня или, что то же, по мѣрѣ приближенія ея къ внѣшнему краю его.

Величины, выраженныя въ таблицѣ, опредѣлены графически на чертежахъ K, L, M и N, въ которыхъ d представляетъ сжимающее усиліе на единицу поверхности камня при равномѣрномъ распредѣленіи давленія, въ томъ случаѣ если равнодѣйствующая D этого давленія проходитъ черезъ средину сопрягающаго шва b.

Слѣдовательно, взявъ элементъ свода длиною 100 см., мы имѣемъ:

$$d = \frac{D}{b.100}$$

Таблица XVIII.



Разстояніе m силы D отъ наружнаго ребра e.	Давленіе p на ребро		Разстояніе n отъ ребра f до линіи начала сжатія.
	наружное e	внутрен. f	
$\frac{1}{2}\ b$	d	d	Сжатіе по всей поверхности.
$\frac{1}{3}\ b$	$2\ d$	0	0
$\frac{1}{4}\ b$	$2\frac{2}{3}\ d$	—	$\frac{1}{4}\ b$
$\frac{1}{6}\ b$	$4\ d$	—	$\frac{1}{2}\ b$

При $m = 0$, $p = \infty$, $n = b$.

Примѣръ. Какой величины можетъ быть допущена равнодѣйствующая D, при условіи не превосходить 8 кг. давленія на единицу поверхности, если точка приложенія этой равнодѣйствующей отстоитъ отъ наружнаго ребра на $\frac{1}{4}\ b$, при чемъ длина сопрягающаго шва $b = 50$ см.?

Такъ какъ разстояніе n, на протяженіи котораго нѣтъ никакого сжатія, $= \frac{1}{4} b$, то площадь, подверженная давленію, принимая длину элемента свода въ 100 см., выразится $= \left(50 - \frac{50}{4}\right) 100 = 3750$ кв. см. Поэтому для того, чтобы давленіе на единицу поверхности камня не превосходило коэффиціента прочнаго сопротивленія его на сжатіе, т.-е. 8 кг. на кв. см.

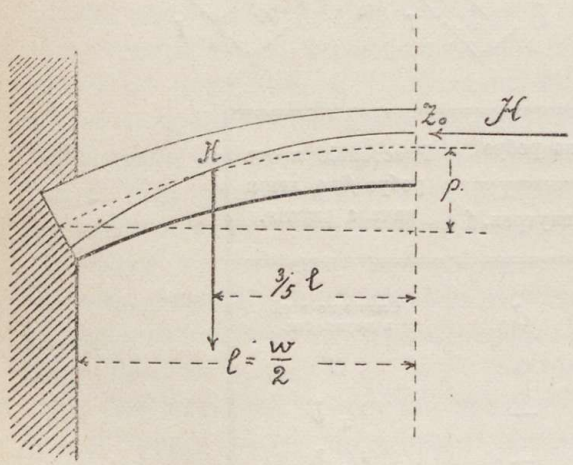
$$D \leqslant 3750 \frac{8}{2^2/_3} = 11250 \text{ кг.}$$

Въ виду изложеннаго необходимо для достиженія возможно большей устойчивости свода придавать ему такую толщину въ поперечномъ разрѣзѣ, чтобы кривая давленія не выходила изъ предѣловъ средней трети линіи b.

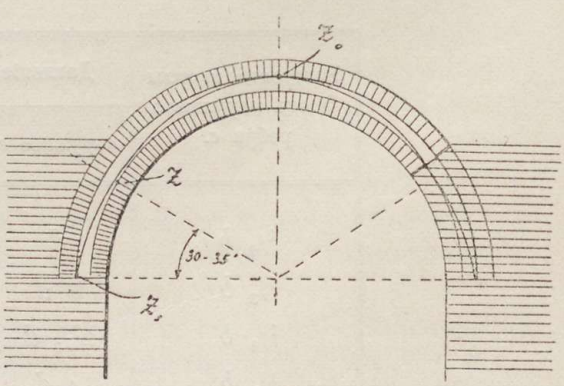
Въ общемъ признается вполнѣ обезпечивающимъ устойчивость положеніе и форма кривой давленія въ аркахъ или сводахъ различныхъ подъемовъ и формъ, которое опредѣляется путемъ слѣдующаго построенія.

При лучковой или плоской кривой направляющей (чер. 340) задаютъ приблизительно или на основаніи эмпирическихъ данныхъ (которыя будутъ приведены ниже) толщину свода d, описываютъ среднюю концентрическую кривую (пунктирная линія) и на разстояніи, равномъ $^1/_3 \frac{d^2}{p}$, отъ этой линіи вверхъ намѣчаютъ точку приложенія z_0 горизонтальнаго усилія или

Чер. 340.



Чер. 341.



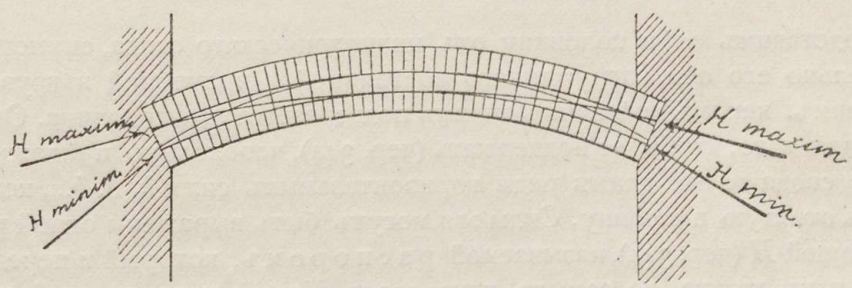
распора. Затѣмъ на разстояніи $^3/_5$ полупролета l отъ средины свода проводятъ вертикальную линію, продолжая ее до пересѣченія со средней кривой въ (.) K. Кривая проведена черезъ точки K и, продолжая ее до пересѣченія съ плоскостью пятъ свода, опредѣляютъ наивыгоднѣйшее положеніе кривой давленія въ предѣлахъ полосы средней трети поперечнаго сѣченія свода *).

*) Wanderley. Die konstruktionen in Stein. Стр. 792.

При очень плоскихъ кривыхъ направляющихъ свода или арки, близко подходящихъ къ формѣ перемычки, кривая давленія можетъ легко выходить изъ средней трети толщины свода и приближаться къ самому внутреннему краю пятъ, поэтому необходимо въ подобныхъ случаяхъ назначать такую кривую давленія, которой конечныя точки располагались бы въ срединѣ толщины свода, какъ въ замковомъ швѣ, такъ и на линіи пятъ. При увеличеніи распора свода H точка z_1 будетъ повышаться, а z_0 — понижаться, т.-е. кривая давленія будетъ становиться болѣе пологой, поэтому, для того чтобы въ подобныхъ сводахъ вызвать большій распоръ, его необходимо какъ можно плотнѣе замыкать замковымъ рядомъ камней. Въ полныхъ цилиндрическихъ сводахъ (чер. 341) для начертанія кривой давленія могутъ служить точки z_0 и z, изъ которыхъ первая есть наивысшая точка въ средней трети толщины свода въ замкѣ, вторая же—наинизшая въ той же трети по направленію шва перелома, который въ цилиндрическихъ сводахъ помѣщается въ предѣлахъ угла отъ 30 до 35°. Третья точка z_1 находится на линіи пятъ и опредѣляется сама собой, при чемъ въ сильно нагруженныхъ сводахъ она можетъ выходить за предѣлы средней трети и этимъ увеличивать давленіе p на ребро въ 2 и даже въ 4 раза (см. таб.); что же касается до вращенія нижнихъ частей свода около наружныхъ пятовыхъ точекъ, какъ это показано на чер. 339, то этому весьма существенное препятствіе представляетъ забутка пазухъ по крайней мѣрѣ на одну треть высоты свода или на половину. Кромѣ того, можно совершенно избѣгнуть вліянія перемѣщенія линіи давленія устройствомъ выпускныхъ пятъ, т.-е. горизонтальной кладки (правая сторона черт. 341).

О значеніи выпускныхъ пятъ въ аркахъ и сводахъ будетъ сказано ниже.

Чер. 342.

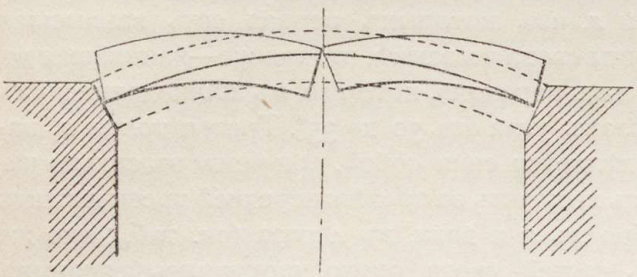


Вмѣстѣ съ увеличеніемъ или уменьшеніемъ нагрузки свода можетъ измѣняться положеніе и форма кривой давленія въ предѣлахъ средней трети толщины свода (чер. 342). Такимъ образомъ можно допустить множество различныхъ формъ кривыхъ давленія, изъ коихъ практическое значеніе имѣютъ только двѣ, а именно: при наименьшемъ пониженіи ея вершины (чер. 342), что соотвѣтствуетъ и меньшему распору и при наибольшемъ пониженіи, что соотвѣтствуетъ и наибольшему распору при одинаковой нагрузкѣ.

Что касается швовъ перелома, то они очевидно будутъ находиться тамъ, гдѣ кривая давленія доходитъ или касается предѣла средней трети

толщины свода; тамъ должны прежде всего проявляться признаки разрушенія, такъ какъ здѣсь матеріалъ свода подвергнутъ наибольшему сжатію и здѣсь же располагаются точки вращенія частей свода при его распаденіи (см. чер. 339), при чемъ цилиндрическій сводъ и возвышенный (чер. 338 и 339) распадаются на 4 части, а плоскій сводъ (чер. 343) на двѣ части. Каждый сводъ долженъ удовлетворять требованіямъ устойчивости и прочности какъ при максимальномъ, такъ и при минимальномъ распорѣ; въ большинствѣ же случаевъ опредѣляютъ положеніе кривой давленія только при наибольшемъ распорѣ, хотя можно считать вполнѣ достаточнымъ, если сводъ удовлетворяетъ и среднему положенію этой кривой, т.-е. именно такому, какое, надо полагать, чаще всего проявляется въ сводахъ при обыкновенныхъ условіяхъ. Въ сводахъ, не несущихъ никакой нагрузки, или такихъ, въ которыхъ постоянная, незначительная и равномѣрная нагрузка распредѣлена симметрично по отношенію вертикальной оси, кривая давленія можетъ проходить черезъ средины замковаго и пятоваго шва. Въ сводахъ же возвышенныхъ, которыхъ формы соотвѣтствуютъ кривой давленія (напр., эллиптическихъ), эта послѣдняя можетъ совершенно совпадать съ средней кривой направляющей.

Чер. 343.



Начертаніе кривой давленія въ сводѣ.

Представимъ себѣ половину отъ цилиндрическаго свода, симметрично относительно его оси, нагруженнаго постоянной и временной нагрузкой, и разсмотримъ, какимъ внѣшнимъ силамъ подвергается эта половина. Очевидно, что для того, чтобы ее поддержать (чер. 344), необходимо приложить къ вершинѣ свода по его длинѣ рядъ горизонтальныхъ силъ h, h, h..., которыя замѣнятъ отнятую половину. Силы эти могутъ быть выражены одной равнодѣйствующей H (чер. 344), называемой р а с п о р о м ъ, который и передается отъ камня къ камню, до самыхъ пятъ свода. Кромѣ того, каждый камень свода подвергается дѣйствію вертикальныхъ силъ—вѣса камней, временной и постоянной нагрузки, которыя въ связи съ распоромъ образуютъ рядъ равнодѣйствующихъ. Пересѣкаясь другъ съ другомъ, эти равнодѣйствующія и составляютъ одну общую ломаную линію, называемую л и н і е й д а в л е н і я. Очевидно, что въ первомъ же камнѣ свода вертикально направленный грузъ даетъ вмѣстѣ съ горизонтально направленнымъ распоромъ H равнодѣйствующую, направленную наклонно къ горизонту; грузъ слѣдующаго камня, сложенный съ этой равнодѣйствующей, даетъ въ свою очередь равнодѣйствующую еще болѣе наклонную и т. д., до самыхъ пятъ свода, поэтому линія давленія получается въ видѣ многоугольника. Поло-

женіе этой ломаной линіи будетъ зависѣть отъ расположенія ея начальной точки Z_0, (чер. 344), точки приложенія распора H въ вершинѣ свода. Этихъ точекъ можетъ быть безчисленное множество по длинѣ всей линіи d, измѣряющей толщину свода въ замкѣ и для математическаго рѣшенія, которая изъ нихъ будетъ точкой приложенія распора H, мы пока не имѣемъ точныхъ данныхъ. Поэтому прибѣгаемъ къ даннымъ опыта. Извѣстно, что своды оставались въ полномъ равновѣсіи при расположеніи линій давленія, а слѣдовательно и искомой точки, въ предѣлахъ средней трети толщины свода, поэтому при проектированіи сводовъ задаются эмпирическими размѣрами ихъ толщины и для начертанія кривой давленія въ цилиндрическихъ сводахъ, для большей надежности, за точку приложенія распора принимаютъ или самую верхнюю точку линіи d, или самую нижнюю, или же, наконецъ, среднюю, при чемъ послѣднее положеніе даетъ наивыгоднѣйшую кривую давленія, хотя сводъ будетъ достаточно проченъ и устойчивъ и въ томъ случаѣ, если кривая давленія не выходитъ изъ средней трети толщины свода; разница лишь въ томъ, что при среднемъ положеніи опорной кривой, давленіе по всему камню распредѣляется равномѣрно и $p = d$ (см. предшеств. таблицу XVIII); при пересѣченіи же кривой давленія крайнихъ точекъ средней трети, давленіе будетъ неравномѣрно и $p = 2d$. Очевидно, что для того чтобы знать величину p для каждаго камня, необходимо начертить и опредѣлить положеніе кривой давленія; для этого при цилиндрическихъ сводахъ, равномѣрно нагруженныхъ, поступаютъ слѣдующимъ образомъ: берутъ половину свода (чер. 344) и разсматриваютъ элементъ его, равный по длинѣ 1 метру, какъ массивъ, состоящій изъ монолитной массы, который и раздѣляютъ (пунктирныя вертикали) вертикальными плоскостями на элементы, шириною отъ 30 до 50 см. (I, II, III, IV, V, VI). Такое раздѣленіе вполнѣ допустимо, такъ какъ для опредѣленія устойчивости намъ нужно знать положеніе кривой давленія, которая, какъ мы уже говорили, не только не должна выходить изъ предѣловъ толщины свода, но даже оставаться въ предѣлахъ средней трети этой толщины. Кромѣ того, для того чтобы не было скольженія камня по наклонной сопрягающей плоскости, необходимо соблюденіе общаго въ подобныхъ случаяхъ правила, т.-е. чтобы уголъ α (чер. 346) между нормальной ab къ поверхности камня mn и направленіемъ равнодѣйствующей давленія D, не превосходилъ угла тренія *).

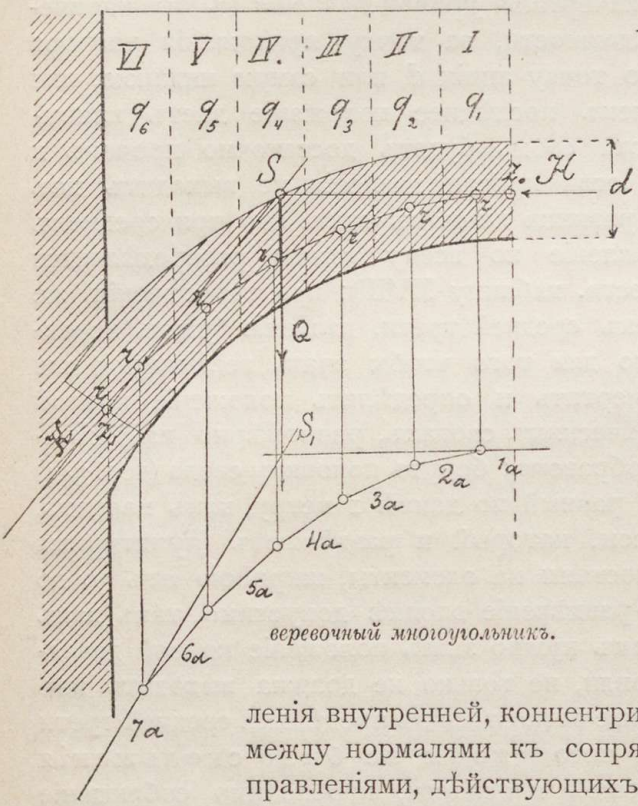
Въ этомъ отношеніи надо замѣтить, что хотя опытъ и показываетъ, что коэффиціентъ тренія камня по камню рѣдко бываетъ менѣе 0,75, что соотвѣтствуетъ углу тренія въ 37^0, однако въ виду того, что ко времени раскружаливанія растворъ въ швахъ свода можетъ быть такъ свѣжъ, что не только не затрудняетъ скольженія, но даже ему можетъ способствовать, то обыкновенно для сводовъ уголъ тренія принимается въ 30^0, что соотвѣтствуетъ коэффиціенту тренія въ 0,57.

*) Доказательство отсутствія скольженія при такихъ условіяхъ приведено на стр. 34 при разсмотрѣніи положенія подошвы фундамента относительно направленія дѣйствующихъ на нее усилій.

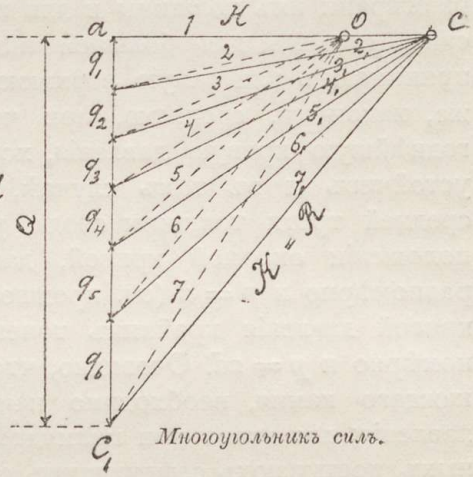
Очевидно, что при употребленіи раствора изъ портландъ-цемента опасность скольженія доводится до минимума, такъ какъ растворъ этотъ черезъ 28 дней совершенно затвердѣваетъ; что же касается известковаго раствора, то послѣ затвердѣванія его уголъ тренія принимается отъ 40 до 60°.

Въ смыслѣ сопротивленія камней скольженію, наиболѣе благопріятнымъ условіемъ является расположеніе кривой давленія параллельно (концентрично) кривой направляющей свода, такъ какъ сопрягающіе швы распо-

Чер. 344.



Чер. 345.



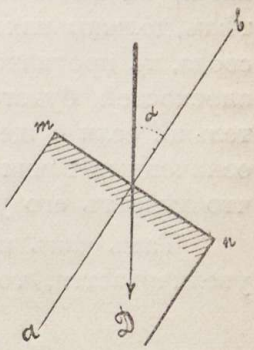
лагаются нормально къ этой кривой. Впрочемъ, если линія давленія не выходитъ изъ средней трети свода, то она вообще мало отклоняется отъ направленія внутренней, концентричной кривой свода; поэтому углы между нормалями къ сопрягающимъ поверхностямъ и направленіями, дѣйствующихъ на эти плоскости усилій, всегда бываютъ очень малы и во всякомъ случаѣ менѣе 30°. Всѣ эти соображенія, главнымъ образомъ, относятся къ сводамъ изъ большихъ правильно отесанныхъ камней, для которыхъ растворъ не играетъ почти никакой роли.

Построеніе кривой давленія даетъ возможность для каждаго камня опредѣлить не только направленіе, но и величину и точку приложенія сжимающаго усилія, которое не дожно превосходить коэффиціента прочнаго сопротивленія этого матеріала на сжатіе.

Итакъ, раздѣливъ весь сводъ или его половину (чер. 344) наравныя части, черезъ средины этихъ частей, т.-е. черезъ ихъ центры тяжести, проводятъ вертикальныя линіи грузовъ камней вмѣстѣ съ постоянной и временной нагрузкой. Въ гражданскихъ зданіяхъ постоянная нагрузка заключается въ щебнѣ, пескѣ или тощемъ бетонѣ, которыми заполняютъ пазухи, выравниваютъ верхнюю поверхность сводовъ и которыхъ вѣсъ

почти равенъ вѣсу кирпичной кладки, т.-е. 1600 кг. 1 куб. метръ; поэтому объемъ свода вмѣстѣ съ расположенной на немъ постоянной нагрузкой принимается за одинъ массивъ. Равнымъ образомъ и временная нагрузка для упрощенія графическаго рѣшенія вопроса приводится къ объему той же плотности. Такъ, напримѣръ, положимъ, что на каждый квадратный метръ поверхности свода распредѣляется 300 кг. временной нагрузки. Слой кирпичной кладки вѣсомъ въ 300 кг., распредѣленный на площади 1 кв. метра $= \frac{300}{1600} = 0{,}19$ м. Такое приведеніе всего груза, дѣйствующаго на сводъ, къ объемамъ одинаковой плотности, даетъ возможность опредѣлять дѣйствующія усилія объемами, принимая для измѣренія этихъ объемовъ особый масштабъ. Затѣмъ, согласно общимъ пріемамъ графической статики, принявъ какой-нибудь масштабъ для грузовъ (напр., въ 2 см. 1000 кг.), чертятъ многоугольникъ силъ, который въ данномъ случаѣ (чер. 345) будетъ состоять изъ горизонтальной линіи (распора H), пока еще неопредѣленной величины, и вертикильной прямой $ae = Q$, состоящей изъ суммы всѣхъ вертикально дѣйствующихъ усилій на каждый элементъ свода, т.-е. $q_1 + q_2 + q_3 + q_4$.... Затѣмъ, на линіи H берутъ произвольно полюсъ o и проводятъ къ нему отъ конца каждой изъ этихъ силъ лучи (пунктирныя линіи) 1, 2, 3, 4 и т. д., послѣ чего строятъ первый веревочный многоугольникъ, располагая его подъ или надъ разрѣзомъ свода, проводя линіи 1_a, 2_a, 3_a и т. д. параллельно лучамъ 1, 2, 3 и т. д. до пересѣченія съ направленіемъ силъ q_1, q_2, q_3.... Продолжая направленіе крайнихъ двухъ силъ 1_a и 7_a до пересѣченія ихъ въ S_1 мы получаемъ точку, черезъ которую должна пройти равнодѣйствующая силъ въ видѣ вертикальной линіи Q. Далѣе, принимая точки Z_0 и Z_1 за начало и конецъ линіи давленія, проводимъ черезъ первую точку горизонтальную линію распора H (чер. 344) до пересѣченія съ направленіемъ равнодѣйствующей Q въ точкѣ S и соединяемъ эту точку съ точкою Z_1, что дастъ намъ направленіе второй слагающей K и вмѣстѣ съ тѣмъ возможность опредѣлить величины какъ горизонтальнаго распора H, такъ и силы K, дѣйствующей на плоскость пятъ, путемъ обратнаго построенія, а именно: проведя черезъ точку C_1 многоугольника силъ (чер. 345) линію параллельную Z_1S до пересѣченія съ продолженіемъ линіи aO, мы получимъ второй полюсъ C, отъ котораго и проводимъ лучи $1'$, $2'$, $3'$, $4'$....; каждый изъ этихъ лучей, какъ это видно изъ чертежа, выражаетъ по величинѣ и направленію равнодѣйствующую двухъ силъ, а именно: лучъ 2_1-й есть равнодѣйствующая силъ: H и q_1; лучъ 3_1-й—силъ 2_1-й и q_2 и т. д. Послѣдній лучъ 7_1, самый длинный или линія cc_1, есть равнодѣйствующая силы 6_1-й и q_6, или, что все равно, силъ H и Q и равна усилію K, передающемуся на опоры и вызывающее равную этой силѣ реакцію опоръ R. Такимъ образомъ построеніе второго многоугольника силъ даетъ намъ направленіе и величину усилій дѣйствую-

Чер. 346.



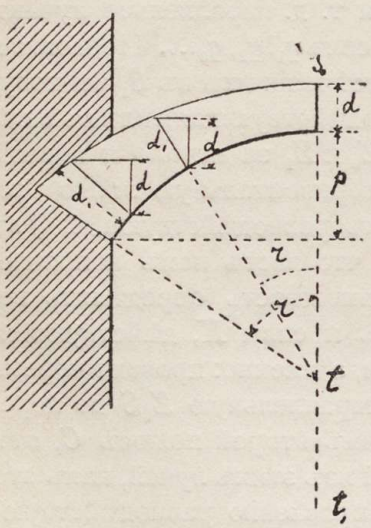
щихъ на каждый камень свода въ отдѣльности. Точки приложенія этихъ усилій найдутся построеніемъ второго веревочнаго многоугольника силъ въ толщинѣ самаго свода, проведя параллельныя лучамъ 2_1, 3_1, 4_1 и т. д., до пересѣченія ихъ съ направленіемъ вертикальныхъ силъ q_1 q_2 q_3····q_6. Полученный многоугольникъ и есть линія давленія. Сила H выражаетъ по величинѣ и направленію распоръ свода, а K есть равнодѣйствующая слагающихъ H и Q (черт. 345) и, какъ гипотенуза прямоугольнаго треугольника cac_1, $K=\sqrt{H^2+Q^2}$.

Изъ описаннаго построенія ясно, что положеніе кривой давленія будетъ въ зависимости отъ произвольно взятыхъ начальныхъ ея точекъ Z_0 и Z_1.

Точки $r\,r\,r$ и т. д. суть точки приложенія равнодѣйствующихъ давленія и, на основаніи вышеприведенныхъ законовъ неравномѣрнаго сжатія тѣлъ, должны находиться въ предѣлахъ средней трети поперечнаго сѣченія свода, въ противномъ случаѣ давленіе на нѣкоторыя части сопрягающихъ плоскостей будетъ черезмѣрное и сводъ можетъ разрушиться; слѣдовательно, если существующій сводъ не разрушается, то только потому, что означенныя точки приложенія не выходятъ изъ предѣловъ средней трети, что дѣлаетъ его устойчивымъ и прочнымъ.

Такъ какъ по мѣрѣ приближенія къ пятамъ давленіе на камни свода увеличивается, то площади этихъ камней должны соотвѣтственно уширяться, чтобы давленіе на единицу поверхности сопрягающихъ плоскостей оставалось постояннымъ. Если мы (черт. 347) черезъ r назовемъ вообще величины угловъ между вертикальной линіей и направленіемъ швовъ, то это требованіе будетъ соблюдено, если

Чер. 347.



$$d_1=\frac{d}{cos.\,r}.$$

При этомъ получается постепенное утолщеніе къ пятамъ, такъ какъ уголъ r постепенно увеличивается, а слѣдов. $cos.$ его уменьшается.

Такое же утолщеніе къ пятамъ получается и путемъ слѣдующаго построенія: на продолженіи радіуса кривой направляющей свода (чер. 347) откладываютъ величину tt_1, равную половинѣ радіуса и изъ точки t_1, какъ изъ центра, радіусомъ st_1 очерчиваютъ кривую, которая и даетъ утолщеніе къ пятамъ.

Изъ наблюдаемыхъ деформацій сводовъ во время ихъ разрушенія, какъ это изображено на чертежахъ 339, 340 и 343 видно, что въ сводахъ полуциркульныхъ (чер. 340) и пологихъ (чер. 343), соотвѣтственно перемѣщенія

кривой давленія, точка Z_0 приложенія распора (горизонтальнаго усилія) въ вершинѣ свода должна быть взята въ верхней трети замковаго камня; въ сводахъ же возвышенныхъ (черт. 339) эта точка должна быть взята въ нижней трети.

§ 19.

Толщина свода въ замкѣ. При проектированіи сводовъ, ихъ размѣры, т.-е. главнымъ образомъ толщина въ замкѣ, опредѣляется на основаніи эмпирическихъ данныхъ.

Такъ, Рондле для сводовъ изъ тесоваго камня даетъ таблицу, которой по большей части и пользуются при опредѣленіи замковой толщины сводовъ при пролетахъ отъ 1 до 40 метровъ. При этомъ онъ раздѣляетъ своды на 3 категоріи: 1) своды сильно нагруженные, какъ, напримѣръ, мостовые, 2) средніе, которые выдерживаютъ покрытіе этажа при обыкновенной временной нагрузкѣ жилыхъ строеній (около 150 кг. на кв. м.) и 3) легкіе, т.-е. такіе, которые несутъ только свой собственный вѣсъ.

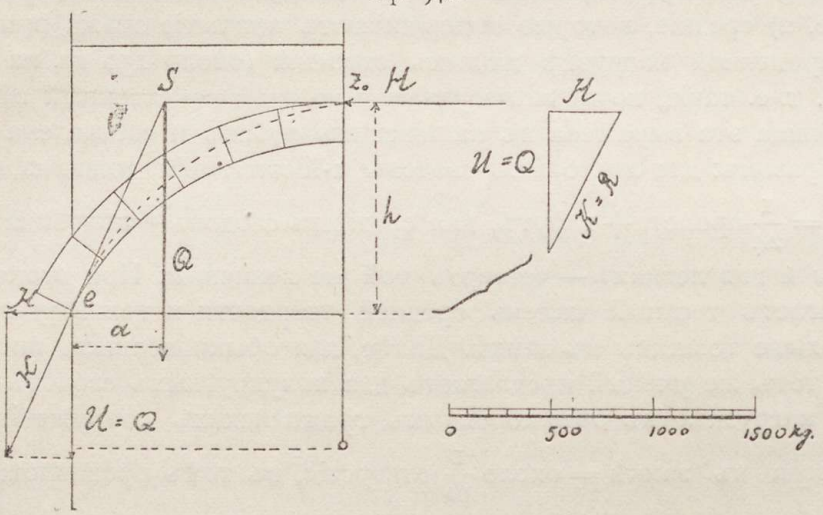
Таблица эта выражена въ парижскихъ футахъ и составлена слѣдующимъ образомъ: для мостовыхъ сводовъ 1-й категоріи толщина въ замкѣ принята $= \frac{1}{24}$ пролета $+$ 1 футъ, для среднихъ сводовъ — половина отъ этой величины и для легкихъ — четверть той же величины. При этомъ Рондле предполагаетъ тесаный камень средней твердости и толщину въ пятахъ вдвое больше толщины въ замкѣ. Далѣе, для обыкновенныхъ кирпичныхъ сводовъ тотъ же ученый предлагаетъ для полукруглыхъ сводовъ при средней ихъ нагрузкѣ (въ обыкновенныхъ гражданскихъ сооруженіяхъ) толщину свода въ замкѣ $=$ около $\frac{1}{48}$ отверстія, въ томъ предположеніи, что сводъ забученъ до швовъ перелома и имѣетъ въ этихъ швахъ толщину въ $1\frac{1}{2}$ раза большую, чѣмъ въ ключѣ. На этомъ основаніи на практикѣ придерживаются правила: на каждую сажень отверстія свода полагать 1 вершокъ на толщину въ замкѣ. Толщина эта во всякомъ случаѣ не дѣлается менѣе 3 вершковъ, т.-е. $\frac{1}{2}$ кирпича, и вообще всѣ размѣры кирпичныхъ сводовъ дѣлаются кратными съ измѣреніемъ кирпича.

Забутка пазухъ свода (о чемъ будетъ сказано ниже) имѣетъ огромное вліяніе на его устойчивость, поэтому Рондле опредѣляетъ толщину кирпичныхъ полукруглыхъ сводовъ въ замкѣ въ зависимости отъ величины этой забутки. Такъ, 1) когда сводъ выровненъ въ шелыгѣ горизонтально, то толщина его въ замкѣ должна быть $\frac{1}{48}$ пролета; 2) если забутка сдѣлана только до половины высоты свода, а далѣе онъ ограничивается концентрической линіей, не утолщаясь къ швамъ перелома, то толщина въ замкѣ принимается $= \frac{1}{36}$ пролета, наконецъ, 3) когда сводъ забученъ до половины, а далѣе ограниченъ кривой не концентричною, а образующей утолщеніе къ швамъ перелома—толщина въ этихъ швахъ дѣлается $\frac{1}{32}$ про-

лета, а въ замкѣ $\frac{1}{48}$. Для крестовыхъ сводовъ съ эллипсической или круговой направляющей, если сводъ сложенъ изъ кирпича на цементномъ растворѣ и выноситъ только свой собственный вѣсъ, то толщина его при пролетѣ не болѣе 3-хъ саженъ принимается въ $^1/_2$ кирпича (т.-е. въ $^1/_{48}$ пролета); при пролетѣ $4^1/_2$ саж. — толщина въ замкѣ остается въ $^1/_2$ кирпича, но въ раменахъ свода, т.-е. на разстояніи $^1/_3$ отъ пятъ, его толщина должна быть въ 1 кирпичъ. При пролетѣ болѣе 4,5 саж. до 6 саж.—сводъ дѣлается толщиною въ замкѣ въ 1 кирпичъ. Если своды нагружены, то толщина ихъ соотвѣтственно увеличивается.

Крестовые, сильно нагруженные, своды, коихъ распалубки сложены изъ тесанаго камня, въ замкѣ дѣлаются толщиною въ $^1/_{25}$ пролета.

Чер. 348.



Если линія давленія можетъ быть вписанна въ поперечный разрѣзъ свода такъ, что она близко совпадаетъ со средней концентричной кривой, то устойчивость свода вполнѣ обезпечена и разрушеніе его можетъ послѣдовать только отъ раздробленія камней, его составляющихъ, подобно тому, какъ разрушается отъ тяжести каменный столбъ или стѣна. Но и въ томъ случаѣ, если кривая давленія соотвѣтствуетъ не среднему, а минимальному распору (черт. 348), т.-е. когда точка Z_0 приложенія распора въ самой вершинѣ замковаго шва, а линія давленія пересѣкаетъ пяту въ самой пониженной точкѣ e, и при этихъ условіяхъ сводъ можетъ признаваться устойчивымъ, ибо практическія наблюденія показали, что вслѣдствіе сжимаемости и нѣкоторой упругости каменныхъ матеріаловъ и вяжущихъ веществъ, усилія, развивающіяся въ сводѣ, послѣ раскружаливанія его, перемѣщаются нѣсколько во внутрь толщины свода, т.-е. ближе къ средней, концентричной кривой и кривая давленія принимаетъ болѣе пологую форму; при этомъ распоръ, очевидно, увеличивается, а вмѣстѣ съ тѣмъ увеличивается и давленіе на каждую сопрягающую плоскость, изъ которыхъ наибольшему дьвленію будетъ подвергнута плоскость пятъ. Поэтому необходимо провѣрить сводъ при кривой давленія, соотвѣтствующей минимальному

распору, и допустить только ту величину послѣдняго, которая отвѣчаетъ каменному матеріалу, изъ котораго сложенъ сводъ. Для кирпичной кладки, какъ мы уже упоминали, допускается на сжатіе отъ 8 до 12 кг.

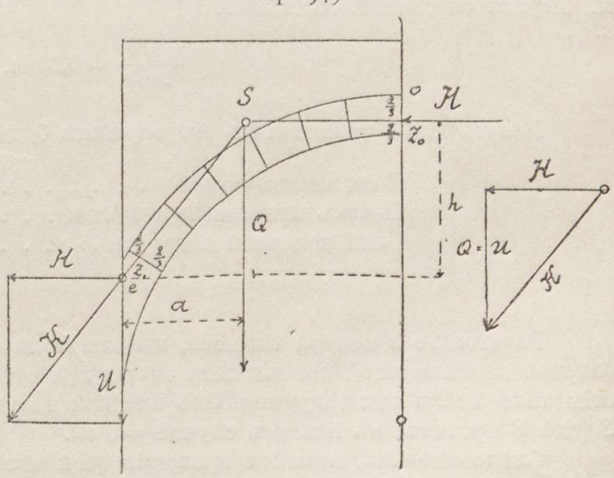
До какой величины въ кирпичныхъ сводахъ различной толщины, при невполнѣ затвердѣвшемъ растворѣ, можно допускать совершенно безопасный (минимальный) распоръ, а также, какія этому распору соотвѣтствуютъ величины для K (чер. 348), т.-е. давленія на пяты, показано въ нижеслѣдующей таблицѣ *):

Таблица XIX.

При толщинѣ свода въ замкѣ.	$^1/_2$ кирп.	1 кирп.	$1^1/_2$ кирп.	2 кирп.	$2^1/_2$ кирп.
Горизонт. распоръ H.	320 кг.	1.400 кг.	3.300 кг.	5.900 кг.	9.400 кг.
Давленіе на пяты K. .	960 кг.	4.200 кг.	9.800 кг.	17.700 кг.	28.200 кг.

Не приступая къ вычерчиванію кривой давленія, можно приблизительно графически опредѣлить величину минимальнаго и средняго распора H и давленія на пяты K (черт. 348). Задавъ масштабъ для силъ, поступаютъ слѣдующимъ образомъ: для опредѣленія минимальнаго распора за точку приложенія его принимаютъ наивысшую точку Z_0 замковаго шва, черезъ которую и проводятъ горизонтальную линію распора H до пересѣченія въ точкѣ S съ направленіемъ вертикальной силы Q вѣса свода и его нагрузки. Сила Q должна приблизительно проходить черезъ центръ тяжести нагрузки и вѣса свода, при чемъ разстояніе a измѣряется отъ вертикальной поверхности опоръ. Точку S соединяютъ съ точкою e и строятъ по извѣстному масштабу многоугольникъ силъ, при чемъ получаютъ величину H и K.

Чер. 349.



$$H = \frac{Qa}{h}.$$

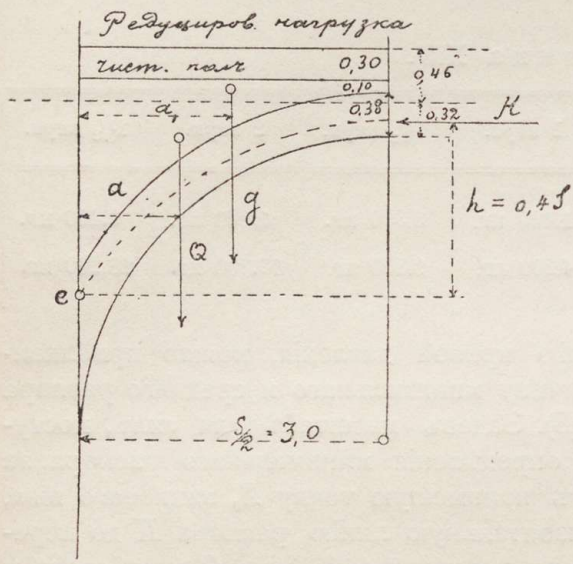
Точно такъ же поступаютъ и при опредѣленіи величины H и K, выбравъ точку приложенія для горизонтальной силы распора не въ вершинѣ замковаго шва, а на разстояніи $^1/_3$ толщины свода отъ внутренней шелыги его (черт. 349) и точку пересѣченія силы K съ линіей пяты, на такомъ же разстояніи отъ наружной по-

*) Der Gewölbebau, Max Haase. Стр. 10.

верхности свода. При этомъ h принимается равнымъ вертикальному разстоянію между точкой e, пересѣченія силы K съ боковой поверхностью опорныхъ стѣнъ, и точкою Z_0 приложенія распора въ вершинѣ свода.

Изъ приведеннаго для H выраженія видно, что чѣмъ больше h, тѣмъ меньше распоръ свода и наоборотъ. Поэтому плоскіе своды и арки производятъ большій распоръ при томъ же грузѣ сравнительно съ полуциркульными и возвышенными.

Чер. 350.



Такъ какъ сила K, приложенная къ точкѣ e (черт. 349), есть равнодѣйствующая силъ H и U, то для опредѣленія устойчивости опоръ весьма важно опредѣлить не только минимальный распоръ, но и распоръ при болѣе пологой кривой давленія.

Примѣръ повѣрочнаго расчета кирпичнаго цилиндрическаго свода*).

Предположимъ, что мы имѣемъ сводъ (черт. 350) пролетомъ въ 6 метр., несущій грузъ въ 480 кг. на кв. метръ. Толщина свода равномѣрна безъ уширенія къ пятамъ и принята равной въ $1^1/_2$ кирпича или 0,38 метр.

Полезная нагрузка, редуцированная на объемъ кладки вѣсомъ въ 1600 кг. 1 куб. м., выразится слоемъ толщиною:

$$\frac{480}{1600} = 0{,}30 \text{ м.}$$

Вся толщина покрытія въ его вершинѣ будетъ:

Толщина въ замкѣ	0,38 м.
Песокъ и половыя лещадки	0,10 м.
Слой полезной нагрузки	0,30 м.
Всего . . .	0,78 м.

Разстояніе a центра тяжести, половины цилиндрическаго свода (черт. 350) отъ боковой вертикальной поверхности опоры при отношеніи высоты подъема къ отверстію какъ 1 : 2 и при загруженныхъ кладкой пазухахъ принимается равнымъ $a = 0{,}16\ S$ (гдѣ S пролетъ, въ нашемъ случаѣ = 6 м).

Слѣдовательно, моментъ вращенія всей массы свода относительно точки e выразится $Q \times 0{,}16\ S$.

Центръ тяжести груза, лежащаго на сводѣ и приведеннаго къ объему прямоугольной формы, располагается на разстояніи a_1 = половинѣ полупролета; поэтому моментъ вращенія груза G относительно той же точки e равенъ $G \times 0{,}25\ S$.

*) Примѣры взяты изъ книжки Max. Haase „Der Gewölbebau“.

При подъемѣ свода, равномъ $^1/_2$ S, вертикальное разстояніе h точки e отъ точки приложенія распора равняется $0{,}4 \times S$ *) поэтому на основаніи предшествовавшаго

$$H = \frac{Q \times 0{,}16\ S + G \times 0{,}25\ S}{0{,}4\ S}.$$

$$Q = \left(3{,}32 \times 3{,}0 - \frac{3{,}14 \times 3^2}{4}\right) \times 1{,}6 = 4{,}63 \text{ ton.}$$

$$G = (0{,}78 - 0{,}32)\ 3 \times 1{,}6 = 2{,}21 \text{ ton.}$$

Слѣдовательно,

$$H = \frac{4{,}63\ .\ 0{,}16 \times 6 + 2{,}21 \times 0{,}25\ .\ 6}{0{,}4 \times 6} = 3{,}23\ tn = 3230\ kg.$$

Согласно предшествовавшей таблицы XIX (стр. 249)., при толщинѣ свода въ 0,38 м. или $1^1/_2$ кирпича, горизонтальный распоръ можно допустить въ 3300 кг., слѣдовательно принятые размѣры въ этомъ отношеніи достаточны.

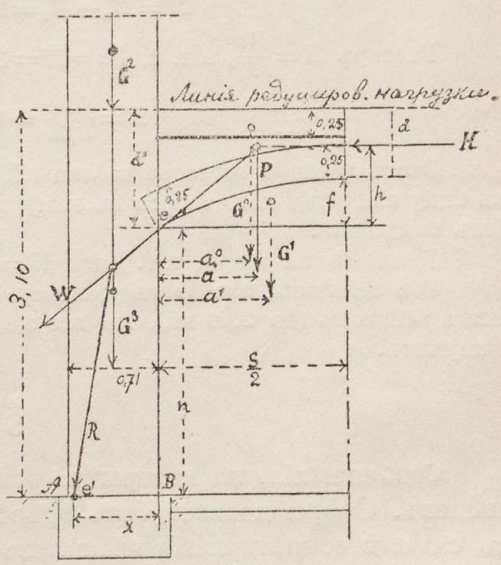
Величина давленія на пяты выводится изъ формулы: $K = \sqrt{H^2 + Q^2}$, т.-е. въ данномъ случаѣ

$$K = \sqrt{H^2 + (Q + G)^2} = \sqrt{3{,}23^2 + (4{,}63 + 2{,}21)} = 7560 \text{ кг.}$$

А такъ какъ, согласно той же таблицы, величина K не должна превосходить 9800 кг., то слѣдовательно въ этомъ отношеніи сводъ имѣетъ значительный запасъ.

Другой примѣръ. Данъ плоскій кирпичный сводъ (чер. 350а) съ забуткой пазухъ тощимъ бетономъ.

Чер. 350 а.



Пролетъ $s = 3{,}0$ м., подъемъ $f = 0{,}40$ м.

Толщина въ рамкѣ $= 0{,}25$ м. (1 кирпичъ).

„ „ пятахъ $= 0{,}25$ м.

На сводѣ расположенъ грузъ временный или постоянный въ 320 кг. на кв. м. перекрываемаго пространства. Вѣсъ куб. м. кладки $= 1{,}6$ t. Приводя нагрузку свода къ объему кирпичной кладки, получаемъ толщину для слоя, равную

$$\frac{0{,}32}{1{,}6} = 0{,}20 \text{ м.}$$

А вся толщина $d = 0{,}25 + 0{,}05 + 0{,}20 = 0{,}5$ м. **).

Здѣсь 0,05—толщина цементнаго пола и подготовки подъ полъ.

Вертикальное разстояніе линіи редуцированной нагрузки отъ начальной точки свода e равно

$$d^0 = d + f = 0{,}90 \text{ м.}$$

Задаваясь точкой приложенія распора H въ вершинѣ замковаго шва, величина $h = 0{,}40 + 0{,}25 = 0{,}65$ м.

Чтобы упростить опредѣленіе площадей, можно принять направляющую кривую свода за параболу, ограждающую площадь съ основаніемъ $= \frac{S}{2}$ и высотою f; площадь эта выразится $= \frac{2}{3} \times \frac{S}{2} f$.

---

*) Согласно: Ungewitter, Gothische Constructionen.

**) На чер. 350а размѣръ редуцированной нагрузки вписанъ не вѣрно: вмѣсто 0,20 написано 0,25.

Разстояніе a' центра тяжести этой параболической площади отъ точки e равно $a' = \frac{3}{5} \times \frac{S}{2}$. Размѣры всей прямоугольной площади:

безъ вычита параболической площади $= d^0 \frac{s}{2} = 0{,}9 \times 1{,}5 = 1{,}35$ кв. м.,

а за вычетомъ параболической $= \frac{2}{2} \times \frac{S}{2} f = \frac{2}{3} \times 1{,}5 \times 0{,}4 = 0{,}40$ кв. м.

Вычитая получаемъ величину площади . . . . . 0,95 кв. м.

Отсюда, принимая эллементъ свода по длинѣ равнымъ 1 м. получимъ вѣсъ

$G^0 = 1{,}35 \times 1{,}6 = 2{,}16\ t$ вычитая
$G' = 0{,}4 \times 1{,}6 = 0{,}64\ t$ получаемъ

Равнодѣйствующій вѣсъ $P = 1{,}52\ t$.

Моментъ вращенія около точки e для силы G^0 равенъ

$$M_0 = G^0 a^0 = G^0 \frac{3{,}0}{4} = 2{,}16 \frac{3{,}0}{4} = 1{,}62 \text{ tm. (тонометровъ).}$$

$$M_1 = G' a' = G' \frac{3}{5} \times \frac{S}{2} = 0{,}64 \times 0{,}9 = 0{,}58 \text{ tm.}$$

Моментъ вращенія Pa, равнодѣйствующей P, выразится разностью моментовъ M_0 и M_1, т.-е.

$$M = M_0 - M_1 = 1{,}62 - 0{,}58 = 1{,}04 \text{ tm.}$$

Распоръ $H = \frac{Pa}{h}$, а т. к. $Pa = M = 1{,}04$, а $h = 0{,}65$ м., то

$$H = \frac{1{,}04}{0{,}65} = 1{,}6\ t = 1600 \text{ кг.}$$

Этотъ распоръ согласно таблицы XIX превосходитъ допускаемый на 200 кг., но въ виду значительнаго запаса въ коэффиціентахъ, толщина свода можетъ оставаться безъ измѣненія.

Давленіе на опоры, т.-е. сила $W = \sqrt{P^2 + H^2} = \sqrt{1{,}52^2 + 1{,}6^2} = 2{,}2\ t = 2200$ кг. Эта величина, наоборотъ, согласно той же XIX таблицы, получается съ большимъ запасомъ (на 2000 кг.). Но все же толщина въ пятахъ должна оставаться въ 1 кирпичъ.

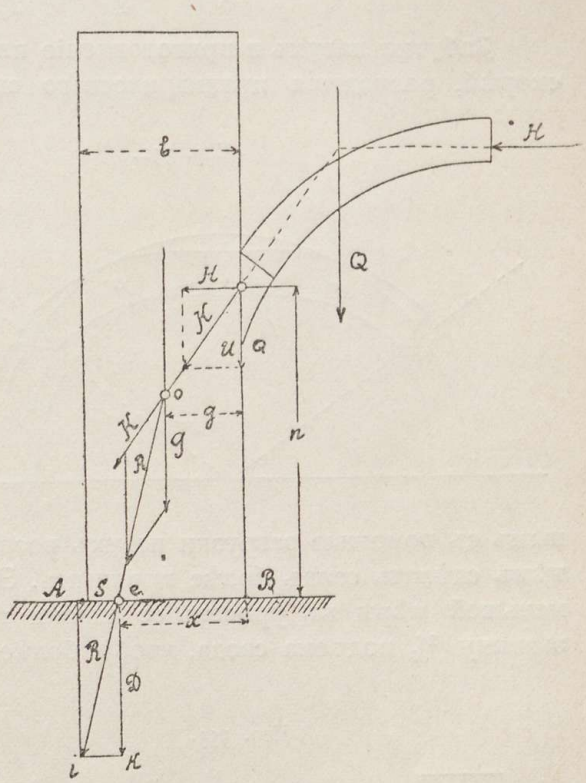
§ 20.

Соображенія, на которыхъ основана провѣрка устойчивости опоръ сводовъ. Опоры должны быть провѣрены относительно ихъ устойчивости въ смыслѣ сопротивленія вращательному, около наружнаго ребра, и поступательному движенію, а также на сопротивленіе ихъ сжатію подъ вліяніемъ вертикальной нагрузки.

Что касается до погруженія опоръ въ грунтъ или ихъ осадки, то предупрежденіе таковой относится къ устройству фундаментовъ и въ данномъ случаѣ не разсматривается; иначе говоря, осадка не предполагается ни на швахъ, ни отъ сжатія грунта. На опоры передается два усилія; одно наклонное K (черт. 351), какъ равнодѣйствующая распора и вѣса свода, а другое — G — вертикальное, представляющее вѣсъ самой опоры вмѣстѣ съ грузомъ, на ней лежащимъ. Усиліе G проходитъ черезъ центръ тяжести опоры и пересѣкая направленіе силы K въ точкѣ O, вмѣстѣ съ послѣдней даетъ равнодѣйствующую R, продолженіе которой встрѣчаетъ поверхность

фундамента въ точкѣ *e*. Если эта точка располагается въ предѣлахъ линіи *AB* — опора будетъ устойчива, хотя давленіе на единицу поверхности въ наиболѣе сжатомъ ребрѣ, въ точкѣ *A*, можетъ доходить до величины въ 4 раза большей сравнительно съ давленіемъ, равномѣрно распредѣленнымъ. Здѣсь точно такъ же, согласно законовъ неравномѣрнаго сжатія, о которыхъ уже не разъ было упомянуто, можно устойчивость опоры считать обезпеченной, если точка *e* отстоитъ отъ точки *B* не далѣе какъ на $^2/_3$ *b*. Сила *R*, при встрѣчѣ съ поверхностью фундамента, разложится на двѣ составляющія: на горизонтальную *S* и вертикальную *D*; первая будетъ стремиться сдвинуть опору по плоскости *AB*, а вторая, наоборотъ, будетъ дѣйствовать въ пользу устойчивости ея и выражаетъ давящее усиліе. Очевидно, что скольженія опоры по плоскости *AB* опасаться нѣтъ основанія, такъ какъ этому будетъ препятствовать сила тренія, если уголъ *iek* меньше угла тренія, какъ это и есть въ нашемъ случаѣ *).

Чер. 351.



Величина *x* (отъ *e* до *B*) можетъ быть опредѣлена графически или выведена изъ уравненія моментовъ вращенія силъ *U*, *G* и *H* относительно точки *e*:

$$Ux + G(x - g) = Hn.$$

Согласно черт. 351, *U* обозначаетъ вѣсъ всей половины свода и равно *Q*; *G* — вѣсъ опоры, вмѣстѣ съ ея нагрузкой, *H* — горизонтальный распоръ свода, *g* — разстояніе центра тяжести опоръ отъ внутренней поверхности ихъ, *n* — плечо рычага для *H* или вертикальное разстояніе поверхности *AB* отъ точки приложенія силы *H*.

Вертикальная составляющая *D*. силы *R* выразится равной $D = G + U$.

Согласно таблицы XVIII, приведенной на стр. 239, если *e* находится посрединѣ между *A* и *B*, то давленіе будетъ распредѣлено равномѣрно и на единицу поверхности оно будетъ равно $\frac{D}{b}$, принимая единицу длины фундамента; если же точка *e* располагается отъ *A* на разстояніи $^1/_3$ *AB*, то давленіе въ точкѣ *B* будетъ *o*, а по направленію къ *A* оно будетъ пропорціонально увеличиваться и достигнетъ двойной величины, т.-е. бу-

*) Коэффиціентъ тренія камня о камень принимается $= tg.\ 37^0. = 0{,}75$.

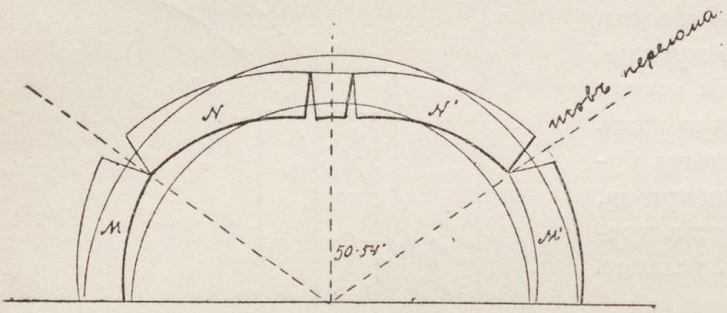
детъ $= 2\,\frac{D}{b}$; если $x = {}^3/_4\ b$, то на протяженіи ${}^1/_4$ ширины фундамента давленіе будетъ равно о, а по направленію къ A увеличится въ $2^2/_3$ раза.

Предположимъ, что $AB = 100$ см. и сила R встрѣчаетъ плоскость фундамента въ точкѣ e, отстоящей отъ B на ${}^3/_4\ b$. Возьмемъ элементъ длины фундамента $= 100$ см. и предположимъ, что давленіе на 1 кв. см. не должно превосходить 8 *к.*, какъ это и принято для кирпичей кладки. Слѣдовательно ${}^{100}/_4$ всей площади не будетъ испытывать давленіе, поэтому D не должно быть болѣе

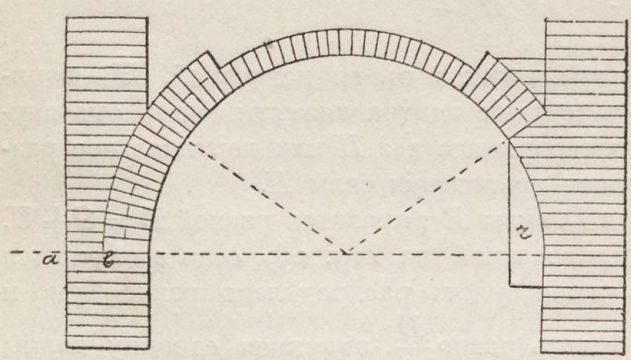
$$\left(100 - \frac{100}{4}\right) 100\ \frac{8}{2^2/_3} = 22500\ kg.$$

Забутка пазухъ и приготовленіе пятъ свода. Картина разрушенія или, скорѣй, распаденія цилиндрическаго свода (черт. 352), наблюдаемая на практикѣ, даетъ указаніе на то, что части свода, расположенныя ниже швовъ перелома [швовъ, составляющихъ съ вертикальной линіей уголъ около 54°], стремятся опрокинуться наружу, вслѣдствіе чего становится весьма важнымъ съ помощью загрузки пазухъ воспрепятствовать этому стремленію и тѣмъ сдѣлать сводъ болѣе прочнымъ. Забутка боковъ свода дѣлается по меньшей мѣрѣ въ уровень со швами перелома; но лучше ее поднять на вышину ${}^2/_3$ подъема свода, чтобы болѣе высокой разгрузкой препятствовать и верхнимъ частямъ свода N и N_1 (черт. 352) приподниматься въ концахъ, примыкающихъ къ шву перелома. Изъ этого чертежа (352) мы видимъ, что при разрушеніи цилиндрическаго свода замковый рядъ падаетъ вовнутрь пролета, а также и верхнія части N и N_1 до швовъ перелома; нижнія же части M и M_1 отъ шва перелома до пятъ, отваливаются наружу.

Чер. 352.



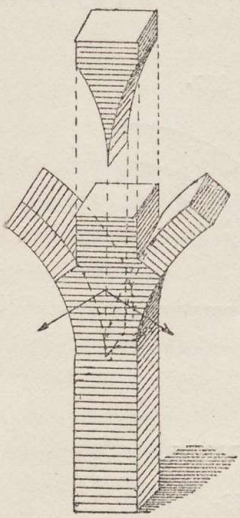
Чер. 353.



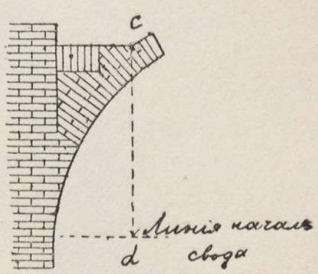
Что касается расположенія кирпича или рядовъ камня при производствѣ забутки пазухъ, то это въ зависимости отъ того, устраиваютъ ли для свода пяты внутри опорныхъ стѣнъ (лѣвая сторона черт. 353) или выпускныя (правая сторона того же чертежа), т.-е. когда сводъ частью

или до швовъ перелома выложенъ изъ горизонтальныхъ рядовъ, безъ кружалъ, наблюдая правильность внутренней поверхности съ помощью особаго деревяннаго шаблона *r* (черт. 353), называемаго м а л ь к о й; при этомъ пяты выступаютъ съ поверхности опорныхъ стѣнъ. Что касается перваго способа устройства пятъ, то неудобства его очевидны изъ чертежа, такъ какъ здѣсь грузъ опорной стѣны, расположенной выше пятъ, передается не на всю толщину стѣны, а лишь на площадку, шириною *a b*, что не можетъ считаться надежнымъ. Если же такія пяты устроены на стѣнѣ или на столбѣ, служащимъ опорою для двухъ арокъ или сводовъ, то грузъ кладки расположенной выше пятъ (черт. 354), благодаря своей формѣ, дѣйствуетъ какъ клинъ и можетъ раздвинуть концы арокъ. Въ подобныхъ случаяхъ необходимо устройство выпускныхъ пятъ, какъ это и показано на нашемъ чертежѣ (354).

Чер. 354.



Чер. 355.



Забутка пазухъ при выпускныхъ пятахъ устраивается или просто горизонтальными рядами, или еще лучше такъ, какъ показано на чертежѣ 355. Здѣсь какъ бы утолщается самый сводъ къ пятамъ.

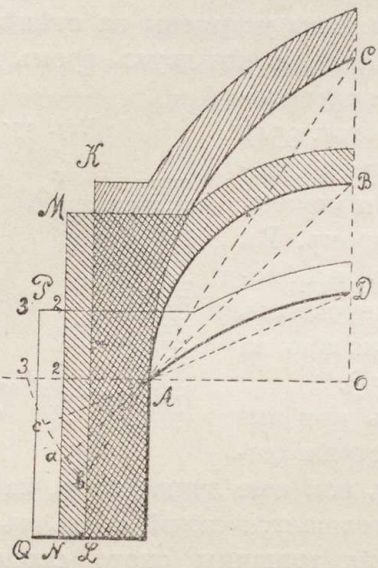
Графическіе пріемы для опредѣленія толщины опоръ сводовъ. Существуетъ нѣсколько графическихъ способовъ для приблизительнаго опредѣленія толщины опоръ въ зависимости отъ отношенія подъема свода къ его отверстію, такъ какъ съ измѣненіемъ этого отношенія, какъ мы видѣли выше, измѣняется и величина распора, а слѣдовательно и толщина опоры. Такъ по Рондле эта толщина для полнаго полуциркульнаго свода должна быть равна $^1/_8$ пролета; Деранъ принимаетъ ее въ $^1/_4$ пролета; на практикѣ же обыкновенно задаются толщиной опоръ для правильнаго цилиндрическаго свода отъ $^1/_5$ до $^1/_6$ отверстія.

Принимая во вниманіе эти данныя и назначивъ размѣры опоръ для правильнаго цилиндрическаго свода, можно опредѣлить толщину опоръ и для сводовъ, при томъ же пролетѣ, но съ плоской или возвышенной кривой направляющей. Для этого на данномъ пролетѣ очерчиваютъ полукругъ (черт. 356) и опредѣляютъ толщину опоръ, какъ бы для полуциркульнаго свода, т.-е. назначаютъ линію *A*2; затѣмъ проводятъ хорду *AB* и продолжаютъ ее до пересѣченія въ (·) *a* съ вертикальной линіей *MN*, ограничивающей опору и проходящей черезъ точку 2; послѣ чего изъ точки *A*, какъ изъ центра, радіусомъ *Aa* очерчиваютъ $^1/_4$ круга, съ помощью котораго опредѣляютъ толщину опоръ для кривыхъ различныхъ подъемовъ. Такъ, для стрѣльчатой кривой толщина опоръ найдется, если хорду *CA* продолжить до пересѣченія съ $^1/_4$ круга въ точкѣ *b*, проведя черезъ которую вертикальную линію *KL*, мы получаемъ искомую толщину опоры. Для

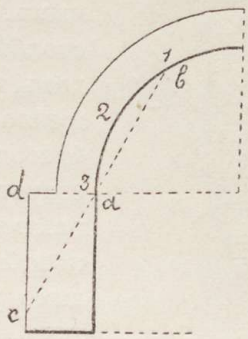
плоской кривой проводятъ хорду AD и продолжаютъ ее до пересѣченія $^1/_4$ круга въ точкѣ c: вертикаль PQ, проведенная черезъ эту точку, ограничитъ толщину ($A3$) опоры соотвѣтственно данной кривой направляющей.

Способъ Дерана заключается въ слѣдующемъ (черт. 357): онъ раздѣляетъ внутреннюю направляющую свода на 3 равныя части, проводитъ хорду ab и на ея продолженіи отъ a откладываемъ ея величину ac; проведя

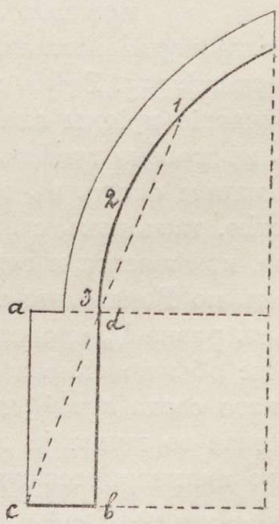
Чер. 356.



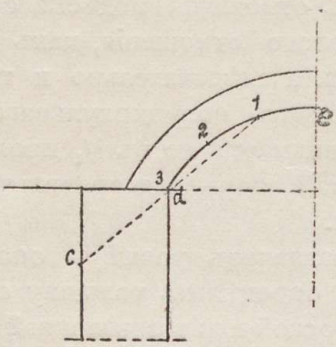
Чер. 357.



Чер. 359.



Чер. 358.



черезъ точку c вертикальную, получимъ толщину опоры. Такимъ образомъ здѣсь толщина опоры опредѣляется независимо отъ таковой же полнаго цилиндрическаго свода, какъ это принято въ предшествующемъ способѣ. На черт. 358 и 359 показано то же построеніе для плоской и возвышенной кривыхъ.

При возведеніи опоръ высотою болѣе 12′ на каждый погонный футъ по высотѣ опоры слѣдуетъ прибавлять отъ 1 до $1^1/_2$″ по ея ширинѣ, смотря по тому, будетъ ли сводъ легкій или нагруженный.

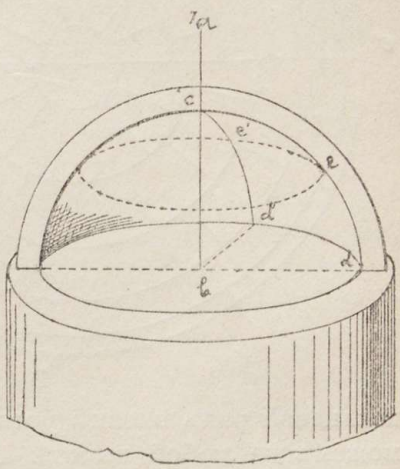
Всѣ описанные способы опредѣленія толщины опоръ относятся къ

тому случаю, когда онѣ стоятъ свободно, что въ гражданской архитектурѣ встрѣчается рѣдко. Въ большинствѣ случаевъ въ пользу устойчивости опоръ служатъ условія, сопровождающія конструкцію самаго зданія. Такъ напримѣръ, опорныя стѣны находятся въ связи съ другими стѣнами, часто на нихъ расположены стѣны другихъ этажей и т. п., что очевидно увеличиваетъ устойчивость опоръ, отклоняя наклонную равнодѣйствующую R (черт. 351) и этимъ уменьшая уголъ наклоненія ея къ вертикальной линіи.

§ 21.

Купольный сводъ. Купольный сводъ представляетъ поверхность вращенія, видъ которой зависитъ отъ формы кривой образующей. Такъ, если кривая $^1/_4$ круга, то при вращеніи ея около вертикальной оси ab (черт. 360) получается сферическій куполъ, самая типичная и наиболѣе распространенная форма купольнаго свода. Здѣсь (черт. 360) четверть круга cd, вращаясь около вертикальной оси ab, образуетъ сферическую поверхность, при чемъ какъ начальная точка d, такъ и каждая точка этой кривой, напр. e, опишетъ окружность. Если кривая будетъ часть дуги круга меньше четверти окружности, то получается возвышенный или стрѣльчатый куполъ; если четверть эллипса, то эллипсическій и т. д. Во всякомъ случаѣ начальная линія купольнаго свода должна быть кругъ, всякая другая кривая слишкомъ усложняетъ конструкцію.

Чер. 360.



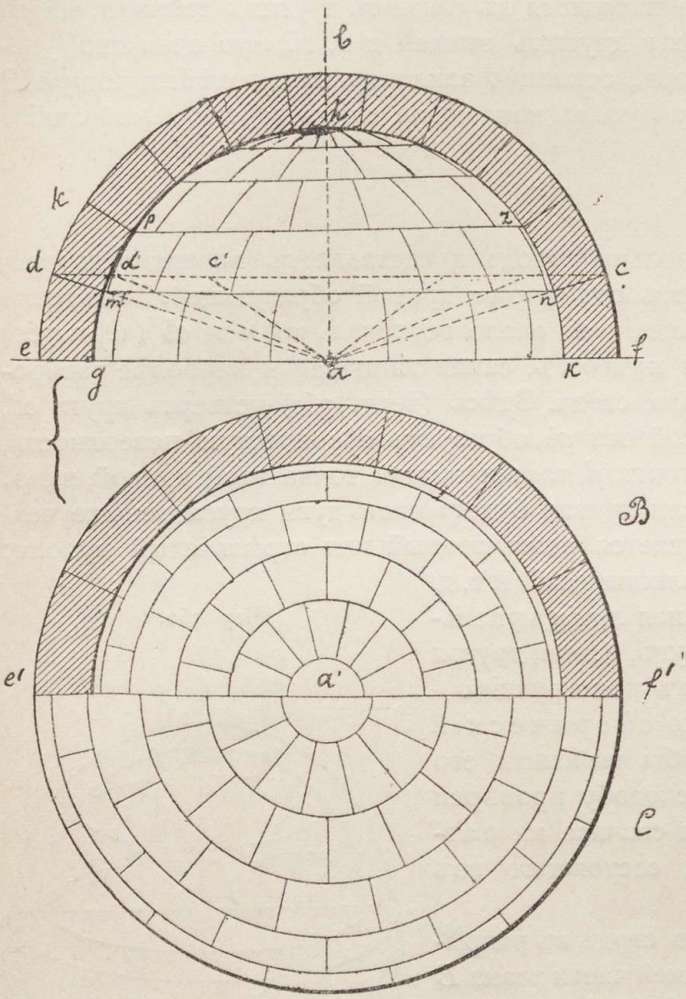
Мы разсмотримъ только сферическій куполъ и для того, чтобы выяснить его конструкцію и перейти къ способу провѣрки его размѣровъ, остановимся сначала на разрѣзкѣ купольнаго свода, состоящаго изъ тесовыхъ камней.

На черт. 361 изображенъ сводъ въ разрѣзѣ и планѣ, при чемъ въ верхней части плана B представленъ горизонтальный разрѣзъ купольнаго свода въ плоскости пятъ, по линіи ef (видъ купольной кладки снизу); нижняя часть плана C представляетъ видъ купола сверху; надъ планомъ расположенъ разрѣзъ купола вертикальной плоскостью по линіи $e'f'$.

Приступая къ разрѣзкѣ, прежде всего раздѣляютъ кривую образующую свода ghk (вертик. разрѣзъ) на нечетное число камней и черезъ точки дѣленія, по направленію радіусовъ изъ центра a, проводятъ линіи сопрягающихъ швовъ amd, apk и т. д. При вращеніи около вертикальной оси эти линіи опишутъ коническія поверхности съ вершиною въ точкѣ a. Чѣмъ выше расположенъ сопрягающій швъ, тѣмъ большее отклоненіе имѣетъ сопрягающая коническая поверхность отъ горизонтальной плоскости. На вертикальномъ разрѣзѣ, пересѣченія этихъ коническихъ поверхностей съ поверхностью купола, выразятся прямыми линіями mn, pz и т. д., а въ планѣ—концентрическими кругами. Такимъ образомъ, мы получаемъ рядъ гори-

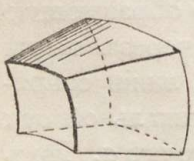
зонтальныхъ колецъ, изъ которыхъ каждое снизу и сверху ограждено коническими поверхностями, а съ боковъ—внутренней и внѣшней поверхностями купола. Вторая система разрѣзки производится вертикальными меридіанальными плоскостями, проходящими черезъ ось купола *ab*, раздѣляя каждое кольцо на отдѣльные клиновидные камни, съ двухъ сторонъ ограниченныхъ криволинейными плоскостями, а съ четырехъ — прямолинейными. Одинъ изъ такихъ клиньевъ представленъ на черт. 362. Эта вторая система разрѣзки даетъ, слѣдовательно, вертикальныя сопрягающія плоскости швовъ и должна быть сдѣлана съ соблюденіемъ строгой перевязки.

Чер. 361.



Въ вершинѣ купола помѣщается ключъ, который, однако, не служитъ замкомъ, какъ это мы видѣли въ цилиндрическихъ сводахъ; если вынуть этотъ ключъ, то сводъ не разрушится, такъ какъ каждый законченный кольцевой рядъ вполнѣ уравновѣшиваетъ купольный сводъ. Поэтому мы можемъ на любой высотѣ сферическаго свода, замкнувъ кольцо, остановиться дальнѣйшимъ производствомъ работъ и снять кружала, такъ какъ это кольцо замѣняетъ замокъ. Это обстоятельство позволяетъ въ вершинѣ купола устраивать отверстія произвольныхъ размѣровъ, не уменьшая нисколько его устойчивости.

Чер. 362.

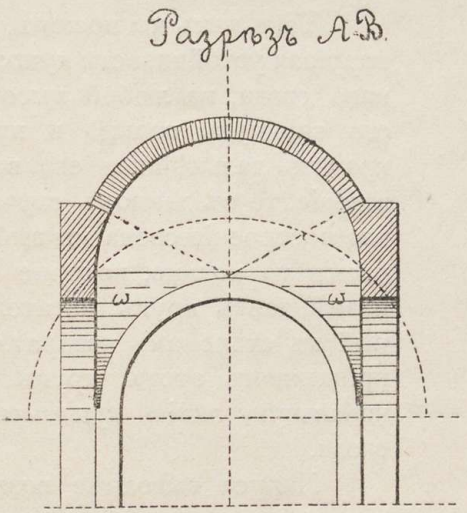


При разрушеніи купольнаго свода, такъ же какъ и цилиндрическаго (черт. 352 стр. 254), части его, расположенныя выше швовъ перелома, опрокидываются внутрь, а расположенныя ниже—стремятся раздвинуться и опрокинуться наружу, при чемъ онъ раздѣляется на части по направленію меридіанальныхъ плоскостей (черт. 360 стр. 257); по этимъ направленіямъ и появляются передъ разрушеніемъ

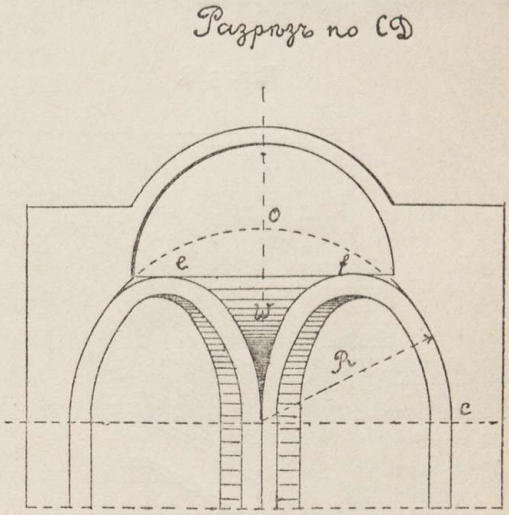
вертикальныя трещины. Слѣдовательно, разрушеніе купольнаго свода подобно, въ этомъ отношеніи, цилиндрическому, поэтому для его устойчивости точно такъ же полезно забучивать и загружать кладкой пазухи.

При кладкѣ *кирпичныхъ* купольныхъ сводовъ соблюдаютъ тѣ же самыя правила разрѣзки, но при этомъ растворъ играетъ существенную роль, такъ какъ камни, составляющіе кольцо купола, не имѣютъ клиновидной формы и швы получаются неравномѣрной толщины. Въ настоящее время всѣ сводчатыя покрытія, арки и перемычки выводятся только на растворѣ изъ портландъ-цемента.

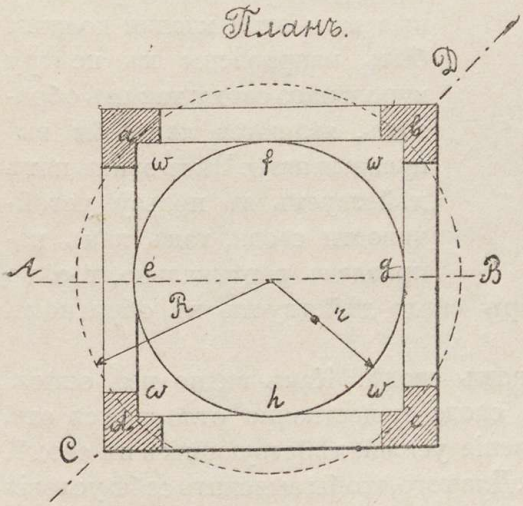
Чер. 364.



Чер. 365.



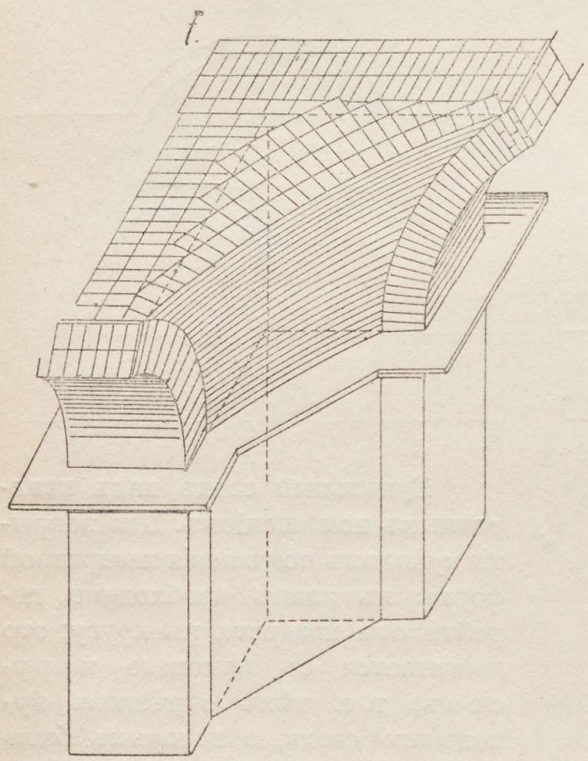
Чер. 363.



Купольный сводъ надъ квадратнымъ помѣщеніемъ. Для покрытія куполомъ помѣщенія квадратной формы въ планѣ необходимо перейти отъ квадрата къ кругу; это достигается съ помощью парусовъ, т.-е. тѣхъ отрѣзковъ купольнаго свода, о которыхъ было сказано выше при разсмотрѣніи формы паруснаго свода. На черт. 363—въ планѣ и въ двухъ разрѣзахъ—поперечномъ (черт. 364) по линіи *AB* и діагональномъ по *CD* (черт. 365) представленъ въ общихъ чертахъ такой переходъ, при чемъ паруса обозначены какъ въ планѣ, такъ и въ разрѣзахъ буквою *w*. Перекрываемое помѣщеніе со всѣхъ четырехъ сторонъ окружено арками, такъ что весь грузъ покрытія передается на четыре столба *a*, *b*, *c*, *d* (черт. 363).

Чтобы перейти къ возведенію купола, первоначально устраиваютъ паруса, которые представляютъ не что иное, какъ отрѣзки купольнаго свода, производящая котораго есть четверть окружности *oc* (черт. 365). При движеніи этой производящей около вертикальной оси ея начальная точка *c* образуетъ окружность, въ которую вписанъ (черт. 363) квадратный планъ помѣщенія *abcd*. Построенный такимъ образомъ парусный сводъ срѣзается горизонтальною плоскостью на такой высотѣ, чтобы полученный отъ этого сѣченія кругъ былъ вписанъ въ квадратъ плана и касался опорныхъ арокъ въ точкахъ *e*, *f*, *g* и *h* (черт. 363). Слѣдовательно, радіусъ *R* перваго, описаннаго круга равенъ половинѣ діагонали квадрата *abcd*, а радіусъ *r* второго вписаннаго круга равенъ половинѣ стороны этого квадрата.

Чер. 366.



Такъ какъ мы можемъ, не нарушая устойчивости купольнаго свода, на любой высотѣ его замкнуть кольцо и прекратить дальнѣйшее его возведеніе, то въ данномъ случаѣ для построенія свода мы выбираемъ то кольцо, которое въ планѣ даетъ кругъ, касательный къ сторонамъ квадрата и принимаемъ этотъ кругъ за начальную линію купольнаго свода.

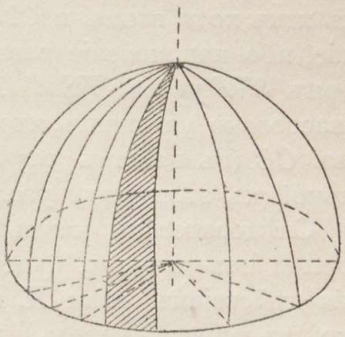
Паруса выгоднѣе возводить изъ горизонтальной кладки, какъ это показано на черт. 366, при чемъ вертикальные швы этой кладки должны быть направлены къ центру купольнаго свода; такимъ образомъ, являются какъ бы выпускныя пяты. Вѣсъ этихъ пятъ дѣйствуетъ въ пользу устойчивости свода, такъ какъ направленъ вертикально, т.-е. во внутрь помѣщенія, тогда какъ распоръ свода дѣйствуетъ въ обратномъ направленіи, т.-е. наружу.

Распредѣленіе усилій въ купольномъ сводѣ. Какъ видно изъ описанія, конструкція и форма купольнаго свода существенно отличаются отъ цилиндрическаго, поэтому и распредѣленіе усилій, дѣйствующихъ въ сводѣ, представляетъ нѣсколько иную картину. Для того, чтобы выяснить себѣ условія равновѣсія этого свода и провѣрить его размѣры, раздѣлимъ его на отдѣльныя горизонтальныя кольца и разсѣчемъ (черт. 367) меридіанальными плоскостями на равные элементы, изъ которыхъ каждый будетъ представлять изъ себя вертикально поставленный отрѣзокъ шаровой поверхности.

Далѣе, представимъ себѣ (черт. 368) вертикальный разрѣзъ такого элемента. Такъ какъ купольный сводъ состоитъ изъ отдѣльныхъ горизонтальныхъ колецъ, расположенныхъ другъ на другѣ, то взятый нами элементъ будетъ точно такъ же состоять изъ такого же числа отдѣльныхъ клиньевъ, форма которыхъ была уже указана (черт. 362).

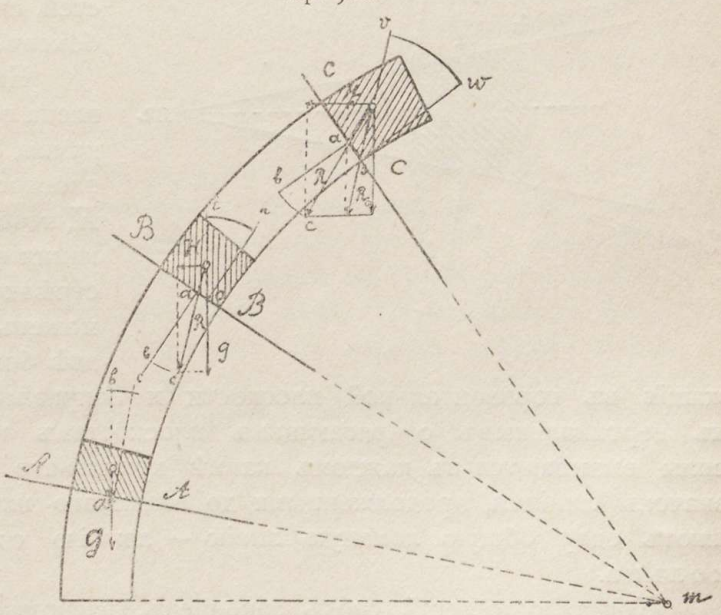
Предположимъ, что сводъ возведенъ только до сопрягающей поверхности *AA*. Всѣ камни купольнаго кольца, расположенные на этой плоскости, будутъ, благодаря силѣ тренія, вполнѣ устойчивы, такъ какъ направленіе усилія *G*, проходящее черезъ центръ тяжести этого камня, составляетъ съ нормальной *ac* къ плоскости *AA* уголъ *bac* меньшій угла тренія. Если каждый камень въ отдѣльности имѣетъ устойчивое положеніе, то такъ же устойчиво будетъ и все кольцо.

Чер. 367.



Если мы далѣе возведемъ сводъ до высоты опорной или сопрягающей плоскости *BB*, имѣющей значительно бо́льшій уклонъ къ горизонту сравнительно съ плоскостью *AA*, и будемъ располагать на этой плоскости камни слѣдующаго ряда, то ни одинъ изъ нихъ не можетъ удержаться на такой наклонной поверхности и будетъ скатываться, такъ какъ линія *G* направленія силы тяжести камня, хотя и пересѣкаетъ опорный шовъ *BB* (постель камня), но съ перпендикуляромъ *on* къ этой постели составляетъ уголъ *ion* значительно бо́льшій угла тренія. Чтобы воспрепятствовать этому скольженію камня, необходимо приложить къ его центру тяжести силу *H* (распоръ) такого размѣра, чтобы въ сложности съ силой *G*, она давала равнодѣйствующую *R*, которая бы непремѣнно встрѣчала опорную плоскость *BB* и составляла съ перпендикуляромъ *ab* уголъ *bac* меньшій угла тренія. Если, наконецъ, сводъ достигнетъ высоты опорной плоскости *CC*, то оказы-

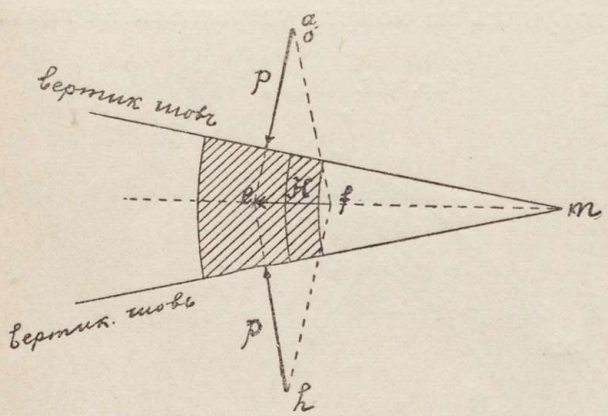
Чер. 368.



вается, что вертикальное направленіе линіи вѣса камня на ней расположеннаго, не встрѣчаетъ плоскости *CC*, поэтому камень не только будетъ скользить, но и вращаться около наружнаго ребра *S*. Приложенная въ центрѣ тяжести горизонтальная сила *H*, дѣйствуя въ противоположную сторону, будетъ противодѣйствовать такому опрокидыванію камня, если въ сложности съ силой тяжести камня даетъ равнодѣйствующую, проходящую черезъ ребро *S*. Но для устойчивости камня и этого недостаточно, такъ какъ хотя этимъ избѣгается опрокидываніе, но не устраняется скольженіе, ибо направленіе равнодѣйствующей R_0 составляетъ съ перпендикуляромъ *SW* уголъ *VSW* большій угла тренія; поэтому необходимо силу *H* настолько увеличить, чтобы равнодѣйствующая *R* не только пересѣкала шовъ *CC* (въ нашемъ случаѣ въ точкѣ *a*), но и составляла бы съ нормальной къ этому шву уголъ *bac* меньшій угла тренія.

Слѣдовательно, каждый камень, лежащій на наклонной сопрягающей опорной поверхности, будетъ удерживаться отъ скольженія и опрокидыванія дѣйствіемъ силы *H*, которая есть не что иное, какъ распоръ, т.-е. тоже, въ свою очередь, равнодѣйствующая двухъ сжимающихъ камень (чер. 369), силъ, обнаруживающихся съ того момента, какъ осадка послѣ раскружаливанія свода прекратилась. Обѣ силы дѣйствуютъ перпендикулярно къ плоскостямъ вертикальныхъ швовъ, т.-е. меридіанальныхъ плоскостей, сжимая камень съ двухъ боковъ.

Чер. 369.



На чертэжѣ 369 представлена горизонтальная проекція камня, лежащаго на опорной плоскости *CC* (чер. 368). Сила *H*, необходимая для удержанія камня въ равновѣсіи показана стрѣлкой по направленію *fe*, и можетъ быть разложена на двѣ боковыя силы *P* и *P*, лежащія въ горизонтальной плоскости и направленныя перпендикулярно къ вертикальнымъ сопрягающимъ плоскостямъ клиньевъ свода. Такія силы вызываются въ каждомъ камнѣ купольнаго кольца и будучи обозначены линіями, продолженными до взаимнаго ихъ пересѣченія, составляютъ одну общую ломаную линію — линію сжатія купольнаго кольца.

Когда купольный сводъ законченъ, раскружаленъ и нагруженъ, то вѣсъ каждаго камня увеличивается еще и расположенной на немъ нагрузкой; равнодѣйствующія, составленныя изъ этихъ сложныхъ грузовъ и распоровъ *H*, необходимыхъ для удержанія камней въ равновѣсіи, соединенныя въ одну ломанную линію, даютъ линію давленія въ меридіальномъ разрѣзѣ свода. Для устойчивости купола

необходимо, чтобы эта линія давленія не выходила изъ предѣловъ толщины свода.

На чер. 370 указано построеніе линій давленія, проходящей въ срединѣ толщины свода. Такое построеніе вполнѣ возможно, такъ какъ силы H_1 H_2 и т. д. могутъ быть такихъ размѣровъ, при которыхъ равнодѣйствующія будутъ имѣть требуемое направленіе, т.-е. будутъ пересѣкать средины сопрягающихъ швовъ.

Черт. 370 представляетъ половину поперечнаго разрѣза свода меридіальной плоскостью съ раздѣленіемъ на 8 клиньевъ или камней. Грузы клиньевъ, ширина коихъ равна одному элементу свода, взятому между двумя меридіанальными сѣченіями, обозначены вертикальными стрѣлками 1, 2, 3 . . . 8, проходящими черезъ центръ тяжести этихъ камней.

Для опредѣленія прочности свода и провѣрки его размѣровъ намъ необходимо опредѣлить величины: 1) горизонтально направленныхъ и сжимающихъ камни съ боковъ усилій, которыя проявляются въ каждомъ кольцѣ раскружаленнаго и загруженнаго свода и удерживаютъ камень отъ опрокидыванія и скольженія, и 2) силъ, дѣйствующихъ по кривой давленія, сжимающихъ камень со стороны опорныхъ плоскостей. Оба эти давленія не должны превосходить прочное сопротивленіе камня или кирпичной кладки на раздробленіе.

Для рѣшенія этихъ вопросовъ строимъ многоугольникъ силъ (чер. 371), т.-е., задавшись извѣстнымъ масштабомъ силъ, первоначально наносимъ на вертикальную Ox въ послѣдовательномъ порядкѣ величины грузовъ 1, 2, 3, 4 . . . 8. Далѣе, изъ чертежа 370 видно, что равнодѣйствующая, проходящая черезъ центръ тяжести перваго камня и составленная изъ вертикально направленнаго груза перваго камня и горизонтальной силы H_1 (черт. 370), необходимой для удержанія этого камня въ равновѣсіи, должна по заданію пройти черезъ средину опорнаго шва KK. Имѣя такимъ образомъ направленіе этихъ трехъ силъ, изъ коихъ одна сила извѣстна по своей величинѣ, мы можемъ построить треугольникъ силъ Oa_1 1 (черт. 371), котораго гипотенуза Oa_1 опредѣляетъ величину давленія на опорный шовъ KK, а катетъ a_1 1—распоръ, т.-е. необходимое для равновѣсія камня горизонтальное усиленіе H_1. Слѣдовательно, линія Oa_1 выражаетъ величину сжимающаго усилія. Силу эту слагаютъ съ вѣсомъ второго клина въ общую равнодѣйствующую, при чемъ направленіе ея должно быть таково, чтобы оно пересѣкало средину опорнаго шва ii; когда это направленіе опредѣлено, на черт. 370 (построеніе на чер. не показано), то является возможность въ многоугольникѣ силъ построить трехугольникъ 2 Oa_2, котораго гипотенуза Oa_2 представитъ по величинѣ и направленію силу давленія на шовъ ii, а вертикальный катетъ $O2$ сумму вѣсовъ 1-го и 2-го камней. Горизонтальный же катетъ, т.-е. горизонтальное разстояніе точки a_2 отъ вертикальной линіи Ox, за вычетомъ величины H_1, даетъ величину H_2, ту горизонтальную силу или распоръ, который необходимъ для удержанія въ равновѣсіи второго камня.

Такимъ же способомъ, для опредѣленія давленія на опорный шовъ hh, равнодѣйствующая давленія на шовъ ii слагается съ вѣсомъ третьяго

камня и полученная равнодѣйствующая проводится такъ, чтобы она проходила черезъ средину шва hh, что опредѣляетъ ее направленіе и даетъ возможность построить въ многоугольникѣ силъ (черт. 371) третій треугольникъ $3oa_3$, въ которомъ Oa_3 выражаетъ по величинѣ и направленію давленіе на шовъ hh, при чемъ мы видимъ, что точка a_3 отстоитъ далѣе отъ вертикальной линіи Ox, чѣмъ точка a_2, что служитъ указаніемъ, что для равновѣсія тротьяго камня тоже нужна горизонтальная сила, равная H_3.

При дальнѣйшемъ построеніи линіи давленія оказывается, что для того, чтобы эта линія, по принятому заданію, проходила черезъ средины опорныхъ швовъ ee, dd и cc, является необходимость, начиная съ камня 6 (чер. 370 и 371) и далѣе для камней 7 и 8, въ приложеніи горизонтальныхъ силъ Z_6, Z_7 и Z_8, направленныхъ, по отношенію къ силамъ H_1, H_2 и т. д., въ противоположную сторону. Поэтому одновременно съ дѣйствіемъ этихъ послѣднихъ силъ на сжатіе верхнихъ кольцъ купола и вызывающихъ реакцію, соотвѣтствующую сопротивленію матеріала на сжатіе, силы Z_6 Z_7 и Z_8, направленныя обратно, вызываютъ и обратную реакцію, т.-е- растяженіе кольцъ, расположенныхъ ниже швовъ перелома; это стремленіе наружу нижнихъ частей купола можетъ быть уничтожено устройствомъ забутки пазухъ, или желѣзнымъ кольцомъ, которое и будетъ противодѣйствовать сдвиганію или опрокидываніо этихъ частей свода наружу (см. чер. 352 стр. 254).

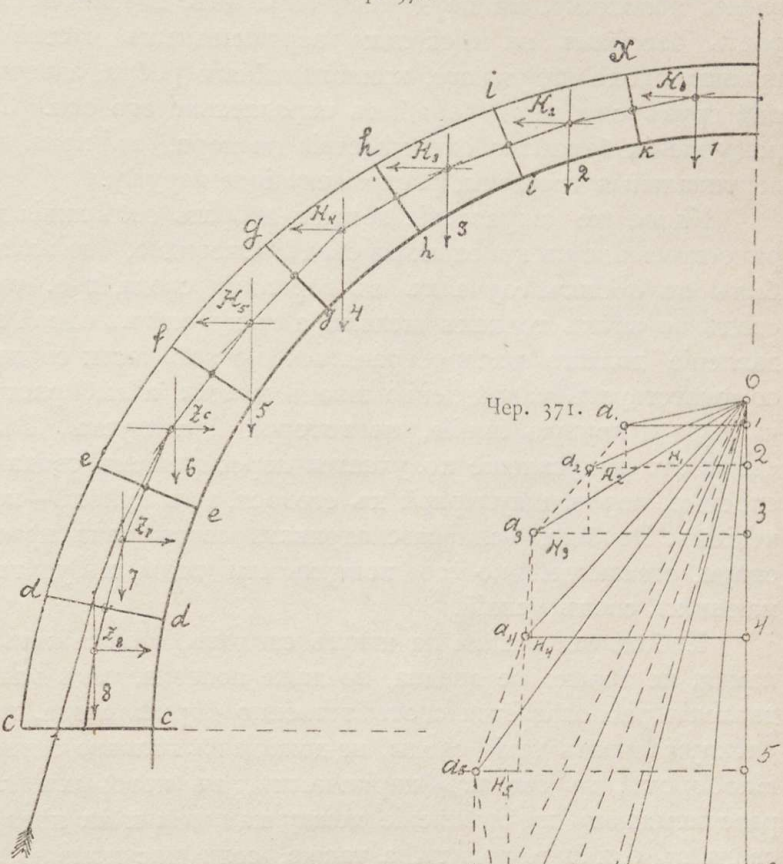
Чтобы выяснить себѣ положеніе линіи давленія (чер. 370), не имѣя въ виду укрѣпленія желѣзнымъ кольцомъ, или, иначе говоря, не расчитывая на силы Z_6, Z_7 и Z_8, то слѣдуетъ, не измѣняя всего построенія линіи давленія, продолжать ея вычерчиваніе во многоугольникѣ силъ (чер. 371), не вводя означенныхъ горизонтальныхъ силъ въ эпюру, а принимая давленіе на опорные швы ee, dd и cc равными равнодѣйствующимъ ob_6, ob_7 и ob_8, полученныхъ изъ слагаемыхъ oa_5, ob_6 и ob_7 съ вѣсами 6, 7 и 8. Вслѣдствіе этого нижній конецъ линій давленія, хотя и будетъ нѣсколько отходить отъ средины камня, однако далеко не выходя еще изъ предѣловъ поперечнаго сѣченія свода.

Замѣтимъ, между прочимъ, что уголъ наклоненія шва, отдѣляющаго скользящія кольца купольнаго свода отъ неподвижныхъ (иначе говоря, уголъ, равный углу тренія), носитъ названіе угла перелома.

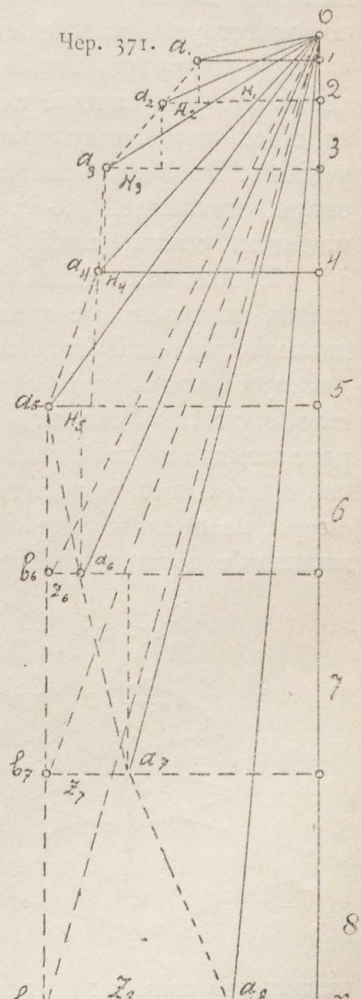
Величины горизонтальныхъ силъ H_1, H_2 и т. д., а въ связи съ ними и величины давленія на опорные швы, въ приведенномъ построеніи вызываются заданнымъ положеніемъ линіи давленія; изъ этого можно заключить, что въ одномъ и томъ же купольномъ покрытіи при увеличеніи нагрузки, равновѣсіе возстановляется измѣненіемъ величины кольцевого давленія, т.-е. силъ H_1, H_2 и т. д. При измѣненіи нагрузки линія давленія на опорные швы въ зависимости отъ измѣненія силъ, сжимающихъ кольцо, получаетъ сама собой направленіе, соотвѣтствующее равновѣсію свода; поэтому купольный сводъ имѣетъ по отношенію къ устойчивости преимущество сравнительно съ цилиндрическимъ сводомъ, въ которомъ увеличеніе нагрузки требуетъ тотчасъ же и увеличенія толщины свода для того, чтобы опустить кривую давленія.

Итакъ, если меридіанальная линія давленія можетъ быть вычерчена такъ, что она не выходитъ изъ предѣловъ толщины свода; если уголъ между нормальной къ опорному шву и направленіемъ линіи давленія нигдѣ не превосходитъ угла тренія (что, впрочемъ, при средней линіи давленія иначе и быть не можетъ) и, наконецъ, если давленіе на швы соотвѣтствуетъ прочному сопротивленію матеріала на сжатіе, то можно быть увѣреннымъ, что сводъ обладаетъ достаточной надежностью.

Чер. 370.



Чер. 371.



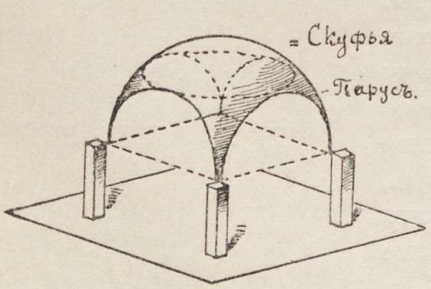
Размѣры опоръ купольнаго свода. Что касается опоръ купольныхъ сводовъ, то для провѣрки ихъ устойчивости разсматриваютъ одинъ меридіальный отрѣзокъ и тотъ распоръ и грузъ, который отъ одного этого отрѣзка передается соотвѣтствующей части криволинейной опоры. Такъ, напримѣръ, въ приведенномъ построеніи (чер. 371), если не прибѣгать къ желѣзному кольцевому скрѣпленію и допустить уклоненіе кривой давленія, т.-е. удаленіе ея отъ средины и приближеніе къ внѣшней поверхности опоръ, то вся величина распора, опрокидывающая эту часть опоры, выразится линіей b_8x. Если же предположить дѣйствующими усилія Z_6, Z_7 и Z_8, то распоръ, согласно того же чертежа, уменьшается до величины a_8x. Въ обоихъ случаяхъ вертикальный грузъ остается одинъ и тотъ же, т.-е. Ox; мѣняется лишь равнодѣйствующая; въ первомъ случаѣ она равна линіи Ob_8, а во второмъ Oa_8.

Такое же точно дѣйствіе распора и вертикальнаго давленія будутъ испытывать и всѣ остальные элементы опоры свода, по всей ея криволинейной поверхности. Слѣдовательно, распоръ въ куполѣ, если онъ поставленъ, положимъ, на церковный барабанъ, стремится растянуть или разорвать барабанъ на нѣсколько вертикальныхъ частей и опрокинуть ихъ, вращая около наружнаго, криволинейнаго ребра, а вертикально дѣйствующій грузъ сжимаетъ барабанъ параллельно его оси. Слѣдовательно, при разрушеніи барабана отъ дѣйствія распора, въ немъ должны получиться вертикальныя трещины, раскрывающіяся наружу.

Какое же направленіе должна избрать себѣ линія давленія въ цилиндрическомъ или въ купольномъ сводѣ? Очевидно, что начало давленія должно быть въ обоихъ случаяхъ въ вершинѣ свода, т.-е. въ цилиндрическомъ сводѣ во всѣхъ точкахъ шелыги, а въ куполѣ въ одной наивысшей; затѣмъ, давленіе должно распространяться во всѣ части свода, при чемъ оно не соотвѣтствуетъ направленію швовъ кладки, а выбираетъ себѣ самую кратчайшую и крутую линію, по которой и слѣдуетъ. Въ цилиндрическомъ сводѣ это направленіе получается пересѣченіемъ свода вертикальной плоскостью, перпендикулярной къ его оси, а въ куполѣ—меридіанальнымъ сѣченіемъ. Вообще, если разсматривать сводъ какъ крышу, то направленіе струи, стекающей по его поверхности воды, и будутъ направленія сжимающихъ сводъ усилій.

Небольшая осадка на швахъ сводовъ, сложенныхъ изъ естественнаго камня, не только не вредна, но даже полезна, такъ какъ при этомъ линія давленія располагается соотвѣтственно формѣ свода, поэтому желательно раскружаливать такіе своды, не дожидаясь полнаго затвердѣванія раствора. Наоборотъ, въ сводахъ кирпичныхъ, въ которыхъ главнымъ образомъ разсчитываютъ на сцѣпленіе между камнями и на превращеніе всей массы свода въ одинъ монолитъ, а также, если расчитываютъ еще и на то, что опоры не вполнѣ надежны и могутъ дать неравномѣрную осадку, раскружаливаніе должно происходить лишь въ то время, когда растворъ совершенно затвердѣетъ и сводъ превратится въ монолитную опрокинутую чашу. Это одинаково относится какъ къ купольнымъ, такъ и ко всѣмъ другимъ сводамъ различныхъ формъ.

Чер. 372.

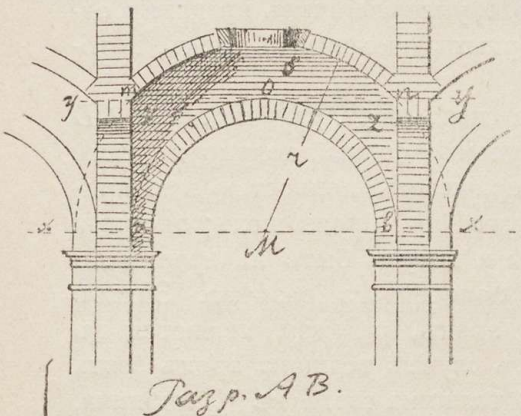


Парусный сводъ. Переходя отъ купола къ его видоизмѣненію, парусному своду (чер. 372), замѣтимъ, что онъ принадлежитъ къ числу наиболѣе распространенныхъ сводовъ, такъ какъ представляетъ слѣдующія выгоды: во-1-хъ, не отнимая много мѣста по высотѣ помѣщенія (подъемъ его не болѣе $^1/_5$ отверстія), онъ имѣетъ очень красивый видъ; во-2-хъ, онъ передаетъ какъ свой вѣсъ, такъ и грузъ на немъ лежащій, посредствомъ опорныхъ арокъ (черт. 372) на угловые столбы; поэтому стѣны, окружающія помѣщенія, не несутъ никакого посторонняго груза

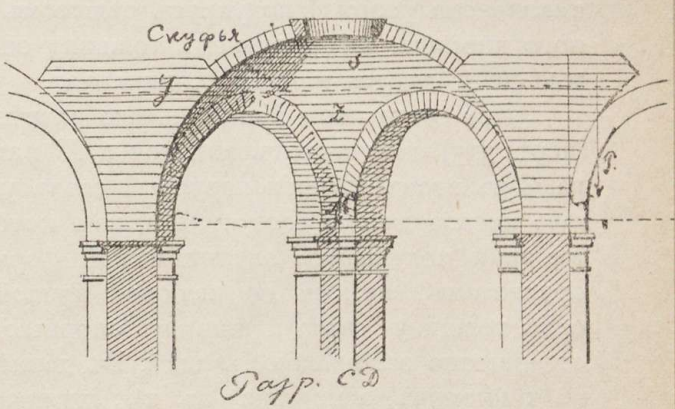
кромѣ собственной тяжести и могутъ быть снабжены оконными и дверными отверстіями какого угодно размѣра; въ-3-хъ, наконецъ, происходя отъ купольнаго свода, какъ это было уже объяснено, парусный сводъ даетъ возможность въ своей вершинѣ оставлять отверстія круглой формы, нисколько этимъ не уменьшая своей устойчивости.

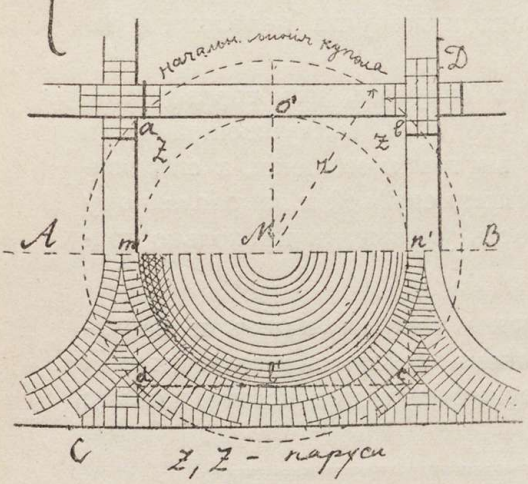
Парусный сводъ можетъ быть со всѣхъ четырехъ сторонъ открытымъ, т.-е. располагаться на четырехъ опорныхъ аркахъ (черт. 372) тогда онъ называется открытымъ, или же имѣть щековыя стѣны.

Чер. 373.



Чер. 374.





Чер. 375.

Если парусный сводъ перекрываетъ квадратное пространство, то для построенія его въ планѣ (чер. 375) и въ разрѣзахъ поперечномъ (чер. 373) и діагональномъ (чер. 374), изъ точки M' (черт. 375), какъ изъ центра, радіусомъ r описываютъ кругъ, который касается угловъ квадрата въ точкахъ $abcd$ и представляетъ въ планѣ начальную кривую того купола, изъ котораго произошелъ вычерчиваемый парусный сводъ. Этимъ же радіусомъ, для начертанія вертикальнаго поперечнаго разрѣза свода, изъ точки M описываютъ полукругъ (черт. 373), котораго лишь верхняя часть, соединяющая точку m съ точкою n, удерживается паруснымъ сводомъ. Горизонтальная линія xx на томъ же чертежѣ изображаетъ вертикальную проекцію начальной линіи купола. Если изъ той же точки M опишемъ полуокружность, соединяющую между собой точки a и b, то мы получимъ на щековой поверхности одну изъ четырехъ щековыхъ кривыхъ паруснаго свода въ настоящую величину. Далѣе, пересѣчемъ этотъ сводъ горизонтальной плоскостью, слѣдъ которой въ вертикальной проекціи выразится линіей yy. Плоскость эта

коснется вершинъ щековыхъ кривыхъ въ 4-хъ точкахъ, изъ которыхъ будутъ видимы на чертежѣ 373 точки *omn*, и раздѣлитъ весь сводъ на пять отрѣзковъ; четыре отрѣзка, расположенные ниже этой плоскости, назыв. парусами *ZZ* (черт. 373, 374 и 375), а пятый, сферическій отрѣзокъ, расположенный надъ плоскостью—скуфьей (*s*). Въ планѣ линія пересѣченія купольнаго свода съ горизонтальной плоскостью *yy* выразится кругомъ, касательнымъ къ опорнымъ аркамъ въ точкахъ l_1 m_1 n_1 o_1 и изображаетъ начальную линію скуфьи. Четыре отрѣзка въ углахъ квадрата представляютъ паруса въ горизонтальной проекціи *ZZ*. Въ вершинѣ паруснаго свода показано круглое свѣтовое отверстіе. Проведя изъ точки *M* на вертикальномъ разрѣзѣ полукругъ радіусомъ *Mb*, уменьшеннымъ на длину одного кирпича, мы получаемъ толщину опорныхъ (щековыхъ) арокъ, которыя не дѣлаются меньше $^1/_2$ кирпича.

Для составленія діагональнаго разрѣза свода (черт. 374) по линіи *CD* (черт. 375) очерчиваютъ изъ точки *M''* радіусомъ *r* полный полукругъ, такъ какъ въ этомъ сѣченіи парусный сводъ удерживаетъ полностью всю кривую производящую того купола, изъ котораго онъ произошелъ; опорныя же арки получаются эллиптической формы и могутъ быть начерчены по ординатамъ, взятымъ со щековой кривой поперечнаго разрѣза. Задавъ себѣ толщину свода и ширину опорныхъ арокъ, разрѣзы являются въ совершенно законченномъ видѣ. Въ данномъ случаѣ толщина арокъ взята въ 1 кирпичъ, а ширина—въ $1^1/_2$ кирпича; толщина свода въ $^1/_2$ кирпича, при чемъ паруса сдѣланы выпускные, т.-е. выложены изъ горизонтальныхъ рядовъ кирпичной кладки постепенно свѣшивающимися рядами. Такая кладка вполнѣ предупреждаетъ распоръ свода ниже угла перелома и замѣняетъ забутку пазухъ.

Статическое преимущество выпускныхъ парусовъ изъ горизонтальныхъ рядовъ кладки заключается въ томъ, что вѣсъ выступающей части *P* (черт. 374, правая сторона) направленъ внутрь помѣщенія, а слѣдовательно противодѣйствуетъ распору проявляемому скуфьей и направленному наружу. Такая конструкція даетъ возможность уменьшить нѣсколько толщину опоръ.

Относительно опредѣленія толщины купольныхъ и парусныхъ сводовъ въ замкѣ и пятахъ мы имѣемъ слѣдующія эмпирическія данныя, выведенныя изъ наблюденій надъ существующими постройками *):

Таблица XX.

При пролетѣ въ метрахъ.	Толщина свода.	
	Въ замкѣ.	Въ пятахъ.
До 5,0	$^1/_2$ кирпича	$^1/_2$ кирпича.
Отъ 5,0 до 8,0	$^1/_2$ „	1 „
Отъ 8,0 до 12,0	1 „	$1^1/_2$ „

*) G. Wanderley. Die Konstruktion in Stein., стр. 420.

Куполъ Пантеона въ Римѣ перекрываетъ пролетъ въ 43,4 м. и имѣетъ въ замкѣ толщину, равную $^1/_{30}$, а въ пятахъ $^1/_7$ пролета; въ Софійскомъ соборѣ въ Константинополѣ при пролетѣ въ 31,5 м. толщина купола въ замкѣ равна $^1/_{52}$, а толщина опоръ $^1/_8$ пролета. Толщина опоръ вообще дѣлается отъ $^1/_8$ до $^1/_6$ пролета.

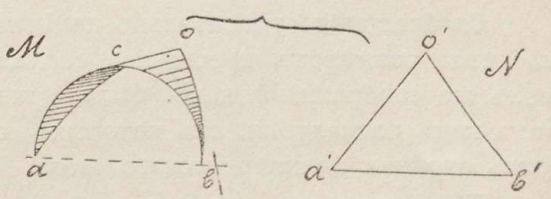
По Рондле, толщина опоръ купольнаго свода въ виду меньшаго распора, имъ проявляемаго, можетъ быть наполовину меньше, чѣмъ для цилиндрическаго свода того же діаметра.

Пилоны церкви Св. Петра въ Римѣ имѣютъ толщину, равную $^1/_{11}$ пролета; въ Софійскомъ соборѣ въ Константинополѣ $^1/_8$, а въ Римскомъ Пантеонѣ—$^1/_7$ пролета.

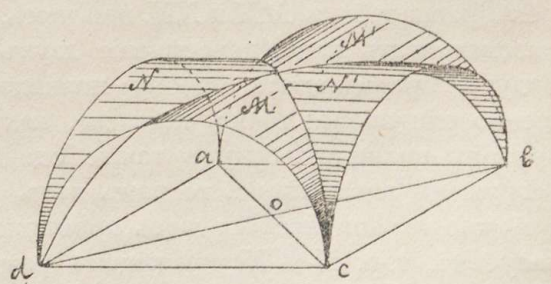
§ 22.

Крестовый сводъ. Говоря о наиболѣе распространенныхъ на практикѣ конструкціяхъ сводовъ, необходимо указать на крестовый сводъ, который, благодаря простотѣ его выполненія въ натурѣ, красиваго вида и свойству передавать грузъ исключительно на угловые столбы, а не на стѣны, даетъ возможность перекрывать неограниченныхъ размѣровъ помѣщенія, назначеніе которыхъ допускаетъ устройство опорныхъ столбовъ каменныхъ или металлическихъ. По высотѣ помѣщенія крестовый сводъ отнимаетъ меньше мѣста, чѣмъ парусный.

Чер. 376.



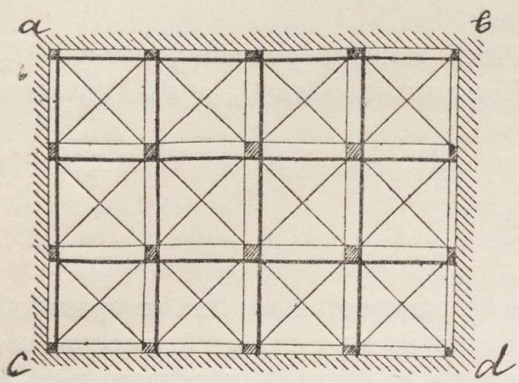
Чер. 377.



Мы указали выше, что крестовый сводъ состоитъ изъ отрѣзковъ отъ цилиндрическаго, называемыхъ распалубками. На черт. 376 представлена одна изъ такихъ распалубокъ въ изометрической проекціи *M*. Какъ видно изъ чертежа, она удерживаетъ отъ цилиндрическаго свода всю щековую кривую *acb*, отъ начальныхъ линій только двѣ точки *a* и *b* и всю шелыгу *co*, равную той части цилиндрическаго свода, которая срѣзана. Слѣдовательно, мы имѣемъ въ горизонтальной проекціи (черт. 376 N) изогнутый трехугольникъ, ограниченный тремя прямыми сторонами поэтому распалубки крестоваго свода, перекрывающаго квадратное помѣщеніе въ планѣ, будутъ имѣть видъ равнобедренныхъ трехугольниковъ. Сколько сторонъ у перекрываемаго пространства, столько будетъ и распалубокъ въ крестовомъ сводѣ, такъ какъ этимъ сводомъ можно перекрыть какое угодно мно-

тоугольное помѣщеніе, при чемъ, однако, наиболѣе красивая и конструктивная форма свода, съ равномѣрной передачей давленія на опоры, получается при покрытіи квадратнаго помѣщенія. На черт. 377 изображенъ схематически такой крестовый сводъ изъ четырехъ распалубокъ MM_1 NN_1. Четыре проекціи этихъ распалубокъ на горизонтальной плоскости выражаются трехугольниками *aob*, *boc*, *cod* и *doa*. Если перекрываемое пространство не ограничено стѣнами, а лишь угловыми столбами, на которые и передается весь грузъ свода, то онъ называется открытымъ. На черт. 378 представлено въ планѣ пространство *abcd*, огражденное стѣнами и покрытое 12-ю открытыми крестовыми сводами, которыхъ ребра изображаются діагоналями квадратовъ. Грузъ этого покрытія передается на столбы, расположенные внутри помѣщенія, и на пилястры, у стѣнъ его. Примѣромъ такого перекрытія цѣлой системой крестовыхъ сводовъ могутъ служить огромныя помѣщенія петербургскихъ фильтровъ. Надъ каждымъ изъ нихъ было устроено до 230 квадратныхъ крестовыхъ сводовъ (см. „Техническій Сборникъ“ 1893 г. №№ 7 и 8).

Чер. 378.

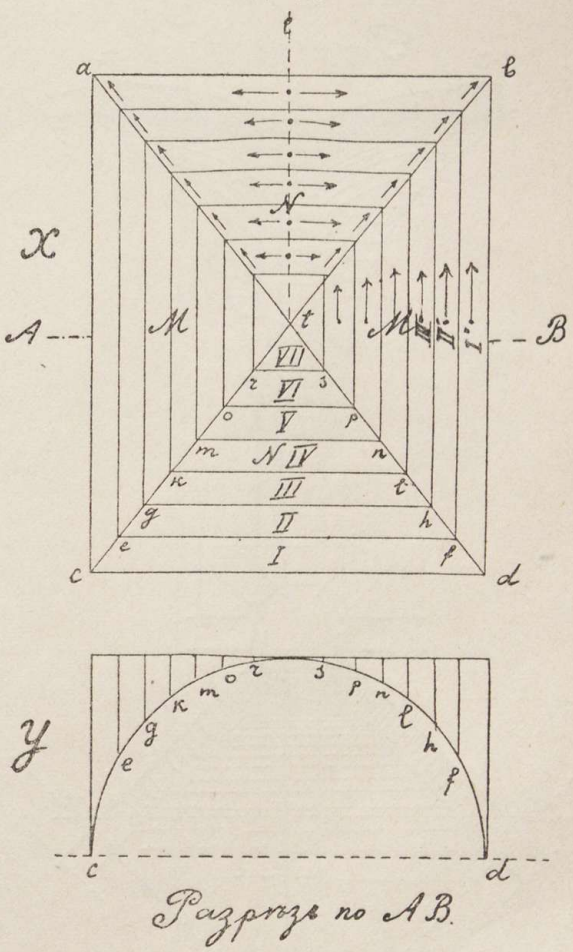


Соображенія относительно повѣрки размѣровъ крестоваго свода. Что касается размѣровъ крестоваго свода, то они провѣряются на основаніи тѣхъ же соображеній, какія были приведены для цилиндрическаго свода, такъ какъ распалубки, изъ которыхъ состоитъ этотъ сводъ, составляютъ лишь отрѣзки цилиндрическаго свода.

Предположимъ, что мы имѣемъ прямоугольное пространство *abcd* (черт. 379, *x* и *y*), перекрытое крестовымъ сводомъ, состоящимъ изъ четырехъ распалубокъ *MM* и *NN*, при чемъ, такъ какъ крестовый сводъ можно разсматривать какъ пересѣченіе двухъ цилиндровъ, то распалубки *MM* будутъ принадлежать одному цилиндру и будутъ по размѣрамъ совершенно одинаковы; точно такъ же, какъ распалубки *NN*, принадлежащія другому цилиндру, будутъ также одинаковы. Слѣдовательно, если сводъ нагруженъ равномѣрно, то намъ нѣтъ надобности провѣрять весь сводъ, а можно ограничиваться лишь провѣркой размѣровъ двухъ смежныхъ распалубокъ, т.-е. *M* и *N*, имѣющихъ разную величину, такъ какъ сторона *cd* меньше стороны *ac*. Далѣе, раздѣлимъ весь сводъ вертикальными плоскостями, параллельными щековымъ его поверхностямъ, на отдѣльные узкіе элементы (черт. 379, *x*) *cefd*, *eghf* и т. д. Каждый изъ этихъ элементовъ представляетъ часть распалубки по ея длинѣ, или арку, которой пяты располагаются на гуртахъ (т.-е. особыхъ діагональныхъ аркахъ) или же встрѣчаются съ такими же пятами арокъ смежныхъ распалубокъ. Отверстіе

и подъемъ этихъ арокъ [I, II, III и т. д., черт. 379, *x*] постепенно уменьшается, и онѣ дѣлаются все болѣе плоскими по мѣрѣ приближенія къ срединѣ свода, къ (·) *t*. Очевидно, что если сводъ равномѣрно нагруженъ, то достаточно провѣрить устойчивость и размѣры двухъ смежныхъ распалубокъ, а для квадратнаго свода одной распалубки и одной діагональной арки или гурта, чтобы быть увѣреннымъ въ устойчивости всего свода. Наконецъ, если провѣрена первая арка (I, черт. 379) съ наибольшимъ отверстіемъ и вычерчена, согласно вышеуказаннымъ пріемамъ, ея кривая давленія, то нѣтъ надобности производить это построеніе для остальныхъ элементовъ свода (II, III, IV и т. д. чер. 379), такъ какъ эти элементы можно разсматривать какъ части перваго элемента (I), и кривыя давленія въ нихъ будутъ соотвѣтствовать частямъ кривой давленія наибольшаго элемента.

Чер. 379.



Разрѣзъ по AB.

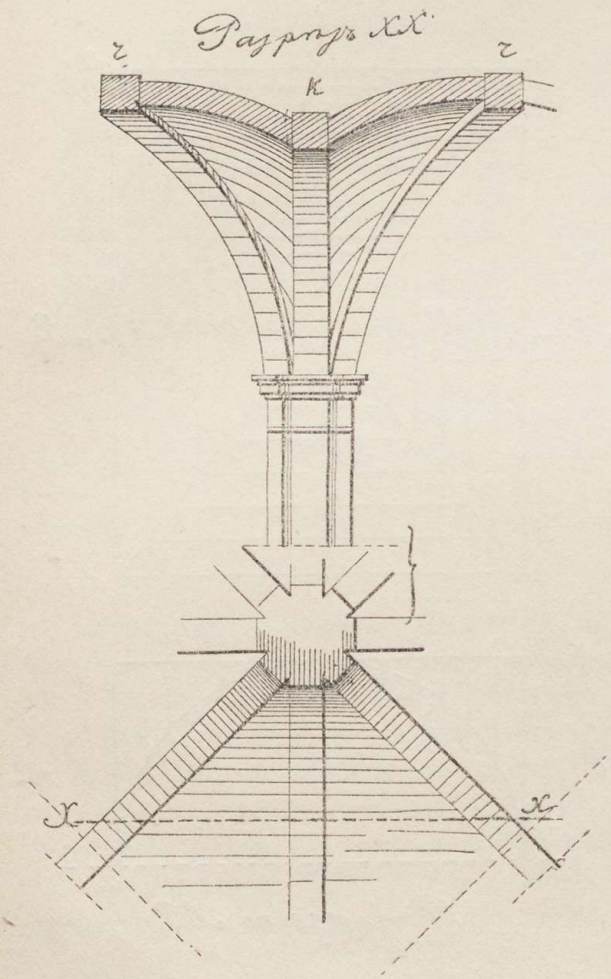
Такимъ образомъ, мы сразу будемъ имѣть провѣрку всѣхъ частей свода, за исключеніемъ діагональныхъ реберъ или гуртовъ, если таковые устроены, такъ какъ крестовые своды могутъ быть и съ гуртами, и безъ нихъ.

Если кладка ведется діагональными рядами, какъ это показано на чертежѣ 384 въ планѣ и разрѣзѣ, т.-е. ряды камней расположены подъ угломъ 45° къ щековымъ поверхностямъ свода, то для опредѣленія распора и линіи давленія сводъ раздѣляется на элементы вертикальными плоскостями, поставленными подъ прямымъ угломъ къ разсѣкаемой діагонали свода. Тогда каждый элементъ представляетъ изъ себя двѣ ползучія арки или двѣ полуарки, у которыхъ пяты находятся въ разныхъ уровняхъ. На черт. 384 представлено такое сѣченіе свода плоскостью *xx*, изъ котораго мы видимъ, что эти полуарки одной пятой упираются на діагональный гуртъ *K*, а другимъ — на щековыя арки *r*,*r*. Такъ какъ такіе своды дѣлаются или закрытыми, со щековыми стѣнами, или открытыми въ видѣ цѣлой системы сводовъ, какъ это было, напримѣръ, при покрытіи петербургскихъ фильтровъ, то распоръ, передающійся на щеко-

выя арки открытаго свода, уравновѣшивается такимъ же распоромъ отъ сосѣдняго свода и т. д.

Итакъ, для опредѣленія распора свода и линіи давленія въ составляющихъ его распалубкахъ, возьмемъ половину наибольшаго т.-е. перваго элемента *cefd* въ распалубкѣ *N* (черт. 379 *x*) и половину примыкающаго къ нему такого же сосѣдняго элемента *I'* въ распалубкѣ *M*, и раздѣлимъ каждую изъ этихъ половинъ, какъ при расчетѣ обыкновеннаго цилиндрическаго свода (см. черт. 344 и 345), на 6 отрѣзковъ вертикальными плоскостями. Опредѣляемъ вѣсъ каждаго отрѣзка вмѣстѣ съ грузомъ, на немъ лежащимъ. Затѣмъ, строимъ многоугольники силъ на черт. 380 для элемента *I* распалубки *N* (черт. 379*x*) и черт. 381 для элемента *I'* распалубки *M*. На первомъ чертежѣ (380) откладываемъ вертикальныя силы 1, 2, 3 и т. д., а на второмъ — 1′, 2′, 3′ и т. д. *). Задаваясь въ обоихъ случаяхъ точкой приложенія распора въ вершинѣ арки и принимая направленіе его горизонтальнымъ, опредѣляемъ полюсное разстояніе *oo* и *oo'* и получаемъ наибольшій распоръ *H* и H_1 и наибольшее давленіе *w* и *w'* на опорные швы; словомъ, продѣлываютъ все то, что было указано для расчета цилиндрическаго свода (черт. 344 и 345). Когда, такимъ образомъ, найдены распоры и давленія, передаваемые на діагональное ребро отъ всѣхъ элементовъ обѣихъ распалубокъ, остается опредѣлить давленіе на опоры и распоръ отъ этого діагональнаго ребра свода или его гурта. Очевидно, что распоръ этотъ будетъ равнодѣйствующая двухъ распоровъ (на черт. 379 показаны стрѣлками) отъ распалубки *N* и *M* и равенъ гипотенузѣ прямоугольнаго трехугольника, у котораго одинъ катетъ равенъ *H*, а другой H_1 (черт. 382). Получивъ величину общаго распора *H''* мы переходимъ къ опредѣленію

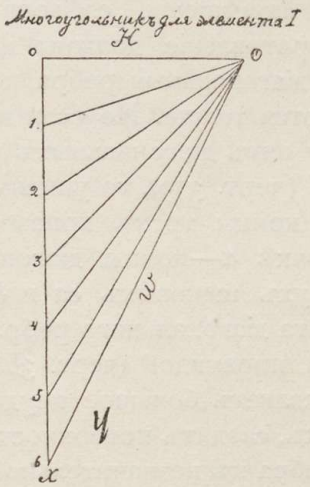
Чер. 384.



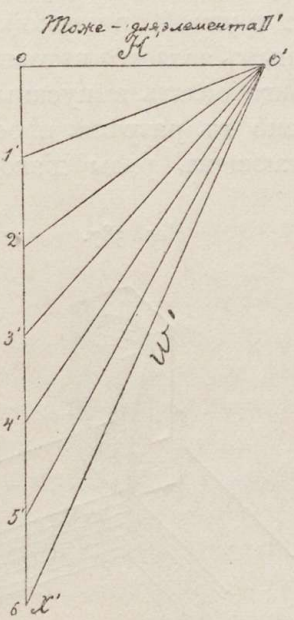
*) Построеніе кривой давленія не приведено и величины силъ 1, 2, 3 и т. д. на многоугольникахъ силъ (черт. 380 и 381) взяты произвольно.

по величинѣ и направленію давленія w'', производимаго діагональными арками на опоры; для сего строимъ многоугольникъ силъ, при чемъ, такъ какъ на діагональное ребро свода передается давленіе отъ двухъ распалубокъ, расположенныхъ съ двухъ его боковъ, то и грузы, переходящіе на каждый элементъ этого ребра, будутъ равняться суммѣ грузовъ отъ двухъ распа-

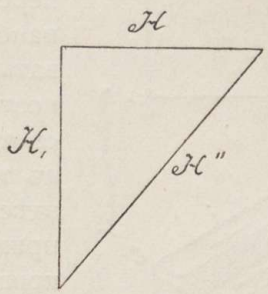
Чер. 380.



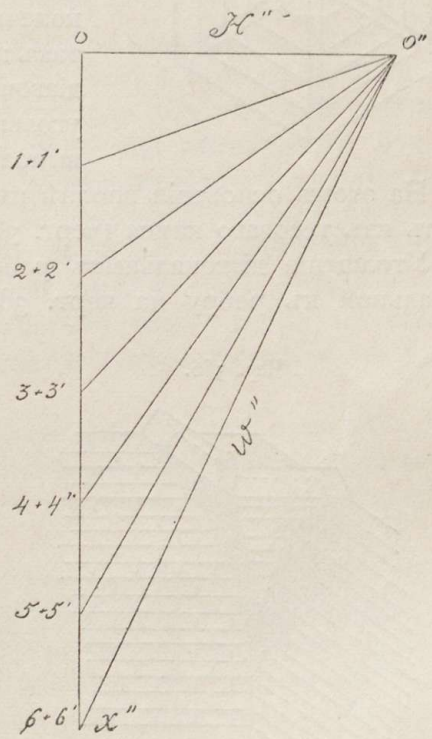
Чер. 381.



Чер. 382.



Чер. 383.

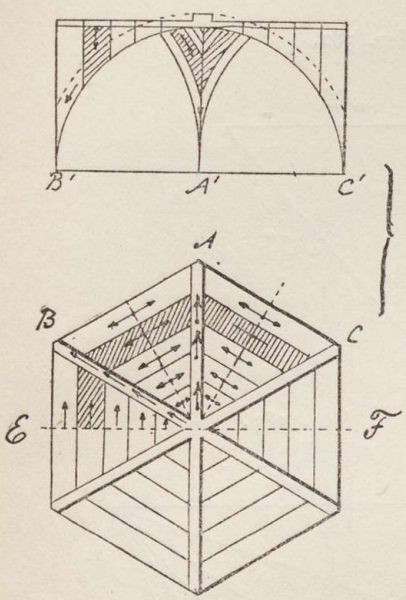


лубокъ M и N, т.-е. будутъ равны $1+1'$, $2+2'$, $3+3'$ и т. д., что и изображено схематически на черт. 383. Соединивъ точку $0''$ съ точкой x'', мы получимъ направленіе и величину давленія w'' на опорные столбы отъ діагональныхъ арокъ свода.

Такимъ образомъ, въ крестовомъ сводѣ, состоящемъ изъ распалубокъ цилиндра, будетъ ли этотъ сводъ перекрывать прямоугольное или много-

угольное пространство, давленіе располагается такъ, какъ показано въ планѣ на черт. 379 стрѣлками, или, еще яснѣе, какъ на чертежѣ 385, изображающемъ схематически въ планѣ и въ разрѣзѣ по линіи *EF* крестовый сводъ, перекрывающій шестиугольное пространство. Все давленіе, передающееся отъ распалубокъ, принимаютъ на себя діагональные гурты или ребра и передаютъ на углы перекрываемаго помѣщенія, слѣдовательно, наибольшее сопротивленіе должны испытывать гурты или діагональныя ребра, которыя поэтому и дѣлаются толще. Но если мы разсмотримъ форму пятъ діагональныхъ реберъ въ точкахъ *abcd* (черт. 379), то увидимъ, что здѣсь сходятся концы трехъ кривыхъ; напримѣръ, въ точкѣ *a*—концы діагональной кривой *da* и двухъ щековыхъ *ca* и *ba*. Поэтому каждая пята діагональнаго ребра оканчивается острой пирамидой (черт. 386), что, конечно, представляетъ большое неудобство, такъ какъ, во 1-хъ, сводитъ поверхность пяты діагональнаго ребра къ незначительной трехугольной площадкѣ, а во 2-хъ, усложняетъ выполненіе свода трудной притеской камней.

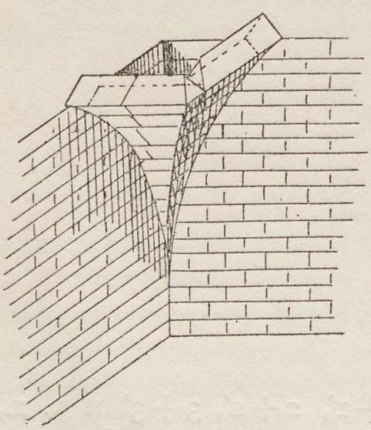
Чер. 385.



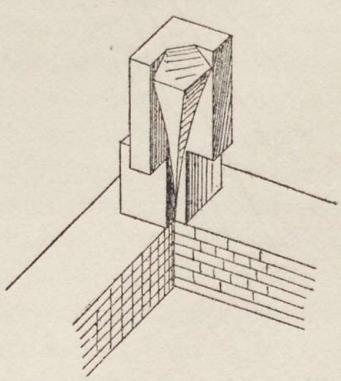
На этомъ основаніи вполнѣ цѣлесообразнымъ является пятовыя части дѣлать изъ тесоваго камня (черт. 387) или приготовлять выпускныя пяты.

Утолщеніе діагональныхъ реберъ показано въ разрѣзѣ плоскостью, нормальной къ ребру на черт. 388, изображающемъ ряды діагональной

Чер. 386.



Чер. 387.

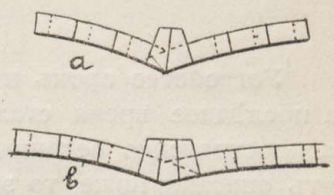


кладки крестоваго свода толщиною въ $^1/_2$ кирпича, при чемъ діагональныя ребра на черт. *a* показаны толщиною и шириною въ 1 кирпичъ, а на черт. *b*, при той же толщинѣ, ширина ребра взята въ $1^1/_2$ кирпича. Пунктирныя линіи показываютъ расположеніе кирпичей предшествовавшаго ряда, коего

швы для соблюденія перевязки не должны совпадать со швами послѣдующаго.

Шелыги крестоваго свода на практикѣ никогда не дѣлаются горизонтальными, а всегда нѣсколько приподнятыми къ срединѣ свода. Это дѣлается для того, чтобы дать нѣкоторый запасъ на осадку средины и кромѣ того, даже если осадки и не послѣдуетъ, то сводъ съ совершенно горизонтальными шелыгами кажется въ натурѣ какъ бы съ продавленной срединой. Поэтому предпочитаютъ устраивать, вмѣсто свода съ горизонтальными шелыгами, такъ назыв. вспарушенный крестовый сводъ (листъ 8, черт. 1), у котораго средины діагональныхъ реберъ приподняты, вслѣдствіе чего шелыги получаются наклонными. Правая часть чертежа изображаетъ кладку крестоваго свода и устройство кружалъ въ планѣ, а лѣвая—построеніе діагональныхъ кривыхъ. Для опредѣленія формы такого свода достаточно знать величину возвышенія вершины свода или наклоненія шелыгъ распалубокъ. Предположимъ, что мы имѣемъ квадратное помѣщеніе $a_1b_1c_1d_1$ (черт. 1, л. 8), которое должно быть покрыто спарушеннымъ крестовымъ сводомъ. Отложивъ величину возвышенія точки, пересѣченія діагональныхъ реберъ, т.-е. величину of (взятую произвольно) на планѣ отъ центра фигуры e_1 до f_1 и соединивъ эту точку съ однимъ изъ угловъ, напримѣръ, съ угломъ a_1, для полученія діагональной кривой въ совмѣщеніи достаточно соотвѣтственныя ординаты даннаго полукруга agb, изображеннаго на вертикальной проекціи свода, откладывать въ планѣ не отъ линіи a_1e_1, а отъ линіи a_1f_1. Имѣя кривую въ совмѣщеніи, этимъ же путемъ легко построить ее въ разрѣзѣ, причемъ она обозначитъ діагональныя ребра ae и be, которыя въ сводахъ не вспарушенныхъ совпадаютъ со щековой кривой, здѣсь же онѣ получаются относительно этихъ кривыхъ приподнятыми.

Чер. 388.



Переходя къ описанію производства работъ при возведеніи крестовыхъ сводовъ, замѣтимъ, что для этого свода необходимы кружала, такъ какъ пока не выведены замковые ряды въ шелыгахъ всѣхъ распалубокъ сводъ держаться не можетъ.

Для устройства кружалъ первоначально, такъ же какъ и для цилиндрическаго свода, устанавливаютъ кружальныя ребра, располагая ихъ по двумъ діагоналямъ a_1d_1 и c_1b_1 (черт. 1 л. 8); эти ребра имѣютъ формы эллиптическихъ кривыхъ и сколачиваются изъ двухъ рядовъ дощатыхъ косяковъ. Кромѣ того, устанавливаются четыре круговыхъ ребра у щековыхъ стѣнъ a_1b_1, b_1d_1, d_1c_1 и c_1a_1, а затѣмъ, если сводъ значительныхъ размѣровъ, то еще и промежуточныя ребра kl, опирающіяся концами на діагональныя ребра.

Въ срединѣ для поддержанія вершины кружалъ ставится стойка.

Когда кружала установлены, то ихъ обшиваютъ съ поверхности, какъ это показано на правой сторонѣ черт. 1 л. 8, тонкими досками (палубникомъ). Такимъ образомъ образуется платформа, строго соотвѣтствующая формѣ внутренней поверхности свода.

На этомъ же чертежѣ представлена часть кирпичной кладки свода толщиною въ $^1/_2$ кирпича, при чемъ для избѣжанія діагональнаго непрерывнаго шва ряды кирпичей одной распалубки входятъ въ ряды смежной, вслѣдствіе чего по діагонали образуется зигзагообразная линія.

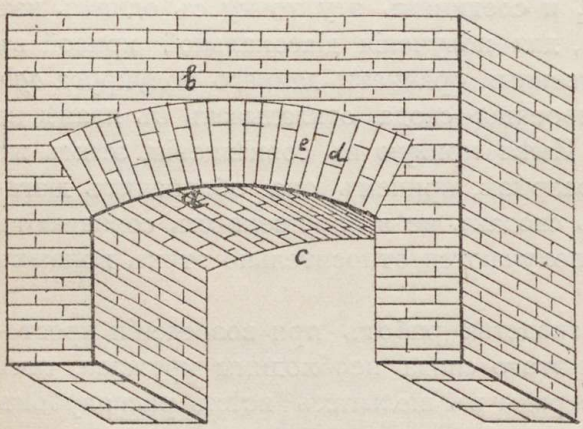
Слѣдуетъ замѣтить, что при крестовыхъ сводахъ, несущихъ значительную нагрузку, необходимо устраивать гурты или діагональныя утолщенія. Нерѣдко гуртовыя арки дѣлаются изъ тесоваго камня, а распалубки изъ кирпича.

Если кладка ведется елочнымъ способомъ, то въ устройствѣ опалубки нѣтъ надобности. Сначала выводятся діагональныя и щековыя ребра, а затѣмъ распалубки заполняются кладкой отъ руки.

§ 23.

Устройство арокъ и перемычекъ. Если сплошные кирпичные своды за послѣднее время стали примѣняться сравнительно рѣдко, благодаря распространенію бетонныхъ и бетонно-желѣзныхъ покрытій, которыя будутъ описаны ниже, то этого нельзя сказать о перемычкахъ и аркахъ изъ кирпича и тесоваго камня; онѣ имѣютъ огромное практическое значеніе и находятъ себѣ примѣненіе почти въ каждомъ каменномъ зданіи для перекрытія оконныхъ, дверныхъ и всякихъ другихъ отверстій въ каменныхъ стѣнахъ. Разсматривая части арки (черт. 389), мы видимъ, что въ ней, такъ же какъ и въ сводахъ, т о л щ и н а измѣряется по длинѣ сопрягающихъ швовъ *ab* (черт. 389), выходящихъ на щековую поверхность; г л у б и н о ю же арки или ея ш и р и н о ю называется измѣреніе по направленію оси *ac*. Послѣдній размѣръ обыкновенно соотвѣтствуетъ толщинѣ стѣны. Оба эти измѣренія, точно такъ же какъ и въ стѣнахъ, выражаются длиною кирпича, т.-е. говорятъ: арка толщиною въ $^1/_2$ кирпича и глубиною въ 2 или 3 кирпича и т. д.

Чер. 389.

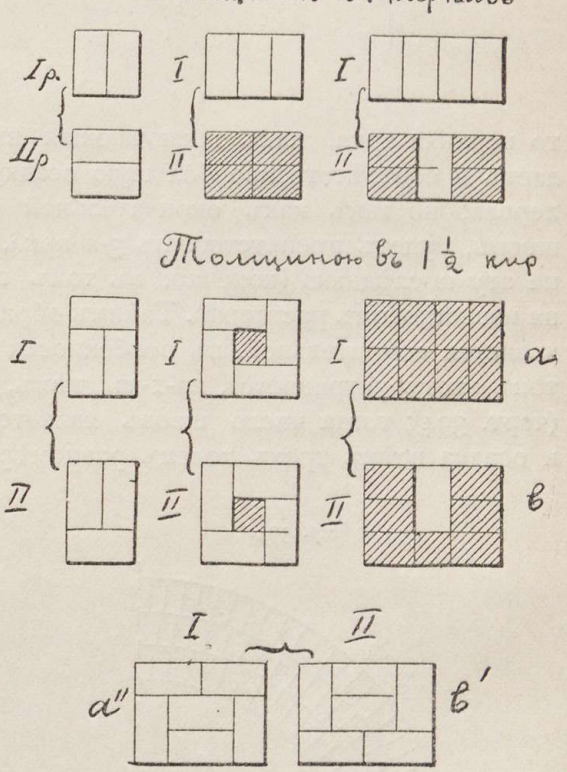


Въ аркахъ, такъ же какъ и въ сводахъ, рядомъ камней называется рядъ клиньевъ, заключенныхъ между двумя смежными сопрягающими плоскостями, а швы, раздѣляющіе два смежные ряда,—с о п р я г а ю щ и м и ш в а м и. Швы, раздѣляющіе отдѣльные камни каждаго ряда, носятъ названіе в е р т и к а л ь н ы х ъ или н о р м а л ь н ы х ъ швовъ.

Совершенно такъ же, какъ и каменный столбъ, арка подвержена сжатію, поэтому при ея устройствѣ правильная перевязка и разрѣзка камней, играетъ такую же важную роль. Главныя правила для перевязки заклю-

чаются въ слѣдующемъ: 1) сопрягающія плоскости должны проходить черезъ всю глубину арки и, слѣдовательно, на щекѣ представлять центральныя линіи, а на внутренней поверхности арки—линіи, параллельныя оси, и 2) вертикальные швы, напротивъ того, никогда не должны приходиться одинъ надъ другимъ въ одной плоскости ни на щекѣ, ни на внутренней поверхности арки. Поэтому для правильной перевязки необходимо такъ расположить камни, чтобы было по крайней мѣрѣ два ряда неодинаковаго размѣщенія кирпичей (камней), и эти два ряда должны постоянно чередоваться. На черт. 390 показана перевязка для арокъ толщиною въ 1 и $1^1/_2$ кирпича при различной глубинѣ въ зависимости отъ ширины стѣны. Для соблюденія перевязки необходимы трехчетверочные и полукирпичи (на черт. 390 заштрихованные). Кладка арки толщиною въ $1^1/_2$ кирпича и глубиною въ 2 кирпича показана двумя способами (*a*, *b* и *a''*, *b'*), изъ которыхъ одинъ, при соблюденіи строгой перевязки, требуетъ, однако, почти все однихъ трехчетверочныхъ, — другой же способъ совсѣмъ не требуетъ притески (*a''*, *b'*) и вся арка складывается изъ цѣльныхъ кирпичей.

Чер. 390.

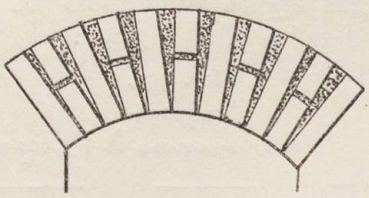


При кладкѣ кирпичныхъ арокъ растворъ имѣетъ еще большее значеніе, чѣмъ при кладкѣ столбовъ (см. статью „Каменные столбы"), въ особенности при аркахъ значительной толщины и маломъ радіусѣ кривой направляющей. Какъ видно изъ черт. 391, въ подобныхъ случаяхъ, если арка сложена изъ обыкновеннаго, неклинчатаго кирпича, то швы по своей длинѣ имѣютъ неравномѣрную толщину, и если они изъ цемента, то, быстро затвердѣвая (черезъ 28 дней) и превращаясь въ камень, представляютъ какъ бы клинья, введенные между кирпичами, вслѣдствіе чего кривая давленія располагается правильно и не будетъ выходить изъ средней трети толщины арки. Если же растворъ известковый, затвердѣвающій, какъ извѣстно, почти неопредѣленно долгое время, то кирпичи въ аркѣ дѣйствуютъ другъ на друга только своими нижними концами, при которыхъ швы утоняются до минимума, кривая давленія опускается, выходитъ изъ средней трети, и является неравномѣрное сжатіе, при которомъ возможно раздробленіе кирпича близъ внутренней поверхности арки.

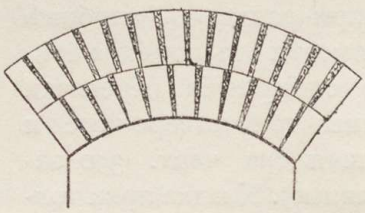
Для избѣжанія толстыхъ швовъ ту же арку, какъ это показано на черт. 392, можно возводить изъ отдѣльныхъ колецъ, толщиною въ $^1/_2$ кирпича.

При такомъ устройствѣ каждое кольцо, очевидно, будетъ работать отдѣльно, независимо одно отъ другого (черт. 393), при чемъ такъ какъ величина осадки арки прямо пропорціональна числу сопрягающихъ швовъ,

Чер. 391.

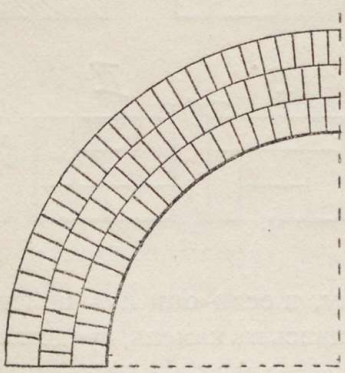


Чер. 392.

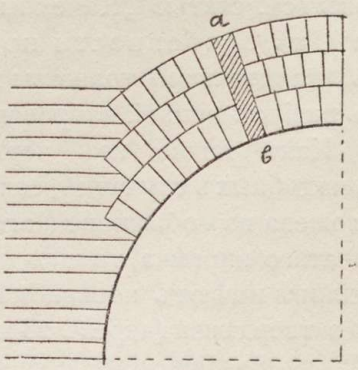


то верхняя арка, какъ заключающая въ себѣ наибольшее число швовъ, даетъ и соотвѣтственно бо́льшую осадку, вторая арка еще бо́льшую, чѣмъ первая; но такъ какъ окончательной осадкѣ, а слѣдовательно и сжатію швовъ, будетъ препятствовать 3-я арка, то весь грузъ и будетъ переданъ на эту послѣднюю (конечно, въ томъ предположеніи, что кладка ведется на известковомъ растворѣ). Такимъ образомъ польза отъ кольцевой кладки является сомнительной, въ особенности при малыхъ пролетахъ. Недостатокъ этотъ устраняется, во-1-хъ, тѣмъ, что пяты дѣлаются выпускныя (черт. 394); тогда число швовъ является одинаковымъ, а слѣдовательно и осадка всѣхъ трехъ колецъ равномѣрной. Во-2-хъ, для того чтобы при-

Чер. 393.



Чер. 394.



влечь къ одновременной работѣ всѣ кольца арки, въ нее мѣстами вводятся прокладныя плиты (черт. 394 *ab*); этимъ достигается большее сопротивленіе арки и избѣгаются вредныя внутреннія напряженія отдѣльныхъ колецъ. При значительныхъ пролетахъ и значительной толщинѣ арокъ, кольцевая кладка съ введеніемъ прокладныхъ плитъ имѣетъ несомнѣнныя преимущества сравнительно съ сплошной кладкой.

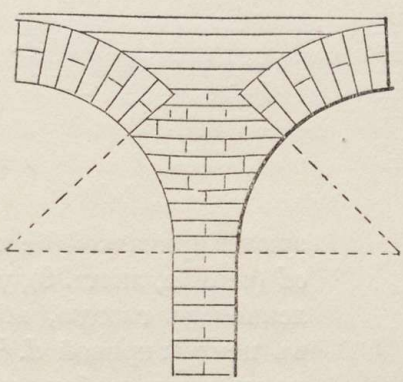
Что касается устройства пятъ арокъ, то онѣ дѣлаются совершенно такъ же, какъ и для сводовъ. Онѣ должны быть непремѣнно нормальны къ кривой аркѣ и располагаться по направленію радіуса этой кривой.

Во многихъ случаяхъ устраиваютъ впускныя пяты; онѣ, при опорахъ въ видѣ столбовъ или узкихъ простѣнковъ, ширина которыхъ менѣе двойной толщины арокъ, неизбѣжны (черт. 395 и 396). При этомъ вмѣсто горизонтальной кладки изъ кирпича, для равномѣрной передачи давленія на столбы, пятовыя части полезно дѣлать цѣльными изъ тесоваго камня (черт. 396 *a*).

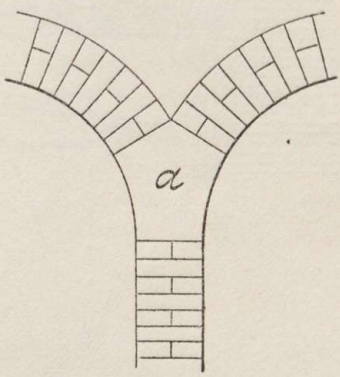
Арки и перемычки устраиваются на кружалахъ изъ ребръ, имѣющихъ наружную поверхность, соотвѣтствующую формѣ кривой направляющей; кружала обшиваются съ поверхности палубникомъ.

Если толщина стѣны, въ коей перекрывается оконное или дверное

Чер. 395.



Чер. 396.



отверстіе, не болѣе двухъ кирпичей, то достаточно только кружальныхъ реберъ, безъ всякой палубы. На черт. 397 показано такое устройство для лучковой арки, толщиною въ 1 кирпичъ при пролетѣ въ $1^1/_2$ аршина. Здѣсь, по сторонамъ пролета, стоймя ставятся доски *b*, *b* (толщиною отъ 1 до $1^1/_2$ верш.) и для большей устойчивости распираются распоркой *c*, заклиненной клиномъ *K*. На вершинѣ досокъ располагаются кружальныя ребра *a*, и такъ какъ толщина стѣны незначительна, то опалубки не требуется.

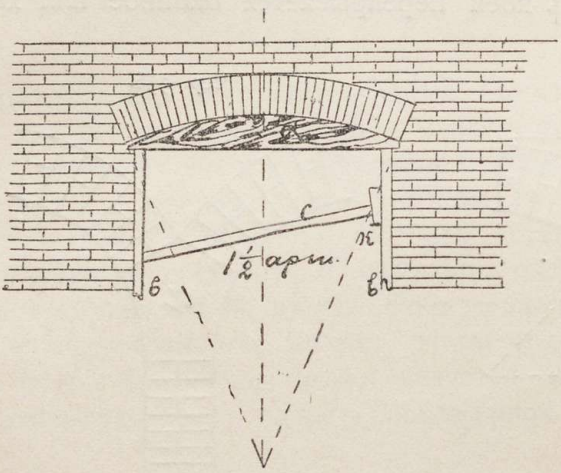
Вмѣсто вертикально поставленныхъ досокъ *bb* могутъ быть сдѣланы выступы (черт. 398), на которые располагаются клинья *K*, а на нихъ концы кружальныхъ реберъ. По окончаніи работъ, послѣ раскружаливанія, эти выступы обрубаются.

Если арки имѣютъ полуциркульную форму или перекрываютъ пролетъ значительныхъ размѣровъ (болѣе 2-хъ арш.), то кружала дѣлаются точно такъ же, какъ и для цилиндрическихъ сводовъ, т.-е. ребра сколачиваются изъ косяковъ *m*, *m* (черт. 2 лист. 8) и устанавливаются на клинья, распо-

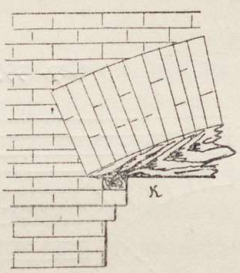
ложенные на прогоны, которые въ свою очередь опираются на вертикальныя стойки, поставленныя по сторонамъ пролета. Нижніе концы кружальной фермы, въ предупрежденіе распора, расшиваются брускомъ *a*. Смотря по глубинѣ арки, такихъ кружалъ ставится 2, 3 или 4, а поверхъ ихъ прибивается опалубка. На правой сторонѣ чертежа 2 л. 8 представлена выпускная пята, которая примѣняется въ случаѣ узкихъ простѣнковъ или столбовъ.

При производствѣ каменной кладки, арки возводятся одновременно съ двухъ концовъ, двумя каменщиками (а иногда и четырьмя) и ведутся до замка, который плотно вгоняется, что вызываетъ надлежащій распоръ, необходимый для устойчивости перекрытія. Для соблюденія правильности въ направленіи сопрягающихъ швовъ и клиновидной формы рядовъ, поль-

Чер. 397.



Чер. 398.



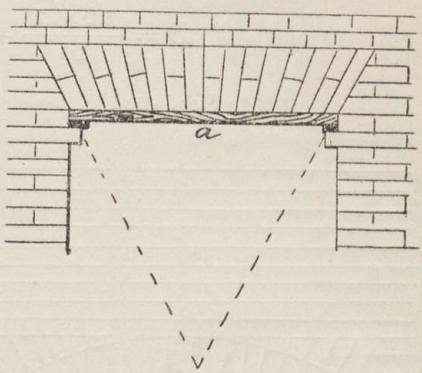
зуются причалкой (бечевкой) *cd* (черт. 2, листъ 8), укрѣпленной къ гвоздю, вбитому въ центрѣ кривой *d*. Чтобы не замедлять работу, не каждый рядъ подтесывается для образованія клина, а черезъ рядъ, т.-е. одинъ рядъ подтесывается, а слѣдующій кладется изъ цѣльнаго кирпича.

Въ послѣднее время, въ виду удешевленія и повсемѣстнаго распространенія портландъ-цемента, арки не устраиваются на известковомъ растворѣ, а на растворѣ изъ 1 ч. п.-ц. и 4 ч. песку. При такомъ растворѣ клиновидная форма рядовъ не играетъ роли. Цементный растворъ имѣетъ особое значеніе для перемычекъ, которыхъ прочность главнымъ образомъ зависитъ отъ качества работы и раствора. Несмотря на горизонтальность нижней, а въ большинствѣ случаевъ и верхней поверхности послѣдняго рода перекрытія, сопрягающіе швы дѣлаются по направленію радіуса лучковой арки, вписанной въ перемычку и центръ этой кривой берется на разстояніи, равномъ ширинѣ или полуторной ширинѣ отверстія (черт. 399). Вмѣсто кружалъ располагаются только доски *a* (черт. 399) на клиньяхъ, поддерживаемыхъ или выпускными пятами, какъ показано на чертежѣ, или вертикально поставленными и распертыми досками (черт. 397).

Въ томъ случаѣ, если перемычка должна нести значительный грузъ, не соотвѣтствующій ея сопротивленію на переломъ, надъ ней располагается

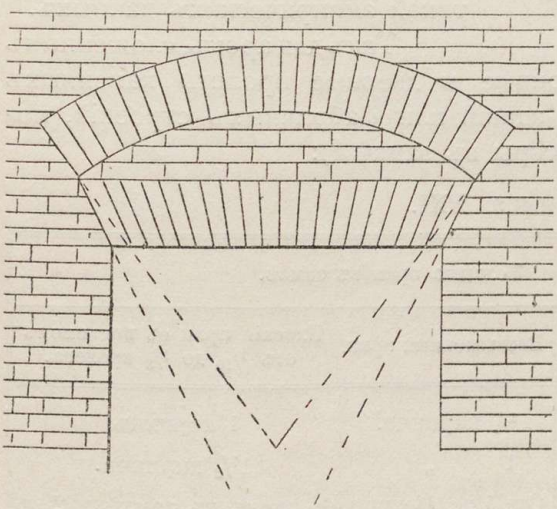
разгрузная арка (черт. 400), которая воспринимаетъ и передаетъ грузъ на опоры, а на перемычку переходитъ лишь незначительный вѣсъ объема кладки находящейся въ промежуткѣ между аркой и перемычкой. Если разстояніе между перемычками или плоскими арками и разгрузной аркой незначительно и въ этомъ промежуткѣ неудобно устроить кружала, то ихъ замѣняютъ влажнымъ пескомъ, который располагается такъ, чтобы его верхняя поверхность представляла точно форму нижней поверхности разгрузной арки. На черт. 401 представлена разгрузная арка надъ двумя плоскими арочками. Такая конструкція не только примѣняется при плоскихъ перекрытіяхъ пролетовъ, но и въ случаѣ недостаточной толщины промежуточныхъ простѣнковъ и столбовъ.

Чер. 399.

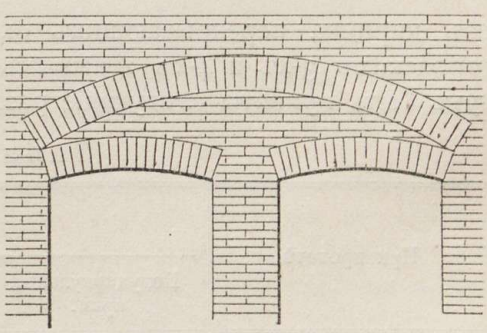


Матеріаломъ для арокъ и перемычекъ вообще долженъ служить лучшій кирпичъ, правильной формы съ хорошимъ кантомъ и поддающійся тескѣ; при этомъ, такъ какъ работа ведется на цементѣ, то слѣдуетъ особенно наблюдать, чтобы кирпичъ хорошо смачивался. Сопрягающіе швы должны быть возможно тоньше и правильнѣе.

Чер. 400.



Чер. 401.



При устройствѣ совершенно плоскихъ перемычекъ надо принять во вниманіе, что нагрузка, располагаемая на нихъ, не должна превышать той, которую можетъ выдержать вписанная въ нее лучковая арка съ подъемомъ отъ $^1/_{10}$ до $^1/_8$ пролета.

Предполагая прочное сопротивленіе кирпичной кладки на цементномъ растворѣ 20 кг. на см.^{2}, проф. Крейтеръ даетъ слѣдующее отношеніе между

толщиною D (чер. 402) перемычки и величиною w перекрываемаго пролета, въ зависимости отъ высоты h каменной кладки, расположенной надъ перемычкою:

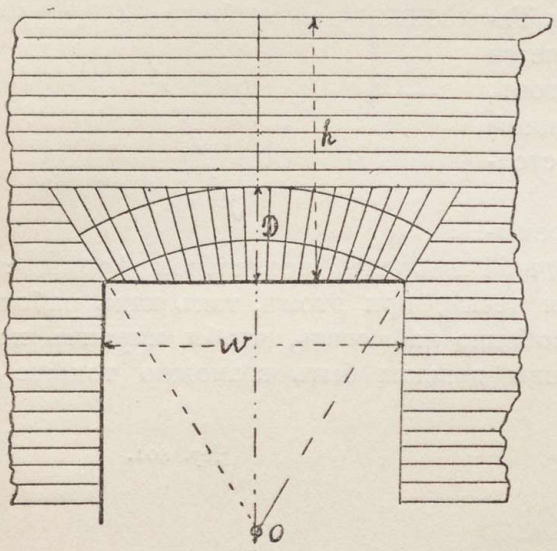
$$\frac{D}{w} = \frac{\sqrt{h}}{10}, \text{ откуда } D = \frac{w\sqrt{h}}{10}.$$

Напримѣръ, положимъ, что $h = 2$ м., $w = 1{,}6$ метр., то

$$D = \frac{1{,}6\sqrt{2}}{10} = \frac{1{,}6 \times 1{,}4}{10} = 0{,}244 \text{ м.},$$

т.-е. можно принять $D = 1$ кирпичу.

Чер. 402.



Вообще что касается до размѣровъ арокъ, то если онѣ значительной величины, то прочность и устойчивость ихъ должны быть провѣрены на основаніи теоретическихъ данныхъ, указанныхъ для сводовъ. При аркахъ же не значительныхъ измѣреній, [т.-е. такихъ, какія обыкновенно встрѣчаются въ гражданскихъ сооруженіяхъ и безъ которыхъ не строится ни одно каменное зданіе, — достаточно примѣненія извѣстныхъ, уже выработанныхъ практикой эмпирическихъ данныхъ.

Такъ для арокъ, сложенныхъ изъ кирпича перекрывающихъ оконные и дверные пролеты каменныхъ городскихъ 3-хъ и 4-хъ этажныхъ зданій или фабричныхъ строеній, могутъ быть приняты слѣдующіе размѣры въ замкѣ *):

Таблица XXI.

При пролетѣ.	Толщина арки въ замкѣ.		
	Полуциркульныя арки.	Возвышенныя арки.	Плоскія арки съ подъемомъ отъ $1/10$ до $1/8$ пролета.
Въ $1\frac{1}{2}$ арш.	$\frac{1}{2}$ кирпича.	$\frac{1}{2}$ кирпича.	1 кирпичъ.
До 3 арш.	Отъ 1 до $1\frac{1}{2}$ кирп.	1 „	$1\frac{1}{2}$ кирпича.
Отъ 3 до 5 арш. . .	Отъ $1\frac{1}{2}$ до 2 „	Отъ 1 до $1\frac{1}{2}$ кирп.	$\frac{1}{2}$ кирп. въ замкѣ и 2 въ пятахъ.
Отъ 5 до 8 арш. . .	Отъ 2 до $2\frac{1}{2}$ „	Отъ 1 до 2 „	$1\frac{1}{2}$ кирп. въ замкѣ и $2\frac{1}{2}$ въ пятахъ.
Отъ 8 до 12 арш. . .	2 кирп.	Отъ 2 до $2\frac{1}{2}$ „	$2\frac{1}{2}$ кирп. въ замкѣ и 3 въ пятахъ.

*) Руководствуясь таблицей, приведенной у Wanderley. Die Konstruktionen in Stein. Стр. 272 и 273.

Размѣры опоръ или столбовъ при аркахъ, несущихъ извѣстную нагрузку, приблизительно могутъ быть слѣдующіе:

При возвышенныхъ и стрѣльчатыхъ аркахъ толщина опоръ должна быть . . . . . отъ $^1/_6$ до $^1/_{5,5}$ пролета.
При полуциркульныхъ аркахъ . . . . . „ $^1/_{5,5}$ до $^1/_3$ „
При аркахъ, коихъ подъемъ не менѣе $^1/_4$ прелета . „ $^1/_{4,5}$ до $^1/_4$ „
При плоскихъ аркахъ съ подъемомъ не менѣе $^1/_8$ пролета . . . . . „ $^1/_4$ до $^1/_{3,5}$ „
Для перемычекъ . . . . . „ $^1/_4$ до $^1/_3$ „

Если опорные столбы выше $3^1/_2$ аршинъ, то эти толщины слѣдуетъ увеличить еще на $^1/_6$ отъ высоты; если же опоры сильно нагружены или пяты сдѣланы выпускными, то приведенныя величины могутъ быть нѣсколько уменьшены.

При болѣе сложныхъ и значительныхъ постройкахъ, а также въ случаѣ, если опоры подвергнуты дѣйствію сильнаго распора,—толщина ихъ должна быть опредѣлена на основаніи графическихъ пріемовъ, указанныхъ выше для сводовъ.

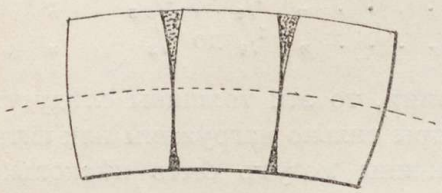
Арки изъ тесовыхъ камней. Несмотря на дороговизну и малое распространеніе естественнаго камня въ нашемъ отечествѣ, онъ однако за послѣднее время сталъ все болѣе и болѣе примѣняться не только для монументальныхъ построекъ, но и въ обыкновенныхъ случаяхъ какъ облицовка фасадовъ, обрамленіе оконъ и дверей, цоколя и пр. Причина этого заключается главнымъ образомъ въ непрочности штукатурки, посредствомъ которой стараются придать фасадамъ формы, какъ бы сдѣланныя изъ тесанаго камня. Постоянный ремонтъ штукатурки, неопрятность и неприглядность фасадовъ съ облетѣвшей штукатуркой отнимаютъ всякую охоту заботиться объ ихъ художественной обработкѣ, тѣмъ болѣе, что починка штукатурныхъ тягъ и обрамленій очень затруднительна и никогда не дастъ того отчетливаго и правильнаго рисунка, какой мы видимъ при употребленіи естественнаго камня.

При устройствѣ большихъ арокъ изъ естественныхъ камней, приготовленныхъ и обтесанныхъ по шаблонамъ, наблюдаются тѣ же правила разрѣзки, какъ и для кирпичныхъ арокъ т.-е. чтобы сопрягающіе швы между камнями проходили въ одной плоскости чрезъ всю глубину арки и чтобы въ каждомъ ряду были камни одинаковой толщины. Существенная разница между аркой изъ кирпича и изъ тесанаго камня заключается въ томъ, что въ первомъ случаѣ растворъ, какъ было уже замѣчено, играетъ главную роль, а правильная и клиновидная форма камней стоитъ на второмъ планѣ; во второмъ же случаѣ, наоборотъ, крѣпость и устойчивость зависитъ преимущественно отъ правильности формы и взаимнаго расположенія отдѣльныхъ камней; растворъ же служитъ лишь заполняющимъ матеріаломъ.

Наибольшая устойчивость каменной арки достигается въ томъ случаѣ, если линія давленія совпадаетъ со средней линіей арки. Чтобы способствовать этому совпаденію и по возможности устранить чрезмѣрное сжатіе

нижнихъ или верхнихъ кромокъ камней, ихъ сопрягающія поверхности притесываются съ небольшой выпуклостью къ срединѣ (черт. 403), чтобы усиліе отъ одного камня передавалось бы другому ближе къ срединѣ. Но такая обдѣлка мѣшкотна и затруднительна, поэтому она рѣдко примѣняется на практикѣ. Той же самой цѣли можно достигнуть и при прямолинейныхъ, ровныхъ сопрягающихъ поверхностяхъ, но съ введеніемъ въ среднюю часть промежутка между камнями, взамѣнъ выпуклости, свинцовой прокладки.

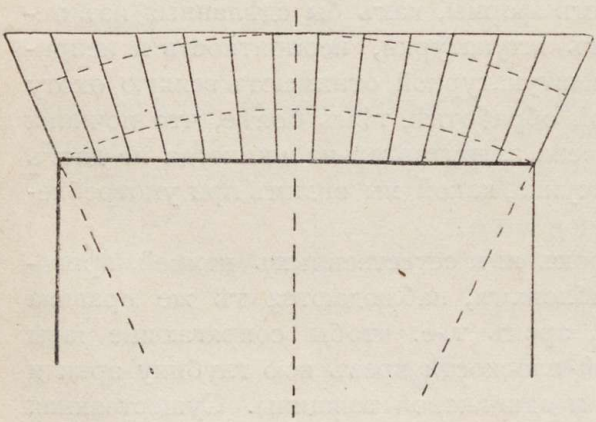
Чер. 403.



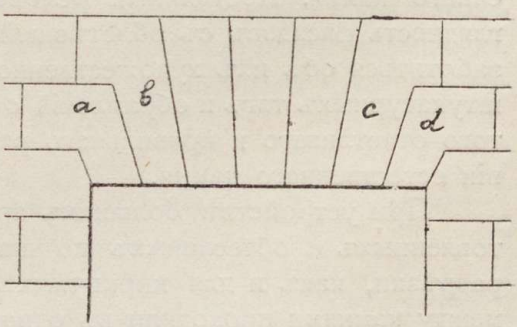
Наиболѣе удобная кривая направляющая для каменныхъ арокъ—это полукругъ или вообще часть окружности. Такая форма даетъ возможность приготовлять всѣ клинья одинаковаго вида, вытесанныхъ по одному шаблону; наоборотъ, при эллиптическихъ, параболическихъ или какихъ-либо иныхъ кривыхъ направляющихъ дѣло усложняется, такъ какъ для каждаго клина необходимы особые шаблоны.

Плоская форма перекрытія, въ видѣ перемычки, безъ всякаго подъема (чертежъ 404), является не конструктивной изъ тесанаго камня такъ же какъ и изъ кирпича, даже еще въ большей степени въ виду слабаго сцѣпленія камня съ растворомъ. При перемычкѣ сопрягающіе швы дѣлаются

Чер. 404.



Чер. 405.

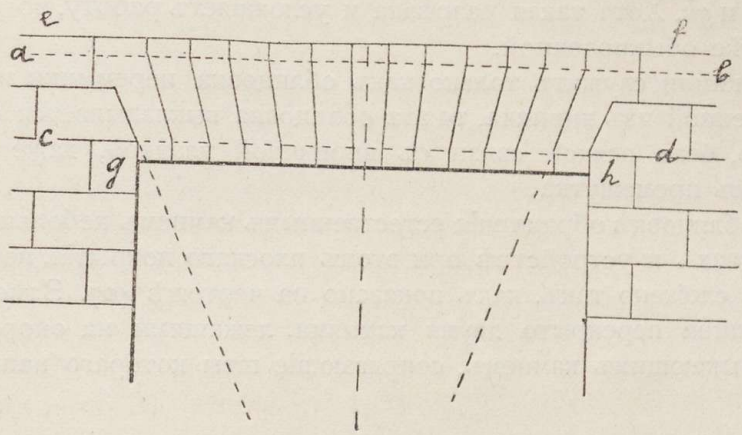


по направленію радіусовъ лучковой кривой, принятой за направляющую для арки вписанной въ перемычку, съ подъемомъ отъ $^1/_{10}$ до $^1/_8$ пролета.

Чтобы предупредить скольженіе камней по плоскости сопрягающихъ швовъ, употребляютъ желѣзныя скрѣпленія въ видѣ пироновъ, скобъ и т. п.; но примѣненіе въ кладкѣ желѣза вообще не рекомендуется, такъ какъ желѣзо, даже будучи покрыто масляной краской или асфальтовой смолой, все же постепенно ржавѣетъ, переходя въ окись желѣза, которая, какъ извѣстно, увеличивается въ объемѣ и можетъ вызвать опасныя внутренныя напряженія кладки. Поэтому лучше самымъ камнямъ придавать

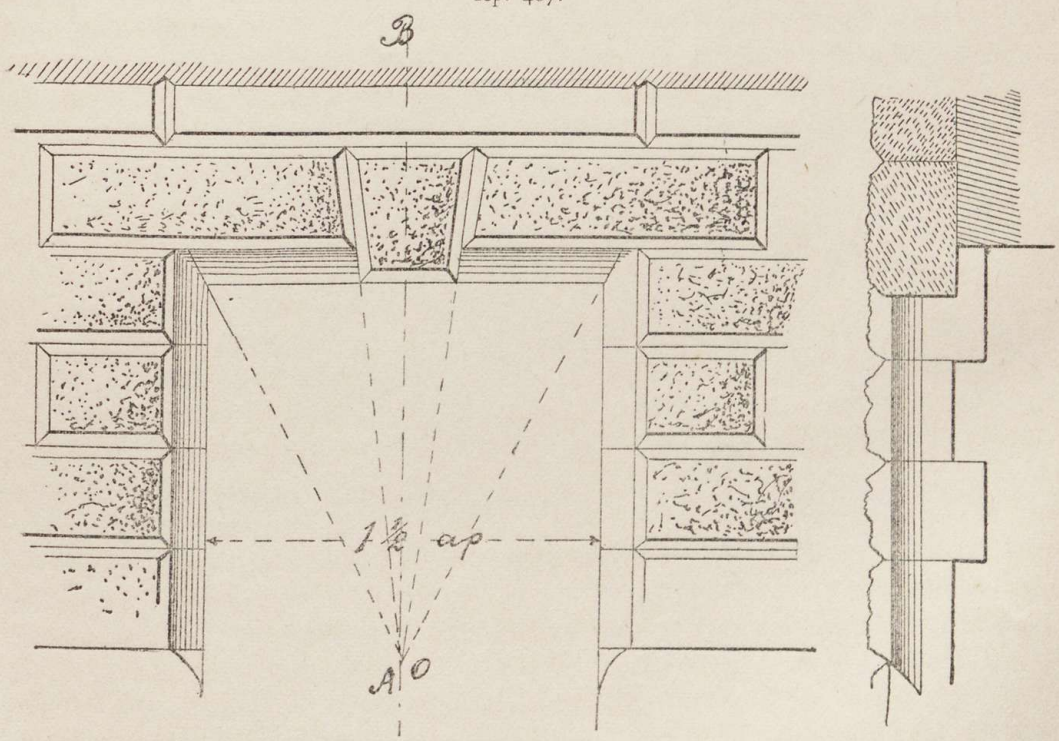
форму, скрѣпляющую ихъ другъ съ другомъ и обусловливающую бо̀льшую ихъ неподвижность, какъ это показано, напр., на черт. 405. Здѣсь камнямъ *a*, *b*, *c*, *d* придана форма крючковъ.

Чер. 406.



Недостатокъ такого перекрытія заключается въ томъ, что почти вертикально поставленные камни получаются слишкомъ высоки и затрудняютъ

Чер. 407.



осадку строенія на швахъ, что можетъ вызвать перегрузъ перемычки и ея разрушеніе. При кладкѣ стѣнъ на растворѣ изъ портландскаго цемента этотъ недостатокъ отпадаетъ.

Чтобы избѣжать острыхъ угловъ камней, составляющихъ перемычку, и выкрашиванія ихъ кромокъ, разрѣзку ведутъ слѣдующимъ образомъ: отъ нижней и верхней поверхностей перемычки, на разстояніи $^1/_8$ всей ея высоты, проводятъ линіи *ab* и *cd* (черт. 406) и изъ точекъ пересѣченія этихъ линій съ направленіемъ сопрягающихъ швовъ опускаютъ перпендикуляры на линіи *ef* и *gh*. Хотя такая разрѣзка и усложняетъ работу, но несомнѣнно раціональнѣе обыкновенной.

Если камни служатъ только какъ облицовка перемычки или плоской арки, сложенной изъ кирпича, то эта облицовка выкладывается совершенно независимо, безъ всякой связи съ кирпичной кладкой, даже иногда съ оставленіемъ промежутка.

При облицовкѣ обрамленія естественнымъ камнемъ небольшихъ отверстій въ стѣнахъ и устройствѣ при этомъ плоскаго покрытія, послѣднее можетъ быть сложено такъ, какъ показано на чертежѣ 407. Здѣсь отверстіе въ $1^1/_2$ аршина перекрыто двумя камнями, лежащими на опорахъ, и третьимъ, замыкающимъ камнемъ, сопрягающіе швы котораго направлены къ центру о.

Потолочныя покрытія.

Ст. 5. Потолочныя покрытія.

§ 24.

Въ предшествовавшей статьѣ были изложены краткія свѣдѣнія о сводахъ вообще и приведены нѣкоторыя подробности о конструкціи тѣхъ изъ нихъ, которые имѣютъ наибольшее примѣненіе на практикѣ. Но при всѣхъ несомнѣнныхъ достоинствахъ этого рода покрытій, оно во всѣхъ случаяхъ слишкомъ грузно, а при значительныхъ пролетахъ отнимаетъ много мѣста по высотѣ помѣщенія или требуетъ многочисленныхъ и сильныхъ опоръ, затѣсняющихъ перекрываемое пространство. Кромѣ того, это самая дорогая конструкція, требующая къ тому же совершенно неподвижныхъ устойчивыхъ опоръ, такъ какъ малѣйшее ихъ движеніе или осадка неизбѣжно вызываютъ трещины въ сводахъ. Даже осадка на швахъ имѣетъ при этомъ значеніе; поэтому своды слѣдуетъ устраивать лишь тогда, когда осадка зданія, какъ на швахъ, такъ и отъ сжатія грунта, совершенно окончилась, а осадка эта, какъ было сказано выше въ статьѣ объ основаніяхъ, неизбѣжна въ каждомъ зданіи и при всякаго рода грунтахъ. Когда строеніе возведено, покрыто крышей и возстановилось равновѣсіе между сопротивленіемъ грунта и вѣсомъ строенія и окончилась осадка на швахъ,—тогда только можно приступать къ устройству сводовъ; а для этого необходимо продлить періодъ стройки по крайней мѣрѣ на 6—8 мѣсяцевъ. Наконецъ, примѣняя своды, приходится считаться съ горизонтальнымъ усиліемъ или распоромъ, вызывающимъ утолщеніе стѣнъ, уширеніе фундамента, расположеніе связей и проч., что иногда влечетъ за собой значительные расходы.

Вотъ почему своды въ гражданскихъ строеніяхъ примѣняются довольно рѣдко, главнымъ образомъ при возведеніи наиболѣе важныхъ монументальныхъ построекъ, какъ, напр., церквей, общественныхъ зданій, музеевъ, дворцовъ и т. п., а также въ тѣхъ частяхъ фабричныхъ и заводскихъ строеній, въ которыхъ требованія прочности и несгораемости стоятъ на первомъ планѣ, такъ, напримѣръ, при постройкѣ подвальныхъ этажей для складовъ, при устройствѣ подземныхъ галлерей, переходовъ и т. п.

Примѣненіе сплошныхъ сводовъ въ особенности уменьшилось съ тѣхъ поръ, какъ появился цѣлый рядъ новыхъ конструкцій, такъ называемыхъ

несгораемыхъ потолочныхъ покрытій изъ желѣза и бетона, а также изъ кирпича и желѣза. Этотъ родъ покрытій, замѣняя сплошные своды, благодаря удешевленію за послѣднее время цемента и желѣза, обходится значительно дешевле и во многихъ отношеніяхъ представляется болѣе выгоднымъ.

Скажемъ сперва вообще о потолочныхъ покрытіяхъ.

Потолочныя покрытія служатъ для раздѣленія зданія на части по его высотѣ и устраиваются вчернѣ одновременно съ возведеніемъ этажей, такъ какъ служатъ вмѣстѣ съ тѣмъ подмостями для каменщиковъ.

Покрытіе можетъ быть чердачное и междуэтажное; отъ этого зависитъ его конструкція. Во всякомъ случаѣ оно должно удовлетворять не только общимъ требованіямъ въ смыслѣ прочности и устойчивости, но обладать еще и другими, болѣе спеціальными свойствами, какъ-то: легкостью, несгораемостью и неразрушимостью отъ дѣйствія высокой температуры во время пожара, наименьшей звуко- и теплопроводностью, отсутствіемъ сотрясеній и колебаній, наконецъ покрытіе должно занимать по возможности меньшую толщину, такъ какъ вмѣстѣ съ этимъ уменьшается и безполезная высота зданія.

По матеріалу мы раздѣляемъ потолочныя покрытія на сгораемыя и несгораемыя; первыя устраиваются главнымъ образомъ изъ дерева, а вторыя изъ кирпича, бетона, желѣза и проч. Замѣтимъ, что въ жилыхъ строеніяхъ почти всегда принимаются мѣры для предупрежденія воспламененія сгораемыхъ покрытій, чѣмъ и уменьшается въ извѣстной степени опасность ихъ въ пожарномъ отношеніи. Точно такъ же и несгораемыя покрытія хотя и не воспламеняются, но отъ непосредственнаго дѣйствія сильнаго пожара, могутъ разрушаться, поэтому нѣкоторыя ихъ части тоже предохраняются отъ непосредственнаго дѣйствія пламени особыми способами.

§ 25.

А. **Несгораемыя потолочныя покрытія.** По конструкціи могутъ быть раздѣлены на два типа: первый, самый разнообразный и наиболѣе примѣняемый на практикѣ, состоитъ изъ металлическихъ балокъ, располагаемыхъ на извѣстныхъ разстояніяхъ другъ отъ друга, и изъ заполненій промежутковъ между этими балками различными несгораемыми матеріалами, какъ-то: кирпичомъ, бетономъ, волнистымъ желѣзомъ, алебастровыми плитами и т. п. По своему внѣшнему виду эти заполненія между балками могутъ быть или криволинейными, въ видѣ сводчатой поверхности, или совершенно горизонтальными.

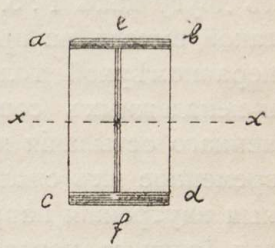
Второй типъ покрытія, устраиваемый безъ металлическихъ балокъ, представляетъ изъ себя сплошное покрытіе, расположенное надъ пролетомъ между стѣнами и состоитъ изъ цементнаго бетона, съ введеніемъ въ него желѣзныхъ полосъ различнаго поперечнаго сѣченія, въ большинствѣ случаевъ круглаго. Такую конструкцію французы называютъ ciment armé, то-есть цементный бетонъ, вооруженный желѣзомъ.

Сначала мы разсмотримъ первый типъ несгораемыхъ покрытій и

начнемъ съ металлическихъ балокъ: металлическія балки бываютъ чугунныя и желѣзныя, послѣднія могутъ быть прокатныя и клепанныя. Сюда же относятся желѣзнодорожные рельсы, какъ балки.

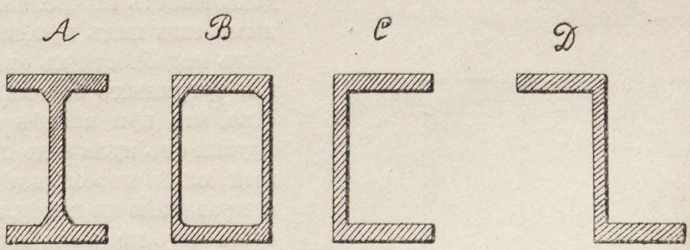
a. Чугунныя балки. Изъ теоріи сопротивленія матеріаловъ извѣстно, что при изгибѣ нагруженной балки, имѣющей прямоугольное поперечное сѣченіе (черт. 408) *abcd*, прежде всего достигаетъ предѣла упругости матеріала напряженіе въ крайнихъ верхнихъ и нижнихъ волокнахъ *ab* и *cd*, такъ что если нагружать постепенно балку до того момента, когда она сломается, то разрушеніе начнется съ того, что верхнія волокна сомнутся, а нижнія разорвутся; стало быть въ поперечномъ сѣченіи балки подверженной изгибу, напряженіе распредѣляется не равномѣрно, и весьма возможно, что въ крайнихъ волокнахъ предѣлъ упругости будетъ превзойденъ уже тогда, когда въ волокнахъ, смежныхъ съ нейтральнымъ слоемъ, напряженія будутъ самыя незначительныя. Послѣднее обстоятельство рѣзче всего обнаруживается въ прямоугольномъ сѣченіи *abcd* (черт. 408), которое даютъ почти исключительно деревяннымъ балкамъ.

Чер. 408.



Въ виду этого, при замѣнѣ дерева чугуномъ, какъ болѣе дорогимъ матеріаломъ, естественно явилась мысль измѣнить прямоугольное поперечное сѣченіе балки такъ, чтобы оно соотвѣтствовало какъ измѣненію внутреннихъ напряженій въ поперечномъ сѣченіи, такъ и свойствамъ матеріала, то-есть изъ прямоугольнаго сѣченія оставили лишь верхнюю и нижнюю полосы *ab* и *cd* (черт. 408) и соединили ихъ стѣнкой *ef*, служащей связью между этими двумя полосами и вмѣстѣ съ тѣмъ, при изгибѣ, сопротивляющейся разслаивающимъ и скалывающимъ усиліемъ. Такимъ образомъ явился типъ двутавровой чугунной балки (черт. 409) лит. A. Этимъ достигалось: 1) увеличеніе сопротивленія балки болѣе раціональнымъ распредѣленіемъ матеріала въ ея поперечномъ сѣченіи и 2) уменьшеніе собственнаго вѣса балки.

Чер. 409.



Отъ перемѣщенія стѣнки и поясовъ получились затѣмъ сѣченія: трубчатое (B), корытообразное или швеллерное (*C*) и *Z*-образное (*D*).

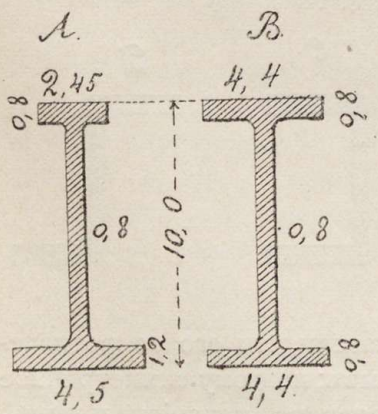
Позднѣе изслѣдованія свойствъ чугуна показали, что его сопротивленіе на сжатіе значительно больше, чѣмъ на разрывъ; поэтому симметричное сѣченіе балки съ одинаковыми поясами было признано нераціональнымъ. Сопротивленіе чугуна на сжатіе и растяженіе выражаются слѣдующими коэффиціентами, взятыми изъ таблицы Ландсберга [Handbuch der Architectur, Statik, стр. 23].

Таблица XXII.

Временное сопротивленіе растяженію отъ 1250 до 1450, въ среднемъ	1350	Kg. на см.²
Тоже, сжатію: отъ 7500 до 8000, въ среднемъ	7800	„ „ „
Предѣлъ упругости при растяженіи	660	„ „ „
Тоже, при сжатіи	1800	„ „ „
Прочное сопротивленіе при вытягиваніи	250	„ „ „
Тоже, при сжатіи	500	„ „ „

Годкинсонъ, съ цѣлью опредѣлить наивыгоднѣйшіе размѣры нижняго и верхняго поясовъ чугунной балки производилъ рядъ опытовъ надъ балками различной формы поперечнаго сѣченія и пришелъ къ заключенію, что одновременное разрушеніе верхняго и нижняго поясовъ балки происходитъ въ томъ случаѣ, если отношеніе площадей этихъ поясовъ какъ 1 : 6, что соотвѣтствуетъ отношенію вышеприведенныхъ коэффиціентовъ на временное сопротивленіе чугуна разрыву и раздробленію. Такимъ образомъ, по Годкинсону, нужно признать, что наивыгоднѣйшее поперечное сѣченіе чугунной балки такое, въ коемъ размѣры поясовъ относятся другъ къ другу какъ 1 : 6. Впослѣдствіи Стефенсонъ и Бруннель доказали, что такой выводъ на практикѣ неудобопримѣнимъ, такъ какъ отливка съ такой неравномѣрной толщиной поясовъ даетъ балки весьма неопредѣленныхъ и ненадежныхъ сопротивленій. Дѣло въ томъ, что вслѣдствіе неодновременнаго остыванія нижняго и верхняго поясовъ балки, является и неодновременное ихъ сжатіе (уменьшеніе въ объемѣ), что влечетъ за собой вредныя внутреннія напряженія. Поэтому отношеніе между размѣрами поясовъ, для балки съ поперечнымъ сѣченіемъ равнаго сопротивленія, было принято не какъ 6 : 1, а какъ 2 : 1, то-есть то отношеніе, которое имѣютъ коэффиціенты прочнаго сопротивленія на сжатіе и растяженіе (см. таб.). При такомъ поперечномъ сѣченіи хотя и уменьшаются недостатки, являющіеся при отливкѣ, но все же не вполнѣ устраняются.

Чер. 410.



Профессоръ L. Debo въ своей брошюркѣ „Die Lage der neutralen Schichte bei gebogenen Körpern“ доказываетъ вычисленіями и опытами, произведенными имъ надъ пробными чугунными балками, что нѣтъ надобности въ отливкѣ несимметричнаго сѣченія чугунныхъ балокъ, имѣя въ виду то обстоятельство, что при изгибѣ вмѣстѣ съ увеличеніемъ нагрузки отъ нуля и до полнаго разрушенія нейтральный слой перемѣщается отъ центра тяжести по направленію къ поясу, подвергнутому сжатію, вслѣдствіе чего моменты сопротивленія внутреннихъ молекулярныхъ силъ, взятые относительно этого слоя на сжатіе и растяженіе, уравниваются, и разрушеніе при переломѣ балки какъ нижняго, такъ и верхняго пояса происходитъ одновременно.

Профессоръ L. Debo производилъ свои опыты надъ двумя балками длиною 200 сантиметровъ, поперечныя сѣченія коихъ изображены на чертежѣ 410 литерами A и B, располагая балки свободно на двухъ опорахъ и загружая ихъ посрединѣ грузомъ. Площади поперечныхъ сѣченій обѣихъ балокъ равняются 13,76 см.². Результаты получились слѣдующіе:

а) Чугунная балка профиля А, съ поясами нижнимъ и верхнимъ различныхъ размѣровъ, при отношеніи площадей какъ 2,25 : 7,05, подвергались нагрузкѣ: собственнаго вѣса балки при длинѣ въ 200 см. равенъ 22 Kg, изъ коихъ на средину дѣйствуетъ половина . . . . . 11,0 Kg.
Вѣса рычага и чашки вѣсовъ . . . . . 46,0 „

Всего . . . . . 57,0 Kg.

Отъ этого груза получится прогибъ . . . . . 0,4 мм.
„ нагрузки въ 365 кг. прогибъ . . . . . 2,9 „
„ „ „ 673 „ „ . . . . . 5,6 „
„ „ „ 708 „ „ . . . . . 5,8 „
„ „ „ 735 „ „ . . . . . 6,1 „

По снятіи груза и оставленіи лишь 365 кг. прогибъ остался въ . 3,5 „
По снятіи всего груза съ чашки вѣсовъ прогибъ остался . . . . . 0,85 „
Допускаемая нагрузка, соотвѣтствующая коэффиціентамъ прочнаго сопротивленія (на растяженіе 250 кг., на сжатіе 500 кг.) . . 242 кг.
Нагрузка до предѣла упругости чугуна (при растяженіи 660, при сжатіи 1800 кг.) . . . . . 700 „

в) Чугунная балка литера В.

При одинаковой ширинѣ поясовъ толщина ихъ, а также и толщина стѣнки, приняты = 0,8 см., при чемъ собственный вѣсъ балки при длинѣ ея 200 см. равенъ 22,7 кг., изъ коихъ на средину дѣйствуетъ . . . . . 11,4 кг.
Вѣсъ рычага и чашки вѣсовъ . . . . . 46,0 „

Всего . . . . . 57,4 кг.

Отъ этой нагрузки прогибъ оказался . . . . . 0,4 кг.
При нагрузкѣ въ 327 кг. прогибъ . . . . . 2,1 „
„ „ „ 694 „ „ . . . . . 4,4 „
„ „ „ 726 „ „ . . . . . 4,7 „

Послѣ снятія груза и оставленіи лишь 327 кг. . . . . 2,2 „
Послѣ снятія всего груза . . . . . 0,7 „
Допускаемая нагрузка, соотвѣтствующая коэффиціентамъ прочнаго сопротивленія . . . . . 257 „
Нагрузка до предѣла упругости . . . . . 750 „

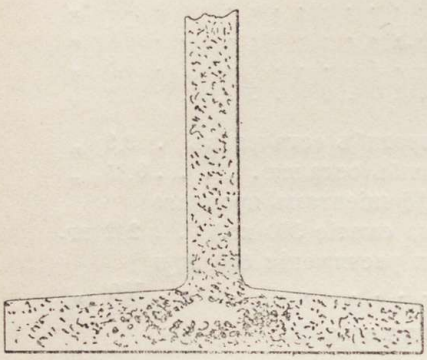
Такимъ образомъ оказывается, что балка литера В дала нѣсколько меньшій прогибъ при той же нагрузкѣ, поэтому за ней надо признать и большее сопротивленіе сравнительно съ балкой литера А.

Этотъ результатъ испытаній профессора L. DeBo подтверждаютъ теоретическіе его выводы и приводятъ къ заключенію, что нѣтъ никакой надобности придавать чугуннымъ балкамъ несимметричную форму поперечнаго сѣченія; толщина и размѣры всѣхъ частей могутъ быть совершенно одинаковы, этимъ не только почти избѣгаются тѣ недостатки въ отливкѣ, о которыхъ было сказано выше, но и выигрывается въ степени сопротивленія балки.

Къ числу недостатковъ чугунныхъ балокъ принадлежитъ, во-1-хъ, ихъ значительный вѣсъ, такъ какъ стѣнка балки толщиною въ $\frac{3''}{8}$ (1 см.) уже по хрупкости чугуна не представляетъ достаточно прочности, а потому приходится ее дѣлать значительно толще, вслѣдствіе этого увеличивается

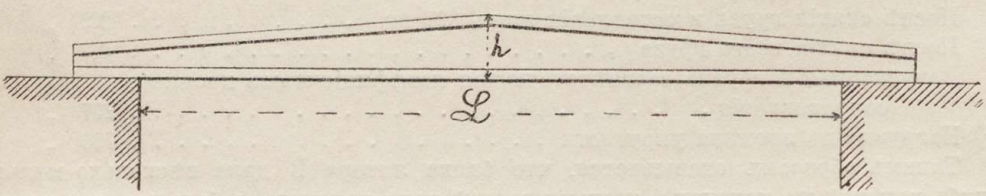
вѣсъ балокъ, а вмѣстѣ съ тѣмъ и трудность по перевозкѣ и установкѣ ихъ. Во-2-хъ, въ массѣ чугуна вслѣдствіе неодновременнаго остыванія внутри и снаружи образуются пустоты или чугунъ разнаго строенія. Такъ, напримѣръ, внутри болѣе толстыхъ поясовъ чугунъ иногда имѣетъ пустоту (чер. 411), окруженную крупнозернистой массой, какъ это обнаружилось при испытаніи напереломъ двухъ чугунныхъ балокъ гановерской прядильной фабрики (L. Debo, стр. 21). Въ-3-хъ, длина чугунныхъ балокъ, вслѣдствіе трудности отливки весьма ограничена, и при перекрытіи широкихъ строеній, не имѣющихъ продольныхъ стѣнъ, приходится ставить подпоры, разстояніе между которыми не должно превосходить 10 или 12 футъ. Эти опоры, число которыхъ можетъ быть очень значительно, стѣсняютъ внутреннее помѣщеніе.

Чер. 411.



Такъ какъ внѣшній изгибающій моментъ равномѣрно нагруженной балки, лежащей свободно на опорахъ, достигаетъ своего максимума въ срединѣ балки, а къ концамъ ея уменьшается до нуля, то для уменьшенія безполезнаго вѣса балки слѣдуетъ, по мѣрѣ увеличенія момента, увеличивать высоту балки; это достигается тѣмъ, что верхній поясъ располагается или по параболѣ, или по двумъ прямымъ, поднимающимся къ срединѣ балки (чертежъ 412).

Чер. 412.



Къ достоинствамъ чугунныхъ балокъ слѣдуетъ отнести ихъ большую, сравнительно съ желѣзными, жестокость, то-есть потолочное покрытіе, основанное на нихъ, меньше подвергается сотрясенію, что часто имѣетъ большое значеніе въ фабричномъ дѣлѣ.

Въ фабричныхъ строеніяхъ, въ которыхъ разстояніе между поддерживающими чугунныя балки колоннами не свыше 11 или 12 ф. (3,35 м.), вѣсъ междубалочныхъ кирпичныхъ сводовъ въ $^1/_2$ кирпича и лежащаго на нихъ пола почти постояненъ, около 5 пудовъ на кв. ф., т.-е. около 245 пудовъ на кв. сажень (около 865 кг. на кв. м.), временная же нагрузка вмѣстѣ съ вѣсомъ машинъ и товара можетъ быть принята какъ толпа людей въ числѣ 9 человѣкъ на 1 кв. саж. 36 пуд. (126 кг. на кв. м.), вся нагрузка, слѣдовательно, на 1 кв. саж. принимается $= 245 + 36 = 281$ пудъ (около 1.000 кг. на кв. м.).

За послѣднее время, какъ мы увидимъ ниже, примѣненіе легкихъ бетонно-желѣзныхъ сводиковъ, какъ заполненія млжду балками, сократило постоянный грузъ, дѣйствующій на балки еще болѣе, и довело его до 140 пуд. на кв. саж. (около 500 кг. на кв. метръ).

Практически для опредѣленія размѣровъ чугунныхъ балокъ можно принять ихъ высоту сѣченія отъ $^1/_{16}$ до $^1/_{10}$, среднее въ $^1/_{12}$ пролета.

По Годкинсону, моментъ (M), ломающій чугунную балку, если A площадь сѣченія растягиваемаго пояса въ кв. см., h высота сѣченія балки на срединѣ въ см., то $M = 10{,}23\ Ah$ килограмметрамъ.

Или, для балки подпертой въ двухъ концахъ, при пролетѣ L въ метрахъ (чер. 412), ломающій грузъ P въ килограмм., сосредоточенный на ея срединѣ, когда максимальный моментъ $M = \frac{PL}{4}$, будетъ круглымъ числомъ

$$P = \frac{10{,}23 \cdot Ah \cdot 4}{L} = 41\,\frac{Ah}{L}$$ килограм.

Для балки, равномѣрно нагруженной и лежащей свободно на двухъ опорахъ при $M = \frac{Pl}{8}$, имѣемъ

$$P = \frac{10{,}23 \cdot Ah \cdot 8}{L} = 82\,\frac{Ah}{L}.$$

b) **Желѣзныя балки.** Желѣзныя балки представляютъ сравнительно съ чугуномъ весьма важныя преимущества, поэтому даже въ то время, когда желѣзо было значительно дороже, онѣ все болѣе и болѣе примѣнялись на практикѣ, и въ настоящее время при значительномъ удешевленіи цѣнъ на желѣзо вообще, а на балочное въ особенности, оно примѣняется почти исключительно какъ матеріалъ для устройства несгораемыхъ покрытій. Даже при устройствѣ деревянныхъ потолковъ есть расчетъ вмѣсто деревянныхъ балокъ употреблять желѣзныя въ виду ихъ долговѣчности и прочности при незначительной разницѣ въ стоимости.

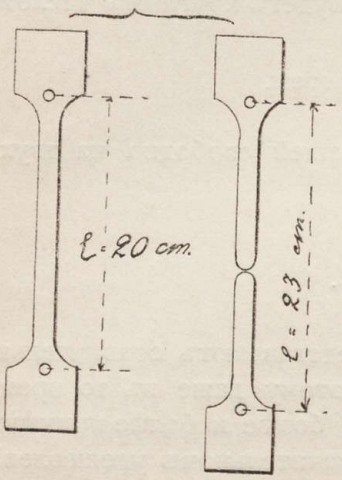
Желѣзо представляетъ матеріалъ значительно болѣе однородный сравнительно съ чугуномъ, такъ какъ различные процессы, проковки и прокатки, которымъ оно подвергается, если не совершенно уничтожаютъ, то по крайней мѣрѣ дѣлаютъ безвредными тѣ пузыри и раковины, которые неустранимы въ чугунѣ при отливкѣ. Вообще, по своимъ свойствамъ сопротивленія, желѣзо сходно съ деревомъ, а чугунъ—съ камнемъ. По причинѣ необыкновенной вязкости желѣза, изъ него приготовляютъ широкіе и длинные листы, изъ которыхъ легко составить балки, обладающія весьма значительнымъ сопротивленіемъ и небольшимъ сравнительно вѣсомъ, что даетъ возможность придать желѣзнымъ балкамъ гораздо большую длину, чѣмъ чугуннымъ.

Есть два способа приготовленія желѣза. Первый—путемъ разуглероживанія чугуна плавленіемъ его до температуры ниже точки плавленія желѣза (въ пудлинговыхъ печахъ), при чемъ получается полужидкая, тѣстообразная масса, подвергаемая дальнѣйшей механической обработкѣ проковкой, прокаткой и т. д. Такое желѣзо называется сварочнымъ; это желѣзо и идетъ преимущественно для балокъ.

Другой способъ приготовленія желѣза, такъ называемаго литого, состоитъ въ удаленіи углерода изъ чугуна плавленіемъ его при весьма высокой температурѣ, при которой плавится и желѣзо (способъ Бессимера). Такой способъ болѣе благопріятствуетъ удаленію шлаковъ, желѣзо получается лучшаго качества и употребляется главнымъ образомъ для приготовленія желѣзнодорожныхъ рельсовъ.

На основаніи техническихъ условій министерства путей сообщенія хорошее сварочное желѣзо должно быть мягкое, какъ въ холодномъ, такъ и въ нагрѣтомъ состояніи; въ изломѣ представлять сложеніе волокнистое, должно быть хорошо прокатано, по направленію тѣхъ усилій, которымъ будетъ подвержено въ стройкѣ (для балокъ по направленію поясовъ). Желѣзо должно быть безъ пленъ и углубленій съ поверхности, чистое, безъ какихъ бы то ни было слѣдовъ сварки, ржавчины или окалины.

Чер. 413.



Испытаніе желѣза обыкновенно ограничивается опредѣленіемъ разрывающаго груза R и удлиненія N при растяженіи. Эти опыты наиболѣе характеризуютъ качество металла.

Удлиненіемъ называется выраженное въ процентахъ отношеніе величины, на которую образецъ, при его разрывѣ, увеличился по длинѣ, къ его первоначальной длинѣ. Такъ, положимъ, что брусокъ длиною въ 20 см., вслѣдствіе растягиванія, удлинится на 3 см. (чер. 413). Въ такомъ случаѣ удлиненіе N будетъ:

$$N = \frac{23 - 20}{20} \times 100 = \frac{3}{20} = 15\%.$$

Лучшій сортъ металла будетъ тотъ, который, обладая большимъ сопротивленіемъ на разрывъ, даетъ вмѣстѣ съ тѣмъ наибольшую величину удлиненія; такое свойство служитъ указаніемъ мягкости желѣза. Наоборотъ, если при значительномъ сопротивленіи его на разрывъ получается ничтожное удлиненіе, это доказываетъ, что испытуемый матеріалъ не желѣзо, а сталь.

На основаніи техническихъ кондицій м. п. с. при длинѣ образца въ 200 мм. хорошее желѣзо должно удовлетворять слѣдующимъ требованіямъ:

Таблица XXIII.

	Сопротивл. R разрыву.	Удлиненіе N.
Листы литого желѣза толщ. въ 4—8 мм. .	35—45 кл. кв. мм.	20 — 15%
Сварочнаго желѣза вдоль прокатки . . .	34 кл. на кв. мм.	12%
„ „ поперекъ прокатки .	28 „ „ „ „	3%
Сварочн. фасонн. желѣза 1-й сортъ . . .	34—36 „ „ „ „	14 — 18%
„ „ „ 2-й „	32—34 „ „ „ „	10 — 12%

По Max Förster, сопротивленіе (R) образца разрыву по его длинѣ и удлиненію (N), выраженное въ процентахъ отъ его первоначальной длины, должны удовлетворять слѣдующей таблицѣ:

Таблица XXIV.

При толщинѣ.	*R.*	*N.*
⩾10 мм.	36 кг. на кв. мм.	
10—15 „	35 „ „ „ „	12%
15—35 „	34 „ „ „ „	

1 кубическій метръ сварочнаго желѣза вѣситъ . . . . 7.800 кг.
1 кубическій метръ литого желѣза вѣситъ . . . . . 7.850 кг.

Въ присутствіи кислорода воздуха, воды и углекислоты желѣзо, ничѣмъ не защищенное, быстро покрывается ржавчиной, которая легко смывается водой и даже сдувается вѣтромъ, открывкя снова доступъ къ дальнѣйшему окисленію. Такой процессъ окисленія желѣза происходитъ довольно быстро, и если не принять мѣры противъ этого самаго важнаго недостатка желѣза, то оно постепенно разрушится. Мѣры эти заключаются въ окраскѣ желѣза масляной краской, оцинкованіи его, покрытіи асфальтовой смолой и т. п. Самый распространенный и самый вѣрный способъ заключается въ окраскѣ, которая производится слѣдующимъ образомъ. Первоначально желѣзную поверхность очищаютъ металлическими щетками; затѣмъ, для удаленія окисловъ, промываютъ известковымъ молокомъ и по просушкѣ поверхности покрываютъ ее грунтомъ. Послѣдній состоитъ изъ смѣси вареной олифы съ красной свинцовой окисью (сурикомъ); эти два вещества вступаютъ въ химическое соединеніе, крѣпко сцѣпляются съ желѣзомъ и даютъ очень прочную загрунтовку. Грунтовкѣ подвергаютъ всѣ поверхности желѣза открытыя и закрытыя; окраска же производится, когда желѣзная конструкція уже закончена, только видимыхъ частей различными колерами масляной краски, состоящей обыкновенно изъ свинцовыхъ или цинковыхъ бѣлилъ съ прибавленіемъ для полученія требуемаго колера какой-нибудь минеральной краски.

Желѣзо хотя и принадлежитъ къ матеріаламъ несгораемымъ, однако, при дѣйствіи высокой температуры, напр., во время пожара, оно теряетъ свою крѣпость, прогибается подъ тяжестью нагрузки, что и влечетъ за собой или провисаніе, или паденіе всей потолочной конструкціи.

Для предохраненія желѣза отъ непосредственнаго дѣйствія пламени его съ поверхности обдѣлываютъ дурнопроводящимъ тепло и несгораемымъ матеріаломъ такъ, напр., цементомъ, обожженной глиной и т. п. или же всему потолочному покрытію придаютъ такую конструкцію, при которой желѣзныя поверхности нигдѣ не оголены, а покрыты цементно-бетонной массой или обожженной глиной.

Есть опытныя данныя, на основаніи которыхъ можно вывести заключенія, что при температурѣ около 500° С. желѣзо обладаетъ коэффиціентомъ на растяженіе, равнымъ 25% отъ величины таковаго же коэффиціента при обыкновенной температурѣ. Слѣдовательно, если при расчетѣ конструкціи коэффиціентъ надежности принятъ равнымъ 4 и температура нагрѣтаго желѣза не достигаетъ 500°, то конструкція будетъ держаться и не окажетъ никакихъ слѣдовъ вліянія на нее высокой температуры.

Съ другой стороны, опыты Хайтта надъ температурой, загражденныхъ штукатуркой желѣзныхъ балокъ, при непосредственномъ на нихъ дѣйствіи пламени въ теченіе 12 часовъ и при различной толщинѣ огражденія ихъ

бетоннымъслоемъ изъ смѣси 1 части цемента и 2 частей кирпичнаго шамота дали слѣдующіе результаты:

При загражденіи толщиною въ $2'' - t = 480^0$.
„ „ „ „ $3'' - t = 425^0$.
„ „ „ „ $4'' - t = 287^0$.

Такимъ образомъ оказывается, что загражденіе желѣза бетоннымъ слоемъ отъ 3 до 4″ толщины можетъ считаться вполнѣ надежнымъ, если коэффиціентъ надежности принятъ равнымъ 4 (обыкновенно же берутъ больше 5 и даже 6). Теплопроводимость бетона, изъ смѣси цемента и песка больше чѣмъ изъ цемента и шамота; поэтому лучше для изоляціи желѣза приготовлять смѣсь изъ 1 ч. ц. и 2 ч. шамота. Слой изъ гончарной массы будетъ, несомнѣнно, еще надежнѣе.

Приведенныя данныя показываютъ, насколько необходимо несгораемымъ потолочнымъ покрытіямъ придавать такую конструкцію, при которой всѣ внѣшнія поверхности желѣза были бы ограждены слоемъ цементнаго бетона или гончарной массой на толщину отъ 2 до 4 дюймовъ.

Въ строительной практикѣ употребляются главнымъ образомъ три вида желѣзныхъ балокъ:

1) Желѣзнодорожные рельсы какъ балки.

2) Прокатныя балки различныхъ поперечныхъ сѣченій.

3) Клепаныя балки или составныя, состоящія изъ листовъ, полосъ и угольниковъ вмѣстѣ склепанныхъ.

§ 26.

1) Желѣзнодорожные рельсы. При настоящей низкой цѣнѣ прокатныхъ балокъ желѣзнодорожные рельсы употребляются рѣдко какъ балки; развѣ только на желѣзныхъ дорогахъ, гдѣ этотъ матеріалъ, отслужившій извѣстный срокъ на пути, является въ избыткѣ. Если рельсы, несмотря на ихъ малое сопротивленіе изгибу, примѣнялись, а иногда примѣняются и теперь, то это происходитъ главнымъ образомъ отъ двухъ причинъ: 1) рельсы имѣютъ сравнительно небольшой вѣсъ, а потому и укладка ихъ на мѣсто не затруднительна и 2) рельсы по дешевизнѣ превосходятъ всѣ другіе виды металлическихъ балокъ. Послѣднее обстоятельство въ особенности способствовало въ недалекомъ прошломъ примѣненію рельсовъ; а между тѣмъ они только въ рѣдкихъ случаяхъ представляютъ такую степень прочности, которую отъ нихъ въ правѣ требовать. Такъ, безопасная равномѣрная нагрузка, которая можетъ быть допущена на 1 погонный футъ обыкновеннаго виньолевскаго рельса, высотою 5″, равна 1442,8 пуда. Слѣдовательно, при двухсаженномъ пролетѣ на рельсъ можетъ быть безопасно передана нагрузка въ 100 пудовъ; но по многимъ причинамъ отъ такой нагрузки рельса приходится воздержаться.

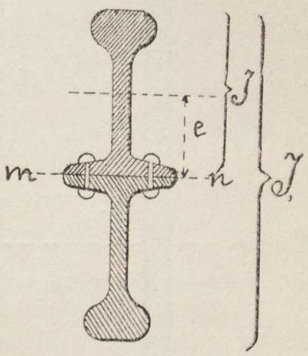
Для нормальнаго профиля рельса, съ шириной подошвы 105 мм. и высотой 134 мм., моментъ инерціи сѣченія $J = 0{,}032\ h^4$, моментъ сопротивленія $W = 0{,}064\ h^3$, площадь сѣченія $hF = 0{,}238\ h^2$ и вѣсъ 1 пог. метра $= 0{,}785\ F$. Въ этихъ выраженіяхъ h обозначаетъ высоту рельса. При расчетѣ рекомендуется, въ случаѣ примѣненія

старыхъ рельсъ, уменьшать вышеприведенныя величины сообразно съ изнашиваніемъ ихъ; по большей мѣрѣ ихъ слѣдуетъ принимать равнымъ:

$$J = 0{,}03\ h^4,\ W = 0{,}06\ h^3,\ F = 0{,}225\ h^2.$$

Для увеличенія сопротивленія рельсъ ихъ часто употребляютъ взаимно склепанными подошвами (чер. 414). Такая двойная рельсовая балка несравненно выгоднѣе, чѣмъ расположеніе двухъ рельсовъ рядомъ, такъ какъ моментъ инерціи (J_1), сѣченія такихъ склепанныхъ рельсъ относительно линіи, проходящей черезъ центръ тяжести сѣченія, опредѣляется по формулѣ:

Чер. 414.



$$J_1 = 2\ (J + e^2 F),$$

гдѣ F—площадь сѣченія одного рельса, J моментъ инерціи этого сѣченія относительно его центра тяжести, e разстояніе центра тяжести отъ подошвы. Заклепки или болты, соединяющіе подошвы, располагаются въ шахматномъ порядкѣ на разстояніи отъ 6 до 8 дюймовъ другъ отъ друга. Безопасная равномѣрная нагрузка на 1 погонн. футъ подобной балки—4337 пуд., т.-е. въ 3 раза больше, чѣмъ при одномъ рельсѣ.

Примѣненіе рельсъ вообще цѣлесообразно тамъ, гдѣ они при благопріятныхъ условіяхъ нагрузки должны служить для горизонтальныхъ перекрытій оконныхъ и дверныхъ пролетовъ въ каменныхъ стѣнахъ.

Если перекрываемое оконное отверстіе находится въ первомъ этажѣ, то при обыкновенной ширинѣ отверстія въ 4′ и при высотѣ зданія въ 2 или 3 этажа для покрытія достаточно употреблять 3 рельса, здѣсь они замѣняютъ столь употребительную въ подобныхъ случаяхъ плоскую арку или перемычку, которая вообще не конструктивна. Рельсы укладываются по ватерпасу и задѣлываются концами въ стѣну на 6 или 7 вершковъ.

Если рельсы перекрываютъ отверстіе больше 4-хъ футъ, необходимо располагать 4 рельса, а также выше покрытія устраивать разгрузную арку; такія же арки слѣдуетъ выводить и во всѣхъ верхнихъ этажахъ.

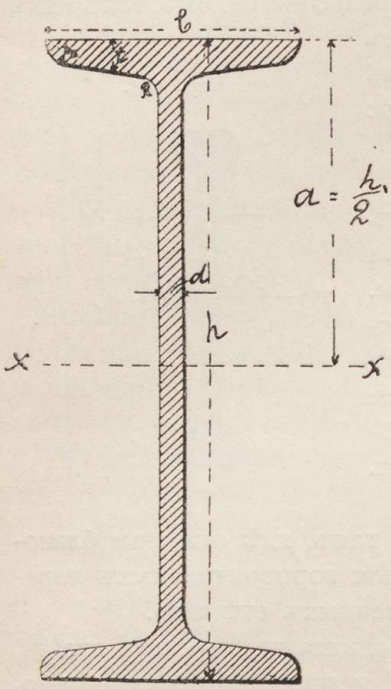
Въ настоящее время, впрочемъ, почти повсюду даже старые желѣзнодорожные рельсы выгоднѣе замѣнять двутавровыми балочками въ 6″ вышиной, имѣющими одинаковое сопротивленіе съ рельсомъ.

§ 27.

2) Двутавровыя прокатныя желѣзныя балки. Двутавровыя прокатныя балки имѣютъ уже то громадное преимущество передъ рельсами, что ихъ профиль спеціально выработанъ для сопротивленія изгибу и можетъ имѣть размѣры по высотѣ до 55 см. включительно и длину балокъ до 12 м. Кромѣ того, можно быть увѣреннымъ, что вслѣдствіе незначительной толщины металла въ стѣнкахъ и поясахъ балокъ, желѣзо въ нихъ обладаетъ одинаковой во всѣхъ частяхъ балки плотностью и однородностью и не имѣетъ пороковъ, чего нельзя сказать про желѣзо въ рельсахъ, въ особенности про желѣзо въ головкѣ рельса.

Наиболѣе распространенная форма поперечнаго сѣченія прокатныхъ балокъ обусловливается исключительно тѣмъ положеніемъ, что предѣлъ упругости желѣза на сжатіе и растяженіе почти одинаковъ. Поэтому, если въ чугунныхъ балкахъ симметричнаго поперечнаго сѣченія, нейтральная ось, по мѣрѣ нагрузки балки, должна перемѣщаться, а при несимметричномъ профилѣ поперечнаго сѣченія находится на разстояніи $^1/_3$ высоты отъ наиболѣе вытянутыхъ волоконъ, то въ желѣзныхъ балкахъ нейтральная ось должна постоянно находиться на половинѣ высоты, на этомъ основаніи поперечныя сѣченія двутавровыхъ желѣзныхъ балокъ дѣлаются всегда симметричными относительно центра тяжести.

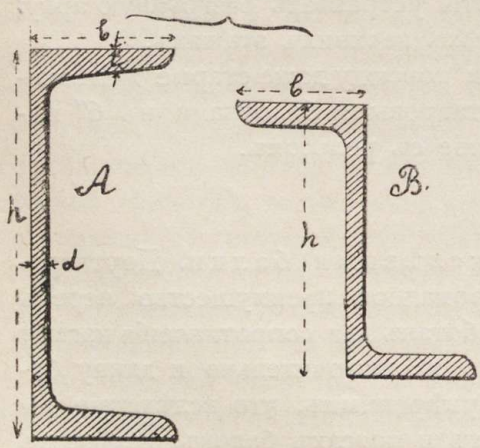
Чер. 415.



Однотавровое сѣченіе, цѣлесообразное для чугунныхъ балокъ, совершенно не пригодно для желѣзныхъ; если же и находитъ примѣненіе, то только въ исключительныхъ случаяхъ, какъ, напр., въ косоурахъ, для каменныхъ лѣстницъ и т. п.

Размѣры поперечныхъ сѣченій двутавровыхъ балокъ, будучи вообще весьма разнообразны, заключаются, однако, въ извѣстныхъ границахъ, обусловливаемыхъ трудностями прокатки. Такъ, чѣмъ больше вѣсъ прокатываемой балки, тѣмъ больше трудностей представляетъ прокатка. Двутавровыя балки изготовляются на заводахъ опредѣленныхъ размѣровъ въ поперечныхъ сѣченіяхъ, въ видѣ нормальныхъ профилей. На чер. 415 представленъ нормальный нѣмец. профиль двутавровой желѣзной балки. При высотѣ балки h до 250 мм. $b = 0{,}4h + 10$ мм. $d = 0{,}03h + 1{,}5$ мм. При $h > 250$ мм. $b = 0{,}5h + 35$ мм. $d = 0{,}036.\ h$; средняя толщина пояса $t = 1{,}4\ d$.

Чер. 416.



Кромѣ тавроваго сѣченія, прокатныя балки употребляются и иныхъ профилей, изъ коихъ въ строительной практикѣ имѣютъ примѣненіе: швеллеръ (черт. 416 *A*) и зетовое желѣзо (черт. 416 *B*). Нормальнаго профиля швеллеръ имѣетъ слѣдующіе размѣры: $b = 0{,}25\,h + 25$ мм. $d = = 0{,}025\,h + 4$ мм. — при h до 100 мм. При большой величинѣ h, $d = 0{,}025\,h + 3{,}5$ мм. Что касается зетоваго сѣченія, то оно употребляется лишь для балокъ незначительныхъ размѣровъ.

Для двутавровыхъ и швеллерныхъ балокъ, выдѣлываемыхъ на нашихъ

и заграничныхъ заводахъ, составлены таблицы, въ которыхъ для каждаго номера балки или профиля поперечнаго сѣченія, начиная отъ высоты въ 8 см. до 55 см., указаны: моментъ инерціи (J) относительно горизонтальной оси, проходящей черезъ центръ тяжести поперечнаго сѣченія, моментъ сопротивленія (W), вѣсъ погоннаго метра въ кг., площадь поперечнаго сѣченія въ см. и стрѣлка прогиба, предполагая равномѣрную нагрузку и длину балки въ 1 м. Слѣдовательно, чтобы подыскать требуемую балку, стоитъ только опредѣлить W.

Такъ, мы знаемъ, что для балки, равномѣрно нагруженной и свободно лежащей на двухъ опорахъ, безопасная нагрузка $P = \frac{8RW}{l}$, гдѣ R — прочное сопротивленіе желѣза, принимаемое равнымъ 12 кл., 9 кл. или 7,2 кл. на кв. мм., смотря по тому, какую степень надежности желаютъ придать балкѣ: 3-хъ, 4-хъ или 5-тикратную, отсюда $W = \frac{Pl}{8R}$.

Обыкновенно R принимаютъ равнымъ 1.000 кг. на см.^{2}

Примѣръ. При длинѣ балки $l = 6$ м. и равномѣрно распредѣленной нагрузкѣ $P = 10.000$ кг.

$$W = \frac{Pl}{8R} = \frac{10000 \,.\, 600}{8 \,.\, 1000} = 750 \text{ ст.}^3$$

Этому моменту сопротивленія соотвѣтствуетъ по таблицѣ, приведенной въ концѣ книги, балка № 32, высота которой $h = 320$ мм., ширина пояса 131 мм. и толщина стѣнки $d = 11{,}5$ мм. Площадь поперечнаго сѣченія $F = 77{,}7$ кв. см. и вѣсъ одного погоннаго метра 60,6 кг.

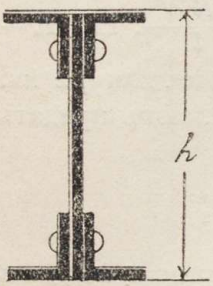
§ 28.

3) Желѣзныя клепаныя балки. Двутавровыя прокатныя балки хотя и имѣютъ огромное распространеніе въ строительной практикѣ, но все же въ виду ихъ ограниченной длины (12 м.) и высоты (55 см.) не вездѣ могутъ быть примѣнимы. Обширныя залы и заводскія помѣщенія приходится иногда перекрывать несгораемыми покрытіями, при условіи не затѣснять помѣщенія отдѣльными подпорами. Въ такихъ случаяхъ употребляютъ не прокатныя балки, а составныя изъ нѣсколькихъ частей, соединенныхъ въ одно цѣлое заклепками.

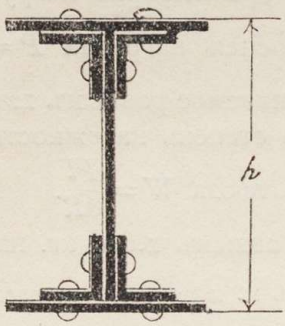
Смотря по виду и взаимному расположенію частей, составныя балки носятъ наименованіе или балокъ со сплошною стѣнкою, или фермъ рѣшетчатыхъ, раскосныхъ, параболическихъ. Послѣднія весьма рѣдко употребляются при постройкѣ зданій, и объ нихъ мы говорить не будемъ, а остановимся лишь на клепаныхъ балкахъ съ сплошными стѣнками, которыя имѣютъ то преимущество передъ рѣшетчатыми, что онѣ по конструкціи проще, а, слѣдовательно, и дешевле, хотя сравнительно съ прокатными балками онѣ все же значительно дороже, такъ какъ состоятъ изъ болѣе дорогого желѣза и требуютъ весьма тщательной работы по склепкѣ. Вообще при постройкѣ зданій составныя балки употребляются въ тѣхъ случаяхъ, когда прокатныя не могутъ быть примѣнены вслѣдствіе слишкомъ значительнаго пролета и сильной нагрузки, и когда толщина покрытія можетъ быть увеличена, не вызывая значительныхъ расходовъ (напр., чердачное покрытіе).

Балка со сплошною стѣнкою состоитъ изъ двухъ главныхъ частей: изъ вертикальнаго листа (чер. 417), или стѣнки, и изъ поясовъ, верхняго и нижняго. Каждый изъ поясовъ составляется изъ двухъ угольниковъ (поясные уголки), *приклепанныхъ* вдоль верхней и нижней части стѣнки. Если высоту балки по мѣстнымъ условіямъ нельзя увеличить, и моментъ сопротивленія является такимъ образомъ недостаточнымъ, то приходится пояса усиливать накладками (поясныя накладки), какъ это показано на чертежѣ 418. Число накладокъ не дѣлается болѣе трехъ, при чемъ ширина ихъ берется minimum такая, чтобы края накладки были вровень съ краями горизонтальныхъ полокъ угольниковъ или же выступали съ каждой стороны не болѣе какъ на 3δ, гдѣ δ — толщина накладки. Составныя части балки связываются въ одно цѣлое заклепками; заклепки съ горизонтальною осью соединяютъ стѣнку съ уголками, а заклепки съ вертикальною осью — уголки съ поясными накладками. На черт. 419 представленъ фасадъ балки, показанной въ разрѣзѣ на черт. 418.

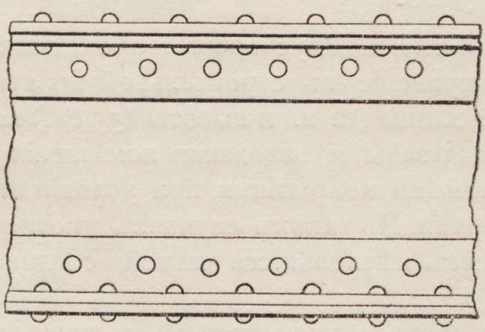
Чер. 417.



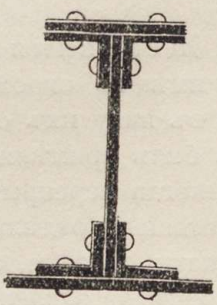
Чер. 418.



Чер. 419.



Чер. 420.



Назначеніе *стѣнки* заключается главнымъ образомъ въ томъ, чтобы составлять прочную связь между обоими поясами и въ то же время сопротивляться вертикальнымъ перерѣзывающимъ усиліямъ, дѣйствующимъ въ каждомъ поперечномъ сѣченіи балки. *Пояса же* сопротивляются исключительно продольнымъ (сжимающимъ или растягивающимъ) силамъ, дѣйствующимъ въ балкѣ при изгибѣ. Величина поперечнаго сѣченія обоихъ поясовъ въ связи съ высотою балки обусловливаетъ величину (W) момента сопротивленія балки.

Балка со сплошною стѣнкою обыкновенно имѣетъ два равные пояса, такъ что поперечное сѣченіе ея *симметричное*. Однако несимметричное сѣченіе балки является раціональнымъ главнымъ образомъ потому, что при вычисленіи момента сопротивленія необходимо принимать во вниманіе

ослабленіе поясовъ отверстіями для заклепокъ. Такъ какъ обыкновенно предполагается, что только въ сжатомъ поясѣ отверстія не ослабляютъ сѣченія, въ вытягиваемомъ же ослабляютъ, то поэтому приходится давать нижнему поясу нѣсколько большее сѣченіе, чѣмъ верхнему, или уширяя поясныя накладки, или увеличивая число ихъ (чер. 420).

Примѣчаніе. Въ концѣ книги имѣется таблица моментовъ сопротивленія и вѣса погон. метра наиболѣе употребительныхъ клепаныхъ желѣзныхъ балокъ; при чемъ: w_0—моментъ сопротивленія въ куб. сант. поперечнаго сѣченія балокъ безъ накладокъ; g_0—вѣсъ погоннаго метра для тѣхъ же балокъ; w_1 и w_2 — моментъ сопротивленія для балокъ съ одной и съ двумя накладками.

Вѣса (g_1 и g_2) погонн. метра послѣднихъ балокъ въ таблицѣ не показаны, но ихъ легко получить изъ слѣдующихъ формулъ:

$$g_1 = g_0 + 28{,}1 \text{ кг. и } g_2 = g_0 + 56{,}2 \text{ кг.}$$

§ 29.

Расположеніе металлическихъ балокъ. Потолочныя балки устанавливаются по ватерпасу, располагаются параллельно другъ другу и, такъ какъ сопротивленіе ихъ изгибу обратно пропорціонально длинѣ, то ихъ укладываютъ концами на тѣ стѣны перекрываемаго помѣщенія, между которыми наименьшее разстояніе.

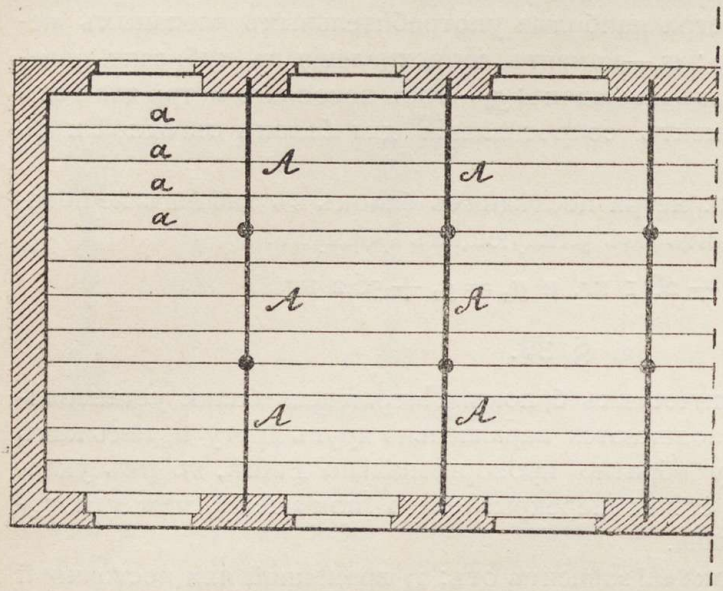
Разстояніе между балками зависитъ отъ: 1) временной или постоянной нагрузки предполагаемаго покрытія, 2) размѣщенія оконныхъ и дверныхъ отверстій, а также различныхъ каналовъ въ стѣнахъ, на которые опираются концы балокъ, и 3) конструкціи и вѣса заполненія промежутковъ между балками. При этомъ, однако, слѣдуетъ руководствоваться и общими правилами, какъ-то: размѣщать балки по возможности равномѣрно, не располагая концы ихъ на перемычкахъ; не вводить балки въ дымовыя трубы или въ какіе-либо другіе каналы и не располагать на стѣнки толщиною менѣе 1 кирпича.

Нерѣдко, въ особенности при возведеніи фабричныхъ и заводскихъ зданій, приходится перекрывать помѣщеніе весьма значительной ширины, въ такомъ случаѣ выгоднѣе устанавливать вдоль помѣщенія (черт. 421) ряды колоннъ, на нихъ располагать вдоль или поперекъ зданія главныя балки A, A..., а на главныя уложить второстепенныя a, a,... Первыя располагаются на разстояніи до 4-хъ метровъ одна отъ другой, а между вторыми оставляются промежутки отъ 0,70 до 1,00 м.

Подкладки. Подъ каждый конецъ балки должна быть положена подкладка; это существенно необходимо: во-1-хъ, для того, чтобы грузъ, передающійся балкой на стѣну, дѣйствовалъ по возможности на бо́льшую площадь каменной кладки и имѣлъ бы опредѣленную точку приложенія. Нагрузка балки всегда вызываетъ нѣкоторый изгибъ, при чемъ отъ постоянной нагрузки получается и постоянный прогибъ (стрѣлка прогиба), вслѣдствіе чего концы балки нѣсколько приподымаются (чер. 422), и весь грузъ передается только на ребро стѣны a, которое безъ подкладки, оче-

видно, должно выкрошиться и самая кладка разрушиться. Во-2-хъ, подкладка должна служить для передачи давленія на бо́льшую плоскость и составлять переходъ отъ желѣза къ камню, имѣющему значительно меньшее сопротивленіе на сжатіе. Въ-3-хъ, чтобы дать возможность балкѣ свободно двигаться при удлиненіи отъ температуры.

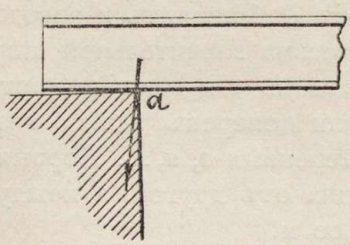
Чер. 421.



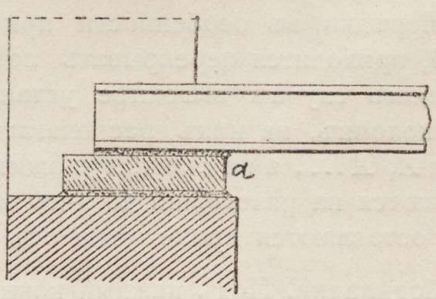
Подкладки бываютъ подвижныя и неподвижныя. При устройствѣ городскихъ и фабричныхъ строеній приходится имѣть дѣло съ балками сравнительно небольшой длины, постоянно пребывающими почти при одной и той же температурѣ и удлиненіе ихъ является незначительнымъ; поэтому въ большинствѣ случаевъ ограничиваются расположеніемъ неподвижныхъ подкладокъ. Напротивъ, для мостовыхъ и стропильныхъ фермъ значительной длины и вѣса — подкладки дѣлаются подвижныя, съ роликами; ихъ мы разсмотримъ въ статьѣ о желѣзныхъ стропилахъ.

Для кирпичныхъ строеній при небольшихъ балкахъ и нагрузкахъ, самой простой подкладкой, способной передать грузъ на уширенную по-

Чер. 422.



Чер. 423.

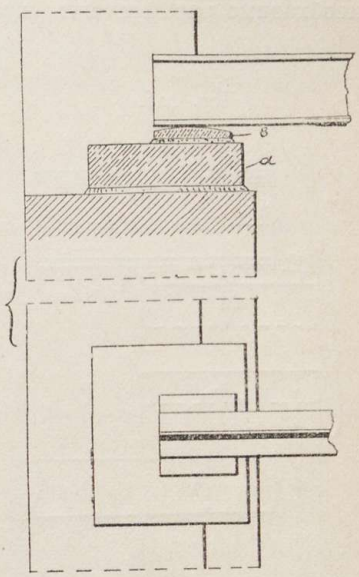


верхность кирпичной кладки, является камень (*a*) (чер. 423) какой-нибудь крѣпкой породы. На него опирается конецъ балки, подлитый на цементѣ, чтобы сгладить шероховатости камня; самый камень тоже подливаютъ на цементѣ. Размѣръ постели камня долженъ соотвѣтствовать грузу, передаваемому балкой и прочному сопротивленію кирпичной кладки на сжатіе. Если это сопротивленіе R равно 8 кг., что принято для кирпичной кладки

на известковомъ растворѣ, то площадь камня $F = \frac{P}{R} = \frac{P}{8}$. При этомъ отношеніе длины къ ширинѣ камня будетъ въ зависимости отъ размѣровъ и формы, въ которой онъ имѣется въ продажѣ. Сопротивленіе самаго камня на сжатіе принимается въ среднемъ = 20 кг. на ст.²

Если грузъ, передаваемый балкой превосходитъ сопротивленіе камня на сжатіе, то необходимо его замѣнить чугунной или желѣзной подкладкой, или же употребить въ дѣло и то и другое, какъ это показано на черт. 424 въ вертикальномъ разрѣзѣ и въ планѣ. Здѣсь желѣзная подкладка *b* расположена на камнѣ *a*. И подкладка, и камень подливаются на цементномъ растворѣ, при чемъ, чтобы не обивался край стѣны, ихъ отодвигаютъ отъ края на 2—3 см. Верхняя плоскость подкладки имѣетъ форму выпуклой поверхности, коей радіусъ кривизны берется отъ 2,5 до 3 м. Такимъ образомъ являются совершенно опредѣленныя точки приложенія груза тамъ, гдѣ балка прикасается къ подкладкѣ. При увеличеніи длины балки отъ температуры — она можетъ скользить по подкладкамъ, для чего сзади балки, въ каменной кладкѣ, необходимо оставить небольшой промежутокъ, соотвѣтственно длинѣ балки.

Чер. 424.



Чугунныя подкладки болѣе удобны; имъ легче придать необходимую выпуклость и приспособить къ воспріятію и передачѣ грузовъ, какъ небольшихъ, такъ и значительныхъ, при чемъ подкладка, выступающимъ на 2—3 см. гребнемъ, входитъ въ камень, для противодѣйствія сдвигу (чер. 425).

Если P обозначаетъ грузъ, передаваемый на опоры, r—допускаемое напряженіе кирпичной кладки, f—площадь подкладки, то

$$f = \frac{P}{r}.$$

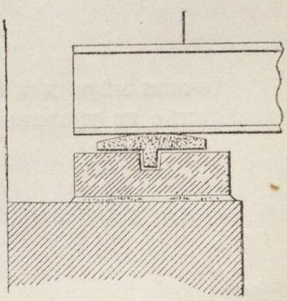
Ширина (b) подкладки опредѣляется, прибавляя къ ширинѣ (b_1) нижняго пояса балки отъ 5 до 10 сант.

Опредѣливъ ширину и зная площадь, не трудно получить и длину подкладки a.

Толщина подкладки δ опредѣляется на переломъ и, если выразить P въ тоннахъ, а R приравнять 250 кг. (для чугуна), то

$$\delta = \sqrt{\frac{3P(b - b_1)}{4a}}.$$

Чер. 425.



Примѣръ. Предположимъ, что балка № 30 (см. табл.) передаетъ на опоры грузъ $P = 4.900$ кг. Какія измѣренія д. б. приданы чугунной подкадкѣ?

Предположимъ, что r для хорошей кирпичной кладки = 10 кг. на кв. см. Въ такомъ случаѣ

$$f = \frac{4900}{10} = 490 \text{ кв. см.}$$

Ширина нижняго пояса двутавровой балки № 30 = 12,5 см. = b_1. Если ширину b подкладки принять равною 22 см., т.-е. = 12,5 + 9,5, то длина подкладки

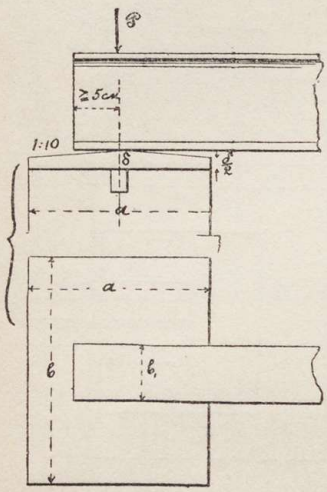
$$a = \frac{490}{22} = \infty 22 \text{ см.}$$

Такимъ образомъ намъ извѣстны P, b, b_1 и a, поэтому на основаніи вышеуказанной формулы, мы получимъ для δ

$$\delta = \sqrt{\frac{3 \times 4{,}9\,(22 - 12{,}5)}{4 \times 22}} = 1{,}3 \text{ см.}$$

Въ виду того, что подкладки вообще имѣютъ большое конструктивное значеніе, необходимо размѣры ихъ опредѣлять болѣе точно, при чемъ можно руководствоваться слѣдующими формулами: если P (черт. 426) наибольшій грузъ, передаваемый на подкладку, r — допускаемая нагрузка на 1 кв. см. кладки, R — коэффиціентъ прочнаго сопротивленія чугуна на растяженіе, b_1—ширина нижняго пояса балки, δ — толщина подкладки въ срединѣ, а въ концахъ $\frac{\delta}{2}$, a—длина подкладки, b—ея ширина, то, принимая всѣ мѣры въ см., измѣренія подкладки опредѣляются изъ уравненія*):

Чер. 426.



$$b^3 (b - b_1) = 0{,}66 \left(\frac{P}{r}\right)^2 \quad \ldots\ldots\ldots (1)$$

$$a = 1{,}23 \sqrt{b\,(b - b_1)} \quad \ldots\ldots\ldots (2)$$

$$\delta = 0{,}775 \sqrt{\frac{P}{R}\,\frac{a}{b}} \quad \ldots\ldots\ldots (3)$$

Изъ этихъ уравненій опредѣляется первоначально b по приближеніямъ, что можетъ быть облегчено, опредѣляя наименьшее приближеніе отъ выраженія:

$$b > 0{,}9 \sqrt{\frac{P}{r}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

Когда b опредѣлено, то по остальнымъ двумъ формуламъ опредѣляютъ a и δ.

Напримѣръ: положимъ, что $P = 30.000$ кг., $r = 8$ кг. на см.^{2}, R (для чугуна) 250 кг., b_1 задается и можетъ быть принята не болѣе 20 см., тогда получимъ:

$$b > 0{,}9 \sqrt{\frac{30000}{8}} > 55{,}2 \text{ см.}$$

Точная мѣра для b, получаемая изъ уравненія (1), будетъ = 61 см.

Далѣе по уравненію (2) имѣемъ:

$$a = 1{,}23 \sqrt{61\,(61 - 20)} = 61{,}5 \text{ см.}$$

а изъ уравненія (3)

$$\delta = 0{,}775 \sqrt{\frac{30000 \times 61{,}5}{250 \times 61}} = 8{,}3 \text{ см.}$$

Толщина краевъ подкладки

$$\frac{\delta}{2} = \frac{8{,}3}{2} = 4{,}15 \text{ см.}$$

*) Handbuch der Architectur. Constructions-Elemente in Eisen. III. Th., 1. Band, № 4, стр. 246.

Разстояніе отъ точки приложенія усилія до конца балки не должно быть менѣе 5 см.

Если поверхность подкладки ограничивается не криволинейно, а двумя прямыми наклонными плоскостями (какъ это показано на чер. 426), что легче выполнить, то наклонъ этихъ плоскостей принимается въ $^1/_{10}$.

§ 30.

Практическія данныя для разсчета желѣзныхъ балокъ. Что касается разсчета самыхъ балокъ, то онъ сводится къ тому, чтобы дать ихъ поперечнымъ сѣченіямъ такіе размѣры, при которыхъ сопротивленіе матеріала на сжатіе и растяженіе нигдѣ не превышало принятыхъ для этихъ цѣлей коэффиціентовъ.

Напряженія, вызываемыя нагрузкой балки, лежащей на двухъ опорахъ, въ любомъ ея поперечномъ сѣченіи, зависятъ отъ длины ея, т.-е. отъ величины изгибающаго балку момента (M) внѣшнихъ силъ, (W)—момента сопротивленія внутреннихъ молекулярныхъ силъ и (R) коэффиціента прочнаго сопротивленія самаго металла; эта зависимость выражается такъ:

$$R = \frac{M}{W}.$$

При чемъ для желѣза R въ среднемъ можетъ быть принятъ=1000 кг. на кв. см.

Но внѣшній моментъ изгиба M по длинѣ балки измѣняется, при чемъ для одного изъ поперечныхъ сѣченій этотъ моментъ является наибольшимъ ($M\ max$) и самое сѣченіе носитъ названіе о п а с н а г о, такъ какъ если балка при чрезмѣрной нагрузкѣ переломится, то именно въ этомъ сѣченіи. Величина напряженія матеріала въ этомъ сѣченіи при максимальномъ моментѣ внѣшнихъ силъ не должна быть больше 1.000 кг. на см.^{2} и опредѣляется изъ выраженія

$$R = \frac{M\,max}{W}.$$

Моментъ сопротивленія внутреннихъ молекулярныхъ силъ зависитъ отъ формы и размѣровъ поперечнаго сѣченія балки и получается отъ раздѣленія момента инерціи (J) относительно горизонтальной линіи, проходящей черезъ центръ тяжести поперечнаго сѣченія (чер. 415), на разстояніе (a) отъ этой линіи до наиболѣе растянутыхъ или сжатыхъ волоконъ:

$$W = \frac{J}{a}.$$

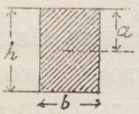
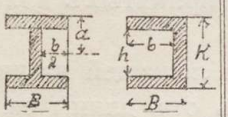
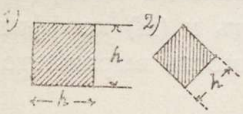
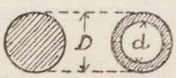
Въ симметричномъ сѣченіи балокъ, обыкновенно употребляемыхъ въ строительномъ дѣлѣ, нейтральная ось проходитъ черезъ центръ тяжести поперечнаго сѣченія слѣдовательно $a = \frac{h}{2}$, если h—высота балки. Поэтому мы получаемъ:

$$W = \frac{2J}{h}.$$

Моменты инерціи (J) и моменты сопротивленій (W) для наиболѣе употребительныхъ формъ поперечныхъ сѣченій, въ которыхъ нейтральная ось проходитъ черезъ центръ тяжести, разъ навсегда опредѣлены алгебраическими выраженіями и имѣются во всѣхъ памятныхъ книжкахъ, а также и цифровыя данныя для нѣкоторыхъ болѣе употребительныхъ размѣровъ балокъ.

Нижеслѣдующая таблица даетъ алгебраическія выраженія моментовъ инерціи и моментовъ сопротивленія для наиболѣе употребительныхъ поперечныхъ сѣченій:

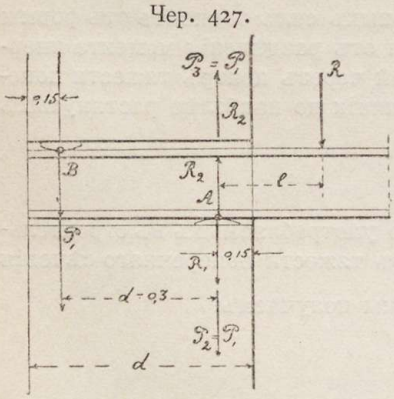
Таблица XXV.

Поперечныя сѣченія.	Разстоянія (a) наиболѣе удаленныхъ отъ центра тяжести волоконъ.	Моментъ инерціи J.	Моментъ сопротивленія $W=\frac{J}{a}$.
Прямоугольникъ. 	$a=\frac{h}{2}$	$\frac{bh^3}{12}$	$\frac{bh^2}{6}$
Тавръ. Швеллеръ. 	$a=\frac{H}{2}$	$\frac{1}{12}(BH^3-bh^3)$	$\frac{BH^3-bh^3}{6H}$
Квадратъ. 	1) $a=\frac{h}{2}$ 2) $a=0{,}707h$	$\frac{h^4}{12}$	1) $^1/_6\ h^3$ 2) $0{,}118\ h^3$
Кругъ и кольцо. 	$n=\frac{D}{2}$	1) $\frac{n}{64}\cdot D^4$ 2) $\frac{n}{64}(D^4-d^4)$	1) $\frac{n}{32}D^3$ 2) $\frac{n}{32}\frac{D-d^4}{D}$

Обыкновенно приходится опредѣлять размѣры поперечныхъ сѣченій при данныхъ нагрузкахъ и пролетѣ, при чемъ прежде всего опредѣляютъ величину грузовъ, передающихся на опоры, а затѣмъ максимальный сгибающій балку моментъ ($M\,max.$). Изъ полученныхъ данныхъ опредѣляютъ моментъ сопротивленія W внутреннихъ молекулярныхъ силъ, пользуясь формулой:

$$W=\frac{M\,max}{R}.$$

Чер. 427.



Здѣсь R есть сопротивленіе матеріала на изгибъ, отнесенное на 1 кв. см. попереч. сѣченія балки.

Балки, задѣланныя однимъ концомъ въ стѣну. Разсмотромъ первоначально балку, задѣланную однимъ концомъ въ стѣну. Такая балка при черезмѣрной нагрузкѣ переломится въ мѣстѣ задѣлки ея конца при чемъ однако, этотъ переломъ произойдетъ не у самаго края стѣны, а на нѣкоторомъ отъ него разстояніи; слѣдовательно здѣсь и будетъ опасное сѣченіе.

Если мы на разстояніи около 15 см. отъ наружной поверхности стѣны (чер. 427) расположимъ выпуклой формы подкладки надъ (.) B и подъ (.) A конца балки, то можемъ принять, что давленіе на опоры будетъ передаваться въ точкахъ A и B. Предположимъ, что балка несетъ извѣстные грузы, равнодѣйствующая которыхъ R проходитъ на разстояніи l метровъ отъ точки A.

Состояніе равновѣсія балки нисколько не измѣнится, если къ точкѣ A будутъ приложены двѣ вертикальныя, взаимно противоположныя силы R_1 и R_2 равныя силѣ R;

при этомъ мы замѣчаемъ, что сила R_1 непосредственно давитъ на опору въ точкѣ A и уничтожается ея сопротивленіемъ, а силы R_2 и R составляютъ пару, которая будетъ вращать конецъ балки слѣва направо (по направленію часовой стрѣлки) и выразится моментомъ

$$M\ max = Rl.$$

Для того чтобы нагруженная балка оставалась въ равновѣсіи, необходимо дѣйствіе противоположной пары силъ, которая бы вращала конецъ балки около той же точки A, но справа налѣво и уравновѣшивала бы пару Rl, т.-е. чтобы алгебраическая сумма обоихъ моментовъ была равна 0. Это достигается загрузкой конца балки кладкой, расположенной надъ балкой и дѣйствующей своимъ вѣсомъ въ точкѣ B. Положимъ, что этотъ грузъ будетъ P_1. Если мы приложимъ въ точкѣ A двѣ взаимно противоположныя силы P_2 и P_3, равныя по величинѣ P_1, то мы видимъ, что P_2 будетъ производить вертикальное давленіе въ точкѣ A, поэтому на подкладку A будетъ дѣйствовать сумма двухъ силъ $R_1 + P_2$, а силы P_1 и P_3 составятъ пару, вращающую конецъ балки справа налѣво, и моментъ этой пары $M_1 = P_1\ (d - 0{,}3)$, если черезъ d назовемъ толщину стѣны (см. чер. 427).

Такъ какъ M_1 должно равняться $M\ max$, то

$$P_1\ (d - 0{,}3) = Rl = M\ max.$$

Откуда неизвѣстная

$$P_1 = \frac{Rl}{d - 0{,}3} = \frac{M\ max}{d - 0{,}3} = S.$$

Все вертикальное давленіе T, дѣйствующее на подкадку A, будетъ равно:

$$T = R_1 + P_1 = R + \frac{M\ max}{d - 0{,}3} = R + S.$$

Величины R и S даютъ возможность расчитать размѣры подкладокъ A и B, которыя, впрочемъ, на практикѣ дѣлаютъ всегда одинаковыми.

Величина груза, расположеннаго надъ подкладкой B (грузъ P_1) должна по крайней мѣрѣ равняться S; этимъ достигается только равновѣсіе загруженной балки. Обыкновенно требуется, чтобы грузъ каменной кладки, дѣйствующій на конецъ балки, былъ не менѣе, чѣмъ въ 2 раза больше груза S. Если вѣсъ кладки надъ балкой оказывается менѣе, то необходимо прибѣгнуть къ закрѣпленію конца съ помощью желѣзной полосы и горизонтальнаго пирона, который бы захватывалъ часть кладки, равной по по своему вѣсу недостающему грузу.

Что касается опредѣленія максимальныхъ моментовъ внѣшнихъ силъ ($M\ max$) то величина ихъ зависитъ отъ расположенія груза.

На практикѣ наиболѣе встрѣчаются два случая:

1-й, когда балка загружена равномѣрно по всей своей длинѣ и,

2-й, когда, кромѣ равномѣрной нагрузки, на конецъ балки дѣйствуетъ сосредоточенный грузъ.

Для этихъ двухъ случаевъ въ нижеслѣдующей таблицѣ показаны выраженія для $M\ max$, S и T.

Таблица XXVI.

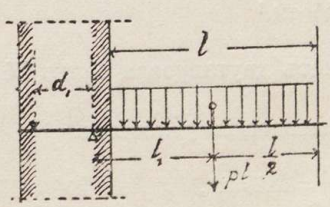
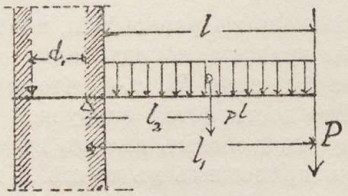
№№	Нагрузка.	$M\ max.$	Грузъ T (на A).	Грузъ S (на B).
		$Pl \times l_1$	$Pl_1 + \frac{Pl \cdot l_1}{d_1}$	$\frac{Pl \cdot l_1}{d_1}$

Таблица XXVI.

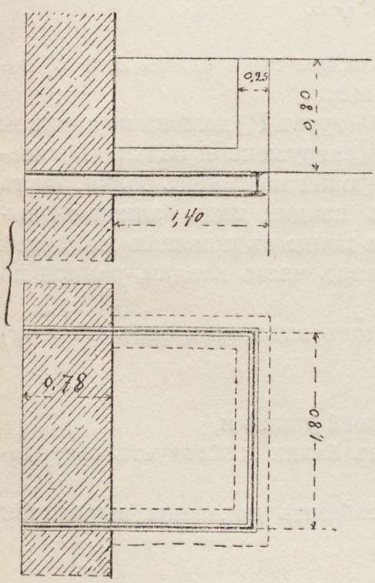
№№	Нагрузка.	M max.	Грузъ T (на A).	Грузъ S (на B).
		$Pl_1 + pl \,.\, l_2$	$P + pl + \frac{Pl_1 + pl \,.\, l_2}{d_1}$	$\frac{Pl_1 + pll_2}{d_1}$

Примѣръ 1-й. Предположимъ, что намъ нужно двумя желѣзными балками, задѣланными однимъ концомъ въ каменную стѣну, поддержать балконъ (чер. 428), выступающій со стѣны на 1,40 м.

Ширина балкона, какъ видно изъ плана, = 1,80 м., а вышина барьерной стѣнки— 0,80 м., при толщинѣ ея = 0,25 м.

Не вдаваясь въ подробныя объясненія конструкціи пола балкона, такъ какъ объ этомъ будетъ сказано при разсмотрѣніи всякаго рода половъ и потолковъ, примемъ, что вѣсъ одного кв. метра несгораемаго покрытія, вмѣстѣ съ поломъ и собственнымъ вѣсомъ балокъ = 340 кг., временная нагрузка, 400 кг. и вѣсъ одного куб. метра кирпичной кладки—1.600 кг.

Чер. 428.



Нагрузка каждой изъ двухъ балокъ состоитъ, во-1-хъ изъ груза равномѣрно распредѣленнаго по длинѣ балки и состоящаго изъ кирпичной кладки барьерной стѣнки, толщиною въ 1 кирпичъ (0,25 м.), равный

$$pl = 1{,}4 \times 0{,}25 \times 0.8 \times 1600 = \infty\ 450 \text{ кг.}$$

Во-2-хъ, изъ сосредоточеннаго на концѣ балки сложнаго груза, состоящаго:

а) изъ вѣса (P_1) половины передней барьерной стѣнки

$$P_1 = {}^1/_2 \times 1{,}8 \times 0{,}25 \times 0{,}8 \times 1600 = 288 \text{ кг.}$$

b) Изъ части вѣса покрытія, такъ какъ половина передаетъ свой грузъ на продольную балку, а половина этого груза переходитъ въ концы балокъ, задѣланныхъ въ стѣну, слѣдовательно:

$$P_2 = {}^1/_4 \,.\, 1{,}4 \times 1{,}8 \times (340 + 400) = 465 \text{ кг.}$$
$$P_1 + P_2 = 288 + 465 = 753 \text{ кг.} = P.$$

Если точки опоры балки принять на разстояніи 0,15 см. отъ наружной поверхности стѣны, то согласно второму случаю

M max $= Pl_1 + pl\ l_2 = (753 \times 1{,}55) + (450 \times 0{,}85) = 1549{,}65$ кг. м. $= 154965$ кг. см., поэтому

$$W = \frac{154965}{1000} = 155 \text{ см.}^3$$

Этому моменту сопротивленія удовлетворяетъ двутавровая балка № 18, у которой $W = 161$ см.^{3}

Давленіе на подкладку B при самыхъ невыгодныхъ условіяхъ

$$S = \frac{M \text{ max}}{d - 0{,}3} = \frac{154965}{78 - 30} = 3229 \text{ кг.}$$

Все вертикальное давленіе на опору въ точкѣ A (см. черт. 427) согласно уравненія для T выразится:

$$T = (P + pl) + \frac{M\,max}{d - 0{,}3} = 753 + 450 + \frac{154965}{78 - 30} = 4431 \text{ кг.}$$

Слѣдовательно, для полной надежности концы балокъ должны быть (въ (.) B чер. 427) загружены грузомъ по крайней мѣрѣ равнымъ $2 \times 3229 = 6458$ кг.

Примѣръ 2-й. Къ концу задѣланной въ стѣну желѣзной балки, выступающей со стѣны на 1,3 м., привѣшенъ дифференціальный блокъ съ грузомъ 1200 кг. (P).

Толщина стѣны—0,64 м.

Если точка опоры балки находится на разстояніи 0,15 см. отъ края стѣны, то— $M\,max = 1200 \times 1{,}45 = 1740$ кг. м. $= 174.000$ кг. см.

Моментъ сопротивленія:

$$W = \frac{174000}{1000} = 174 \text{ см.}^3$$

Этому моменту сопротивленія отвѣчаютъ двѣ двутавровая балка № 15 съ

$$W = 2 \times 98 = 196 \text{ см.}^3$$

Далѣе, согласно приведенной таблицы XXVI

$$S = \frac{M\,max}{d_1} = \frac{174000}{64 - 30} = 5118 \text{ кг.}$$

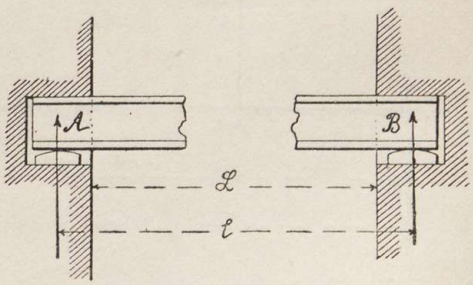
а

$$T = P + S = 1200 + 5118 = 6318 \text{ кг.}$$

Изъ этого мы видимъ, что чѣмъ меньше заложена балка въ стѣну, или чѣмъ тоньше стѣна, тѣмъ больше должна быть загрузка конца балки.

Балки, лежащія на двухъ опорахъ. Въ основаніи разсчета балки, лежащей на двухъ опорахъ принимается, что ея вѣсъ, вмѣстѣ съ нагрузкой, передается на опредѣленныя неподвижныя точки опоръ въ видѣ силъ, вертикально направленныхъ, при чемъ хотя на практикѣ за величину пролета обыкновенно принимаютъ разстояніе между краями опоръ, но это не совсѣмъ вѣрно, такъ какъ опорныя точки должны непремѣнно отстоять на нѣкоторую величину отъ внѣшней поверхности опоръ, а слѣдовательно пролетъ надо принять большій. Такой пролетъ называется теоретическимъ. Разстояніе опорной точки отъ края стѣны зависитъ отъ размѣровъ подкладки, а слѣдовательно отъ величины нагрузки и отъ сопротивленія каменной кладки, на которой располагаются балки. Для точнаго опредѣленія размѣра поперечнаго сѣченія балки необходимо знать величину теоретическаго пролета, который практически опредѣляется слѣдующимъ образомъ:

Чер. 429.



Если L разстояніе между опорными стѣнами, а l теоретическій пролетъ, то при расположеніи обоихъ концовъ балки на опорныхъ стѣнахъ (чер. 429)

$$l = 1{,}041\ L + 0{,}1 \text{ м.}$$

Если же одинъ конецъ балки задѣланъ въ стѣну, а другой—подпертъ продольной балкой или колонной, какъ это часто встрѣчается при перекрытіи заводскихъ и фабричныхъ помѣщеній, то:

$$l = 1{,}021\ L + 0{,}05 \text{ м.}$$

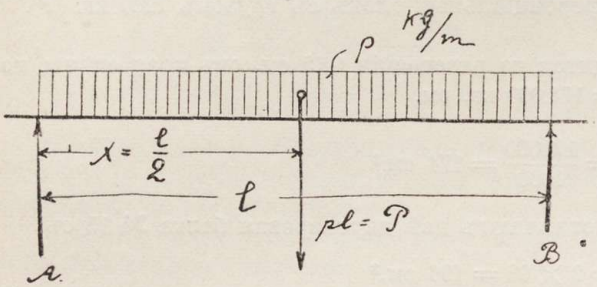
Нагрузка на балку можетъ быть распредѣлена различно; она можетъ быть неподвижная и подвижная; можетъ быть расположена равномѣрно и неравномѣрно. Отъ

этого зависитъ распредѣленіе давленія на опоры, расположеніе опаснаго сѣченія и величина максимальнаго момента изгиба.

На практикѣ чаще всего приходится имѣть дѣло съ пятью случаями:

1-й случай. Когда нагрузка распредѣлена равномѣрно по всей балкѣ, свободно лежащей на опорѣ, т.-е. общій грузъ $P = pl$ кг., если p нагрузка на 1 пог. метръ, а l пролетъ (чер. 430), при чемъ очевидно, что на каждую опору A и B переходитъ половина этой нагрузки

Чер. 430.



$$A = B = \frac{pl}{2} = \frac{P}{2}.$$

При такихъ условіяхъ опасное сѣченіе находится на половинѣ пролета

$$x = \frac{l}{2}.$$

И максимальный моментъ изгиба

$$M\ max = \frac{A}{2}.x = A\frac{l}{4} = \frac{P}{2}\cdot\frac{l}{4} = \frac{Pl}{8},$$

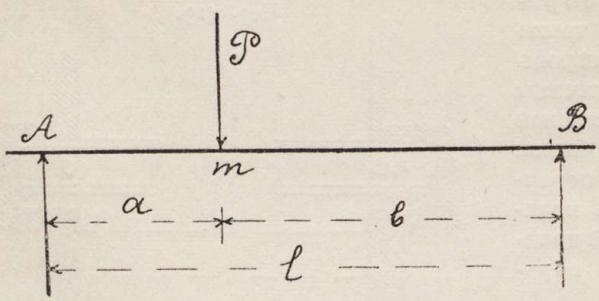
или при $P = pl$

$$M\ max = \frac{Pl^2}{8}.$$

Примѣчаніе. Хотя балки при постройкѣ зданій задѣлываются концами въ стѣны, но для большей надежности ихъ разсматриваютъ, какъ лежащія свободно на двухъ опорахъ, тѣмъ болѣе, что задѣлать совершенно неподвижно концы представляется затруднительнымъ; поэтому для опредѣленія $M\ max$ обыкновенно и примѣняютъ послѣднюю формулу.

2-й случай. Балка нагружена только однимъ сосредоточеннымъ грузомъ P (чер. 431), расположеннымъ на разстояніи a и b отъ опоръ. Въ этомъ случаѣ давленіе на опору A опредѣляется изъ уравненія моментовъ, взятыхъ относительно точки B.

Чер. 431.



$$Al - Pb = 0;\ Al = Pb;\ A = \frac{Pb}{l}.$$

Обратно, давленіе на опору B выводится изъ уравненія моментовъ относительно точки A.

$$B = \frac{Pa}{l}.$$

Опасное сѣченіе находится въ точкѣ m, поэтому наибольшій моментъ внѣшнихъ усилій относительно поперечнаго сѣченія въ этой точкѣ:

$$M\ max = Aa = \frac{P.b.a}{l}.$$

3-й случай. Если сосредоточенный грузъ расположенъ въ срединѣ балки, то

$$A = B = \frac{P}{2};\ M\ max = \frac{Pl}{4}.$$

4-й случай. Балка лежитъ свободно на двухъ опорахъ и на разстояніи m отъ каждой опоры дѣйствуютъ равныя силы P и P.

При такихъ условіяхъ давленіе на опоры выразится равнымъ;

$$A = B = \frac{P + P}{2}.$$

Максимальный моментъ внѣшнихъ силъ, если m разстояніе отъ опоры до грузовъ

$$M\ max = \frac{P \cdot m \cdot l}{l} = Pm.$$

5-й случай. Если на балку, равномѣрно нагруженную, дѣйствуетъ посрединѣ грузъ P, то давленіе на опоры будетъ одинаково и равно:

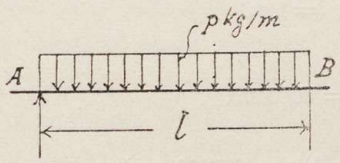
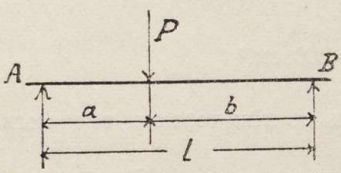
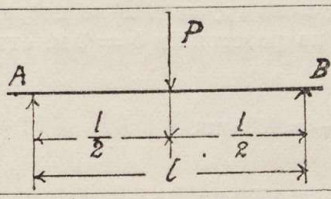
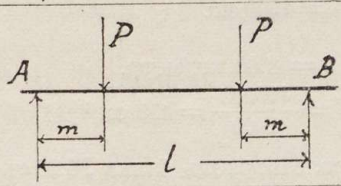
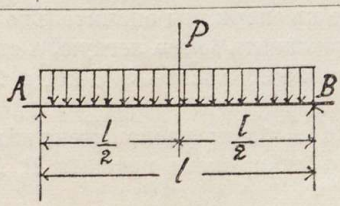
$$A = B = \frac{Pl}{2} + \frac{P}{2}.$$

Опасное сѣченіе будетъ находиться посрединѣ балки подъ грузомъ P и наибольшій моментъ

$$M\ max = \frac{Al}{2} - \frac{pl^2}{8}.$$

Приведенные 5 случаевъ могутъ быть выражены въ слѣдующей таблицѣ;

Таблица XXVII.

№№	Распредѣленіе груза.	Давленіе на опоры A и B.	Наибольшій моментъ изгиба $M\ max$.
1		$A = B = \frac{pl}{2}$	$M\ max = \frac{Pl^2}{8}$
2		$A = \frac{Pb}{l}$ $B = \frac{Pa}{l}$	$M\ max = Aa$ $= Bb$
3		$A = B = \frac{P}{2}$	$M\ max = \frac{Pl}{4}$
4		$A = B = \frac{P + P}{2}$	$M\ max = Pm$
5		$A = B = \frac{pl}{2} + \frac{P}{2}$	$M\ max = \frac{Al}{2} - \frac{pl^2}{8}$

Стрѣла прогиба для 1-го случая . . . . . $f = {}^5/_{384} \cdot \frac{pl^4}{EJ}$

То же съ закрѣпленнымми концами въ 5 разъ меньше . . . . $f = {}^1/_{384} \cdot \frac{pl^4}{EJ}$

Для 2-го случая . . . . . $f = \frac{Pa^2b^2}{3EJl}$

Для 3-го случая . . . . . $f = {}^1/_{48} \cdot \frac{pl^3}{EJ}$

Здѣсь E обозначаетъ коэффиціентъ упругости желѣза.

Примѣръ для 1-го случая нагрузки. Дана балка, расположенная надъ пролетомъ въ 4 м., равномѣрно нагруженная грузомъ $p = 2000$ на погонный метръ; слѣдовательно весь грузъ $pl = 2000 \times 4 = 8000$ кг. Давленіе на опоры $A = B = \frac{pl}{2} = \frac{8000}{2} = 4000$ кг. Теоретическій пролетъ $l_1 = 1{,}04 \times 4 + 0{,}1$ метр.

Поэтому $M\ max = \frac{pl}{8} l_1 = \frac{8000\ (1{,}04 \times 4 + 0{,}1\ \text{м.})}{8} = 4260$ кг. метр. $= 426000$ кг. см.

Отсюда $W = \frac{M\ max}{R} = \frac{426000}{1000} = 426$ см.^{3}

Этому моменту сопротивленія соотвѣтствуетъ балка № 36, имѣющая

$$W = 441 \text{ см.}^3$$

Примѣръ ко 2-му и 3-му случаю. Балка лежитъ на двухъ опорахъ и нагружена посрединѣ грузомъ $P = 6000$ кг., при $l = 4$ м.

Давленіе на опоры;

$$A = B = \frac{6000}{2} = 3000 \text{ кг.}$$

$$M\ max = \frac{6000 \cdot 4}{4} = 6000 \text{ кг./мт.} = 600000 \text{ кг./см.}$$

$$W = \frac{600000}{1000} = 600 \text{ см.}^3$$

Этому моменту сопротивленія отвѣчаетъ съ нѣкоторымъ запасомъ балка № 30 имѣющая $W = 652$ см.^{3}

Если балка, при томъ же пролетѣ, нагружена грузомъ P не посрединѣ, а, положимъ, на разстояніи $a = 1$ м. отъ опоры A и на разстояніи $b = 3$ м. отъ опоры B, то грузъ, передаваемый на опоры, будетъ:

$$A = \frac{Pb}{l} = \frac{6000 \cdot 3}{4} = 4505 \text{ кг.}$$

$$B = \frac{Pa}{l} = \frac{6000 \cdot 1}{4} = 1500 \text{ кг.}$$

$$M\ max = Aa = 4500 \cdot 1 = 4500 \text{ кг./метр.}$$

$$M\ max = 450000 \text{ кг. см.,}\ W = \frac{450000}{1000} = 450 \text{ см.}^3$$

Этому моменту сопротивленія почти удовлетворяетъ балка № 26 съ $W = 441$ см.^{3}

Слѣдовательно, передвинувъ грузъ ближе къ опорѣ, мы значительно уменьшаемъ сгибающій моментъ и имѣемъ возможность примѣнить болѣе легкую, а слѣдовательно болѣе дешевую балку. Погонный метръ балки № 30 вѣситъ 53,8 кг., а балка № 26— 41,6 кг.

Примѣръ къ нагрузкѣ № 4. Балка свободно расположена надъ пролетомъ $l = 4$ м. и на разстояніи $m = 0{,}75$ м. отъ опоръ, нагружена грузами P, P по 3000 кг. каждый.

На основаніи данныхъ таблицы:

$$A = B = \frac{P + P}{2} = 3000 \text{ кг.}$$

$$M\ max = Pm = 3000 \times 0.75 = 2250 \text{ кг. м.}$$

или $$225000 \text{ кг. см.}$$

$$W = \frac{M\ max}{R} = \frac{225000}{1000} = 225 \text{ см.}^3$$

Этому моменту сопротивленія удовлетворяетъ балка № 21, имѣющая $W = 244$.

Примѣръ къ нагрузкѣ № 5. На балку, равномѣрно нагруженную, дѣйствуетъ грузъ P посерединѣ. Принимая тѣ же размѣры для пролета, равномѣрную ргрузку $p = 2000$ кг. на погонный метръ и $P = 6000$ кг., пользуясь приведенной таблицей, получимъ:

$$A = B = \frac{pl}{2} + \frac{P}{2} = \frac{8000}{2} + \frac{6000}{2} = 7000 \text{ кг.}$$

$$M\ max = \frac{Al}{2} - \frac{pl^2}{8} = 7000^1/_2 - \frac{32000}{8} = 10000 \text{ кг./м.} = 1000000 \text{ кг./см.}$$

$$W = \frac{1000000}{1000} = 1000 \text{ см.}^3$$

Этому моменту сопротивленія соотвѣтствуетъ, съ нѣкоторымъ запасомъ, балка № 36, которой $W = 1088$ см.^{3}

Способы закрѣпленія концовъ балокъ. Выше было сказано о необходимости располагать подкладки подъ концы балокъ, съ цѣлью передачи давленія на большую площадь, соотвѣтственно сопротивленію кирпичной или вообще каменной кладки на раздавливаніе. Но, кромѣ того, весьма выгодно задѣлывать концы балокъ какъ можно крѣпче въ стѣну и съ ней связывать. Мы знаемъ, что сопротивленіе балки, прочно задѣланной концами въ стѣну, вдвое больше сопротивленія на изгибъ такой же балки, но свободно лежащей на опорахъ. Этою связью не слѣдуетъ пренебрегать даже въ томъ случаѣ, когда прочность балки достаточная, во-1-хъ, потому, что балки будутъ соединять между собою стѣны, что весьма важно для многоэтажныхъ строеній, а, во-вторыхъ, потому, что балки, закрѣпленныя концами, въ стѣны менѣе зыбки, т.-е. даютъ меньшую стрѣлу прогиба отъ нагрузки (см. таб. XXVII). Такъ, балка равномѣрно нагруженная съ закрѣпленными концами даетъ стрѣлу прогиба вдвое меньше чѣмъ свободно лежащая на опорахъ.

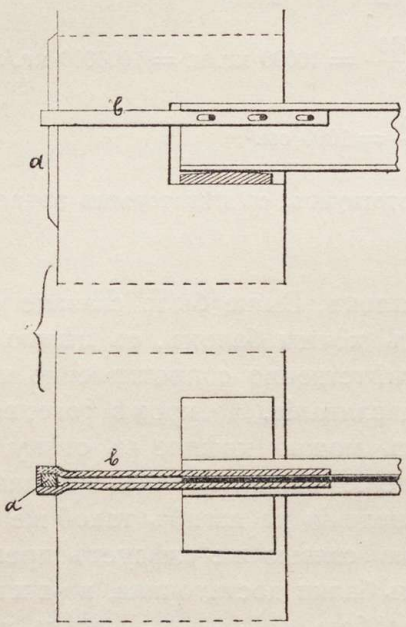
Соединеніе желѣзныхъ балокъ со стѣнами производится различнымъ образомъ, но въ большинствѣ случаевъ ограничивается только задѣлкою вонцовъ на значительную длину въ каменную кладку, не употребляя никакихъ другихъ приспособленій. При этомъ замѣтимъ, что глубина заложенія конца балки обыкновенно дѣлается не менѣе 25 см.; съ цѣлью же большаго закрѣпленія конца или же увеличенія размѣра подкладки—эта величина можетъ быть удвоена и даже утроена смотря по толщинѣ стѣны. Во всякомъ случаѣ глубина задѣлки не должна быть меньше высоты балки.

Этотъ способъ соединенія балокъ со стѣной имѣетъ тотъ недостатокъ, что длина балокъ при этомъ значительно увеличивается и кромѣ

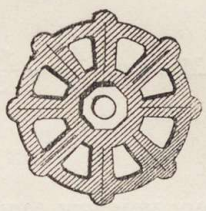
того, этимъ разстраивается каменная кладка. На чертежѣ 432 въ вертикальномъ разрѣзѣ и планѣ показано сопряженіе балки со стѣной съ помощью вертикальнаго штыря, задѣланнаго въ стѣну на произвольную глубину или расположеннаго на наружной поверхности стѣны (какъ показано на чертежѣ) и соединеннаго съ балкой посредствомъ изогнутой желѣзной полосы, прикрѣпленной къ балкѣ тремя болтами. Чѣмъ выше помѣщена полоса, тѣмъ болѣе она принесетъ пользы, потому что при изгибѣ наибольшее передвиженіе частей къ срединѣ будетъ вверху балки.

Вмѣсто штырей нерѣдко въ фабричныхъ и заводскихъ зданіяхъ, полосы, прикрѣпленныя къ балкамъ болтами, выходятъ наружу, удлиняются въ видѣ круглаго желѣза, снабженнаго винтовой нарѣзкой, на которую

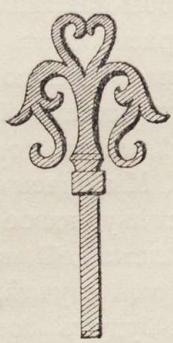
Чер. 432.



Чер. 434.



Чер. 435.



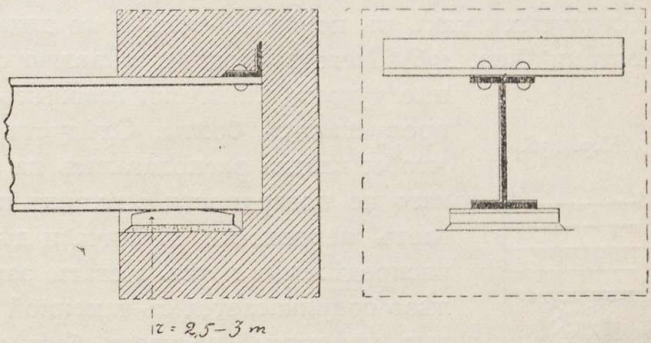
навинчивается чугунная или желѣзная шайбы (чер. 434), имѣющія видъ розетокъ различныхъ размѣровъ и формъ. Для того чтобы штырь захватывалъ большую поверхность кладки, а также и для украшенія, его дѣлаютъ въ видѣ орнамента (чер. 435). Для предупрежденія вращенія балки около наружнаго ребра подкладки при изгибѣ, концы ея могутъ быть закрѣплены съ помощью приклепки къ верхнему поясу углового желѣза, какъ это показано на чер. 433. При этомъ балки замѣняютъ связи между продольными стѣнами. Такая конструкція рекомендуется для фабрикъ и заводовъ.

Нельзя не замѣтить, что, закрѣпляя неподвижно концы балки, мы этимъ отнимаемъ возможность безпрепятственнаго удлиненія ея отъ температуры, что можетъ имѣть мѣсто во время пожара, въ особенности въ тѣхъ случаяхъ, когда балка не заграждена отъ непосредственнаго дѣйствія пламени. Въ постройкахъ фабричныхъ, заводскихъ, городскихъ и вообще

въ строеніяхъ жилыхъ и нежилыхъ балки при обыкновенныхъ условіяхъ подвергаются незначительнымъ вліяніямъ температуры, въ предѣлахъ 60—70°, поэтому и удлиненія ихъ очень малы; при устройствѣ же желѣзныхъ стропилъ или мостовыхъ фермъ, перекрывающихъ значительные пролеты, удлиненіе отъ температуры настолько значительно, что съ нимъ приходится считаться и концы балокъ располагать на подвижныя подушки, дающія возможность балкѣ свободно двигаться.

Если балки не загражденны, то во время пожара онѣ могутъ подвергаться температурѣ до 800°, при загражденіи слоемъ цементнаго бетона—эта температура падаетъ до 400° не болѣе. Въ первомъ случаѣ — покрытія разрушаются, во второмъ—онѣ могутъ остаться неповрежденными, но въ обоихъ случаяхъ будетъ значительное удлиненіе балокъ, и если для этого сзади балки не оставлена пустота, дающая возможность удлиняться, то во время пожара возможно разрушеніе опорныхъ стѣнъ, отклоненіе ихъ отъ вертикальной плоскости или выпучины въ кладкѣ, что и было замѣчено послѣ пожара зданія „Метрополь“ въ Москвѣ.

Чер. 433.



На чертежѣ 432 показанъ способъ закрѣпленія конца балки, при чемъ обращено вниманіе на возможность удлиненія ея, для чего длина гнѣзда нѣсколько увеличена, а отверстія для болтовъ въ полосѣ b сдѣланы продолговатыми.

Величина, на которую удлиняется балка, опредѣляется на основаніи слѣдующихъ соображеній. Если l длина балки въ метръ, α—коэффиціентъ удлиненія желѣза на 1° С., то величина λ, на которую измѣнится длина балки при возвышеніи температуры на 800°, будетъ

$$\lambda = 800\, l\alpha.$$

Принимая α круглымъ числомъ, равнымъ $^1/_{80000}$,

$$\lambda = \frac{800l}{80000} = 0{,}01\ l.$$

Т.-е. увеличеніе равно $^1/_{100}$ длины балки.

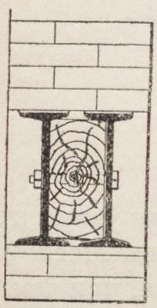
На этомъ основаніи можно принять за правило, чтобы излишекъ гнѣзда по его длинѣ за концами балки имѣлъ столько сантиметровъ, сколько метровъ имѣетъ длина балки*).

*) Max Haase въ своей книжкѣ „Der Gewölbebau“ (стр. 56) утверждаетъ, что нѣтъ надобности опасаться поврежденія стѣнъ отъ удлиненія балокъ и что плотная задѣлка ихъ концовъ въ стѣны ничѣмъ не угрожаетъ послѣднимъ, которыя могутъ безъ всякихъ послѣдствій для своей устойчивости, во время пожара отъ распора бал-

При балкахъ значительной длины и при большомъ грузѣ, передаваемомъ отъ концовъ балки опорамъ, является необходимымъ уменьшить треніе поверхности балки о поверхность подкладки. Для этого служатъ подвижныя подкладки или катки.

Кромѣ своего прямаго назначенія служитъ, главной поддерживающей частью при устройствѣ несгораемыхъ потолочныхъ покрытій различныхъ системъ, желѣзныя балки нерѣдко служатъ для поддержанія каменной кладки надъ оконными и дверными пролетами, а иногда и цѣлой каменной внутренней стѣны. Въ этихъ случаяхъ располагаются 2, 3, даже 4 балки рядомъ, смотря по толщинѣ стѣнъ, объема кладки надъ пролетомъ и вообще смотря по нагрузкѣ, передаваемой на эти балки. Для поддержанія стѣны толщиною въ $1^1/_2$ кирпича достаточно двухъ бабалокъ, положенныхъ рядомъ и стянутыхъ какъ въ концахъ, такъ и по длинѣ черезъ каждые 1,5—2 м., болтами (чер. 436). Между балками вставляются, какъ распорки, деревянные чураки или куски газовыхъ трубъ, внутри которыхъ и пропускаются болты. Слѣдуетъ обратить вниманіе на то, чтобы кладка располагалась на слоѣ цемента, распредѣленнаго по поверхности верхнихъ поясовъ балокъ; это сглаживаетъ неровности кирпича и дѣлаетъ болѣе правильнымъ распредѣленіе груза. Кстати замѣтимъ, что вездѣ, гдѣ желѣзо соприкасается съ каменной кладкой, слѣдуетъ употреблять цементный растворъ безъ всякой примѣси извести, которая вызываетъ ржавчину.

Чер. 436.



При опредѣленіи размѣровъ поперечнаго сѣченія желѣзныхъ балокъ потолочныхъ покрытій надо принять въ соображеніе не только ихъ полную надежность сопротивленія внѣшнимъ силамъ, но и тотъ прогибъ, который онѣ дадутъ подъ вліяніемъ нагрузки. Стрѣла прогиба f не должна превосходить $^1/_{600}$ пролета и провѣряется по формуламъ въ таблицѣ XXVII.

Если принять для равномѣрно нагруженной балки напряженіе крайнихъ волоконъ равнымъ 1000 кг./см., то высота балки не должна быть менѣе $^1/_{25}$ пролета.

Для опредѣленія собственнаго груза покрытія можно принять слѣдующій вѣсъ 1 кубическаго метра для разныхъ матеріаловъ:

Таблица XXVIII.

Песокъ и глина	1600 кг.
Кирпичная кладка	1600 „
Кладка изъ пустотѣлаго кирпича	1300 „
Бетонъ	2000 „
Асфальтъ	1500 „
Шлаки и зола	600 „
Сосновое дерево	650 „
Желѣзо	7800 „
Чугунъ	7250 „

ками, уклоняться въ сторону; но это едва ли справедливо. Равнымъ образомъ онъ признаетъ безполезнымъ сзади балки оставлять пустоту (какъ это показано на чер. 432), такъ какъ вслѣдствіе большого тренія балка не можетъ скользить по подкладкѣ.

Равномѣрно распредѣленная нагрузка для потолочныхъ покрытій измѣняется въ зависимости отъ назначенія помѣщеній. Въ среднемъ можно считать на 1 квадратный метръ:

Таблица XXIX.

Для жилыхъ помѣщеній около		250 кг.
Для чердачныхъ помѣщеній, предполагая кирпичную смазку	около	150 кг.
Пробка съ алебастромъ		100 кг.
Для фабрикъ и заводовъ нагрузка принимается въ весьма широкихъ предѣлахъ	отъ 300 до	1500 кг.
Для ткацкихъ фабрикъ и для прядильныхъ	отъ 500 до	700 кг.

§ 31.

е) **Заполненіе промежутковъ между балками.** Заполненіе промежутковъ между желѣзными балками имѣетъ самую разнообразную конструкцію какъ по матеріалу, такъ и по устройству. Оно можетъ быть изъ дерева, кирпича, бетона, волнистаго желѣза, желѣзо-бетона и т. п. Иногда, въ особенности при постройкѣ частныхъ городскихъ зданій, устраиваютъ смѣшанную конструкцію потолковъ, состоящую изъ желѣзныхъ балокъ съ заполненіемъ промежутковъ между ними деревомъ. Въ этомъ случаѣ дерево представляетъ выгоды какъ матеріалъ болѣе дешевый, имѣющій незначительный вѣсъ при сильномъ сопротивленіи изгибу и сжатію. Поэтому такое устройство даетъ возможность достигнуть вполнѣ удовлетворительной конструкціи при наименьшихъ затратахъ и при наименьшемъ безполезномъ грузѣ покрытія. Очевидно, что такія покрытія уже не могутъ быть отнесены къ числу несгораемыхъ, но въ виду того, что всѣ деревянныя части ихъ заграждаются отъ непосредственнаго дѣйствія пламени штукатуркою, онѣ должны считаться полунесгораемыми, тѣмъ болѣе, что весь грузъ потолка передается на желѣзныя балки. Такая смѣшанная конструкція по отношенію къ потолкамъ, состоящимъ изъ одного дерева, имѣетъ прежде всего то преимущество, что она болѣе долговѣчна, такъ какъ деревянныя балки скоро загниваютъ въ концахъ и требуютъ перемѣны, а слѣдовательно разборки всего покрытія. Кромѣ того, замѣна деревянныхъ балокъ желѣзными уменьшаетъ толщину покрытія, а вмѣстѣ съ тѣмъ и высоту каменныхъ опорныхъ стѣнъ.

1) **Деревянное заполненіе.** Вслѣдствіе паденія цѣнъ на желѣзныя балки за послѣднее время стоимость полусгараемыхъ потолочныхъ покрытій почти сравнялась съ обыкновенными потолками на деревянныхъ балкахъ; поэтому теперь въ большихъ городахъ, при постройкѣ даже частныхъ строеній нѣтъ расчета употреблять послѣднія, тѣмъ болѣе, что на желѣзныхъ балкахъ получается покрытіе значительно большей прочности и долговѣчности, а слѣдовательно требующее меньшаго ремонта.

На чер. 3, листъ 8, предсталлено междуэтажное покрытіе, состоящее изъ желѣзныхъ балокъ, расположенныхъ на разстояніи отъ 1 до $1^1/_2$ метровъ одна отъ другой. На нижніе пояса ихъ располагается своими концами сплошной досчатый настилъ изъ вершковыхъ досокъ, нижняя поверхность

которыхъ заподлицо съ нижней поверхностью балокъ. На этотъ досчатый накатъ для уменьшенія звуко- и теплопроводности, настилается слой подходящаго для этой цѣли матеріала. Этотъ слой называется смазкой или изоляціоннымъ слоемъ, онъ долженъ быть, кромѣ того, по возможности легокъ и невоспламеняемъ. Такимъ требованіямъ удовлетворяютъ болѣе или менѣе слѣдующіе матеріалы: тощій бетонъ изъ строительнаго мусора и кирпичнаго щебня, бетонъ изъ каменноугольнаго шлака, пробковая стружка или древесныя опилки, смѣшанныя съ известковымъ, алебастровымъ, или, еще лучше, тощимъ цементнымъ растворомъ (2 объема опилокъ на 1 объемъ раствора), грубо измельченный трепелъ (кизелькуръ, инфузорная земля), торфяная мелочь и т. п. Послѣдняя хотя обладаетъ ничтожной теплопроводностью, но не удовлетворяетъ требованіямъ несгораемости.

Съ нижней стороны дощатый накатъ оштукатуривается по войлоку, драни, по соломеннымъ или тростниковымъ матамъ обыкновеннымъ известковымъ растворомъ, смѣшаннымъ съ алебастромъ.

Далѣе на томъ же чертежѣ показаны деревянные переводы, состоящіе изъ брусковъ или пластинъ, расположенныхъ перпендикулярно къ направленію балокъ на разстояніи отъ 1 до $1^1/_2$ арш. одинъ отъ другого; они нѣсколько врубаются въ желѣзныя балки и тѣмъ придаютъ всей системѣ покрытія бо́льшую жесткость. По переводамъ настилаются доски $1^1/_4$ верш. толщиною, а на нихъ уже набиваются или наклеиваются съ помощью особой мастики дубовыя фанеры, которыя и образуютъ чистый полъ. Если не желаютъ имѣть паркета, то чистый полъ остается изъ досчатыхъ щитовъ, которые съ поверхности окрашиваются масляной краской. Объ устройствѣ дощатыхъ и паркетныхъ половъ и связанной съ ними подпольной деревянной конструкціи будетъ сказано ниже.

2) **Несгораемыя заполненія между балками**, безъ употребленія дерева, представляютъ прочное и долговѣчное покрытіе, по преимуществу примѣняемое на фабрикахъ и заводахъ, гдѣ звуко- и теплопроводность междуэтажнаго потолка имѣютъ второстепенное значеніе.

Мы остановимся на этого рода покрытіяхъ болѣе подробно и изъ множества появившихся за послѣднее время привилегированныхъ и непривилегированныхъ способовъ укажемъ на тѣ изъ нихъ, которые представляются болѣе выгодными и цѣлесообразными.

§ 32.

а) **Заполненіе кирпичной кладкой**. Самый простой способъ состоитъ въ устройствѣ плоскихъ кирпичныхъ сводиковъ (чер. 4, листъ 8), толщиною въ $^1/_2$ и даже въ $^1/_4$ кирпича, и опирающихся на нижніе пояса балокъ. При этомъ могутъ быть два случая: 1) кирпичъ для сводовъ изготовляется лекальный, т.-е. клинчатой формы, соотвѣтственно радіусу кривой направляющей, такъ какъ вытесывать клинья изъ кирпича представляется затруднительнымъ и мѣшкотнымъ, и 2) когда примѣняется обыкновенный красный кирпичъ безъ всякой притески. Въ первомъ случаѣ устойчивость сводика, кромѣ сцѣпленія растворомъ, обусловливается клиновидной формой

кирпичей и правильностью кладки, при чемъ растворъ можетъ и не приниматься въ расчетъ. Во 2-мъ случаѣ, напротивъ, крѣпость раствора, его быстрота затвердѣванія и доброкачественность имѣютъ огромное значеніе. Правильность же кладки не играетъ той роли, такъ какъ раскружаливаніе сводовъ происходитъ лишь послѣ затвердѣнія раствора, когда вся его масса превращается въ сплошной монолитъ. Очевидно, что для подобныхъ сводовъ слѣдуетъ употреблять исключительно гидравлическіе растворы изъ портландъ-цементовъ. При нашихъ поспѣшныхъ стройкахъ и сравнительной дешевизнѣ портландскаго цемента, строитель сдѣлалъ бы крупную ошибку, если бы сложилъ сводъ изъ обыкновеннаго, неклинчатаго кирпича на известковомъ растворѣ.

Для пятъ во всякомъ случаѣ примѣняется особой формы, такъ называемый, подпятный кирпичъ (*f*, чер. 4, л. 8) или же пяты приготовляются изъ цементнаго бетона *).

Для устройства плоскихъ кирпичныхъ сводиковъ между балками (чер. 4, л. 8) первоначально приготовляютъ кружала съ опалубкою, соотвѣтственно подъему свода, при чемъ за кривую направляющую принимаютъ дугу круга съ подъемомъ въ $^1/_{10}$ пролета. Кружальныя досчатыя ребра ставятся на разстояніи одного аршина другъ отъ друга, опираясь на продольные бруски *b* (чер. 4, л. 8), подвѣшанные къ балкамъ съ помощью желѣзныхъ крючковъ *c*; затѣмъ настилается опалубка и устраиваются пяты; послѣ чего кладется сводъ на цементномъ растворѣ въ составѣ 1 части цемента и 3 частей песку, съ плотнымъ уколачиваніемъ замковаго ряда.

Внѣшняя поверхность сводиковъ выравнивается подъ одну плоскость тощимъ бетономъ, который утрамбовывается и служитъ подготовкой для чистаго пола. Если это фабричное строеніе, то полъ обыкновенно дѣлается изъ несгораемаго матеріала, какъ-то: изъ цемента, асфальта, гончарныхъ плитокъ; если же зданіе предназначается для квартиръ, то по выравненному бетону или въ самый бетонъ, располагаютъ переводы или устраиваютъ подрѣшетку и настилаютъ деревянный полъ. Впрочемъ, можно и безъ деревянныхъ переводовъ устроить паркетный полъ, уложивъ дубовыя фанеры на слоѣ асфальтовой горячей мастики, непосредственно расположенной по бетонной подготовкѣ.

Для чердачныхъ покрытій толщина свода въ замкѣ (чер. 6, л. 8) опредѣляется въ зависимости отъ пролета и при обыкновенныхъ условіяхъ, т.-е. при нагрузкѣ сверхъ свода, состоящей только изъ дурно проводящаго тепло и легкаго матеріала и разстояніи между балками до 1 м., толщина свода въ $^1/_4$ кирпича вполнѣ достаточна.

Располагая хорошимъ растворомъ и придавая сводикамъ подъемъ не не менѣе $^1/_8$ пролета, толщина свода въ $^1/_4$ кирпича можетъ считаться удовлетворительной и при нагрузкѣ до 75 пудовъ на кв. саж. Съ поверхности и въ пазухахъ сводъ забучивается тощимъ щебеночнымъ бетономъ

*) Въ Америкѣ для загражденія нижнихъ поясовъ балокъ отъ раскаливанія во время пожара, подпятные кирпичи дѣлаются полые и имѣютъ форму показанную на черт. 5, л. 8. Обожженная глиняная масса этихъ кирпичей выдерживаетъ минимумъ 50 пудовъ на кв. д.

(1 часть цемента, 5 частей песку и 6 частей кирпичнаго щебня). Такое заполненіе можно смѣло рекомендовать при разстояніи между балками не болѣе $1^1/_2$ арш., что подтверждается фактомъ такого устройства на фабрикѣ „Циндель“ въ Москвѣ, существующее уже болѣе 20 лѣтъ, не обнаруживая ни малѣйшихъ признаковъ разрушенія.

Вѣсъ одной кв. саж. сводиковъ въ $^1/_2$ кирпича = 60 пуд.
„ „ „ „ „ „ $^1/_4$ „ = 30 „

При устройствѣ междуэтажнаго покрытія, ограниченнаго съ нижней стороны потолкомъ, а сверху поломъ, точно такъ же могутъ быть примѣнены сводики толщиною въ $^1/_4$ кирпича, причемъ грузъ можетъ быть переданъ не на сводъ, а на балки, какъ это изображено на чер. 9, л. 8. Здѣсь для сводовъ приготовлены на нижнихъ поясахъ балокъ бетонныя пяты, а на верхніе пояса положены и закрѣплены клямерами деревянные бруски, къ которымъ прибивается сплошная дощатая настилка, служащая или чистымъ поломъ, или подготовкой для паркета.

При пролетѣ отъ 1,5 до 3 м. плоскіе сводики дѣлаются толщиною въ $^1/_2$ кирпича; при пролетѣ отъ 3 до 4 метровъ—въ $^1/_2$ кирпича въ замкѣ, а къ пятамъ—въ одинъ кирпичъ (чер. 10, л. 8). Очевидно, что постепенное утоненіе свода отъ замка къ пятамъ, какъ это показано на чертежѣ пунктирной линіей, съ притескою каждаго кирпича, представляется затруднительнымъ; да и самая теска ослабляетъ кирпичъ, поэтому либо выводится весь сводъ въ 1 кирпичъ, либо дѣлаютъ его съ уступомъ (чер. 10, л. 8). Первое хотя и ручается за прочность, но неудобно потому, что сводъ получаетъ безполезную толщину въ замкѣ, а слѣдовательно и безполезное увеличеніе своего вѣса; второе же, т.-е. уступъ, обусловливаетъ неблагопріятное расположеніе кривой давленія и, такъ какъ въ уступѣ получается шовъ перелома, открывающійся внизъ, то средняя, болѣе слабая часть свода можетъ при этомъ легко опуститься и повлечь за собой обрушеніе свода. Этого недостатка, какъ мы увидимъ ниже, не имѣютъ бетонные своды, которыхъ толщина можетъ измѣняться постепенно отъ замка къ пятамъ, нисколько не затрудняя производства работъ.

Для облегченія кирпичныхъ сводиковъ, ихъ устраиваютъ изъ пустотѣлаго кирпича клиновидной формы (чер. 7, л. 8). У насъ въ продажѣ для этой цѣли можно имѣть двудырный кирпичъ, вѣсъ коего на 22% менѣе, чѣмъ обыкновеннаго. Для пятъ можетъ быть заказанъ шаблонный кирпичъ, прикрывающій вмѣстѣ съ тѣмъ нижніе пояса балокъ.

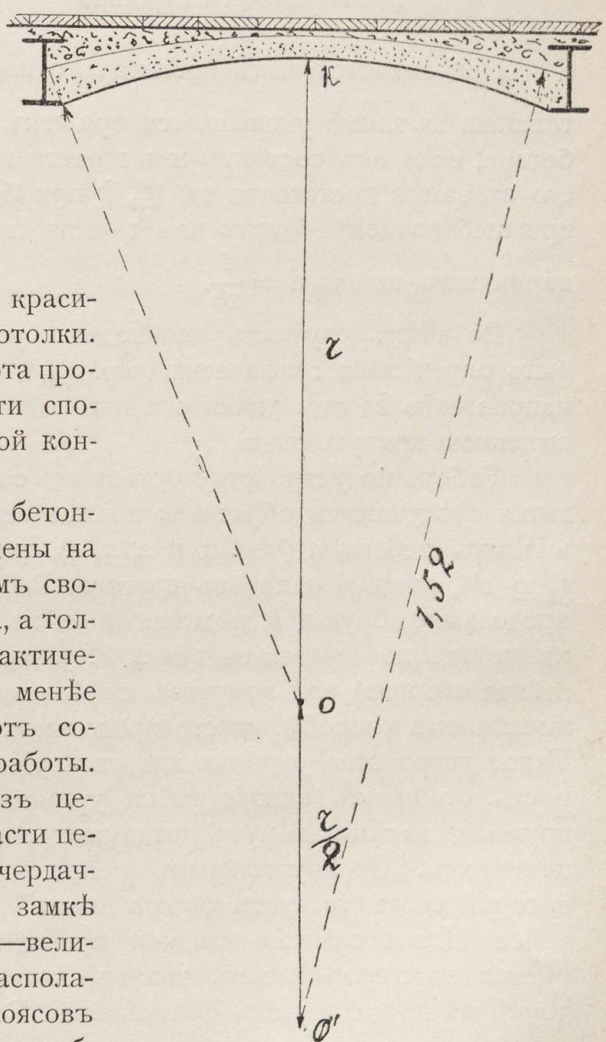
Потолки въ видѣ сводиковъ по желѣзнымъ балкамъ имѣютъ некрасивый видъ и трудно поддаются архитектурной обработкѣ; поэтому нижнимъ поверхностямъ сводовъ придаютъ форму горизонтальной плоскости, наподобіе перемычки, какъ это показано на чер. 8, л. 8, изображающимъ итальянскій способъ устройства. Сводъ состоитъ изъ пяти полыхъ и двухъ подпятныхъ сплошныхъ камней, обхватывающихъ нижніе пояса балокъ. Для сборки балокъ устраивается деревянная платформа *ab* на особыхъ подпоркахъ *k*, *l*. По установкѣ пятовыхъ камней первоначально располагаютъ четыре камня *c*, *d*, *e* и *f*, а потомъ замыкаютъ сводъ замкомъ *g*.

Сверху сводъ заполняется шлаковымъ или щебеночнымъ тощимъ бетономъ, на который уже настилаютъ чистый полъ. Въ Америкѣ, для уменьшенія вѣса забутки, въ нее вводятся гончарныя трубы K, K (чер. 8, л. 8), или просто оставляются пустоты. Такіе потолки, въ виду ихъ легкости и малой тепло- и звукопроводности, представляютъ для частныхъ зданій очень цѣлесообразное покрытіе.

§ 33.

b) **Бетонные потолки.** Заполненіе промежутковъ между желѣзными балками бетонной массой въ видѣ сводчатаго или горизонтальнаго покрытія за послѣднее время стало все болѣе и болѣе распространяться въ строительной практикѣ и вытѣснять кирпичную кладку. Отчасти этому способствовало значительное удешевленіе портландъ-цементовъ, главнымъ же образомъ то, что бетону можно безъ труда придавать любую форму и такимъ образомъ имѣть легкіе, красивые и быстро устраиваемые потолки. Послѣднее преимущество (быстрота производства работъ) въ особенности способствовало распространенію этой конструкціи.

Чер. 437.



На чер. 437 представленъ бетонный сводъ, коего пяты расположены на нижнихъ поясахъ балокъ. Подъемъ свода дѣлается отъ $^1/_{10}$ до $^1/_8$ пролета, а толщина въ замкѣ на основаніи практическихъ данныхъ должна быть не менѣе 10 см. Впрочемъ, это зависитъ отъ состава бетона и тщательности работы. Если бетонъ состоитъ только изъ цемента и песку въ пропорціи 1 части цемента и 3 частей песку, то для чердачнаго покрытія толщина его въ замкѣ можетъ быть равна $^1/_{24}$ l, если l—величина пролета. Поверхъ свода располагается, слоемъ нѣсколько выше поясовъ балокъ, тощій бетонъ съ примѣсью щебня, что служитъ подготовкой для чистаго пола.

Собственный вѣсъ покрытія, если разстояніе между балками $l = 1$ м., высотѣ ихъ $h = 17$ см. и толщинѣ слоя бетоннаго свода заполненія въ замкѣ $d = 10$ см., получается около 300 кг. м.^{2}

По даннымъ Житкевича *) можно принять, что:

При $l = 1{,}5$ м., $h = 24$ см. и $d = 12$ см. Собственный вѣсъ 370 кг./м.^{2}
„ $l = 2$ „ $h = 28$ „ $d = 13$ „ „ „ 530 „
„ $l = 3$ „ $h = 38$ „ $d = 14$ „ „ „ 530 „
„ $l = 4$ „ $h = 50$ „ $d = 15$ „ „ „ 620 „

Если къ этимъ цифрамъ собственнаго вѣса прибавить временный или постоянный грузъ согласно таблицы XXIX, то мы получимъ расчетный грузъ (p) на 1 кв. м. покрытія, а именно:

Для чердачныхъ покрытій $p =$ отъ 400 до 750 кг.
„ междуэтажныхъ покрытій $p =$ „ 550 „ 870 „
„ фабричныхъ строеній $p =$ „ 600 „ 2120 „

При значительныхъ пролетахъ отношеніе $\frac{l}{d}$ вообще увеличивается и толщина въ замкѣ уменьшается, при чемъ принимается во вниманіе составъ бетона; если онъ состоитъ изъ 1 части цемента и 2 частей песку, толщина его въ замкѣ достаточна въ $^1/_{48}\ l$; при болѣе тощемъ составѣ $d = {}^1/_{24}\ l$, а при щебеночномъ бетонѣ изъ 1 части цемента, 3 частей песку и 4 частей кирпичнаго щебня $d = \frac{l}{16}$.

Во всѣхъ случаяхъ необходимо утолщеніе къ пятамъ, что можетъ быть опредѣлено графически (чер. 437), откладывая половину радіуса r по направленію ko отъ точки o и изъ точки o', какъ изъ центра, описывая внѣшнюю кривую свода.

Работа по устройству бетонныхъ заполненій между балками производится слѣдующимъ образомъ: прежде всего устраиваются кружала, состоящія изъ реберъ a (чер. 1 и 2, л. 9), расположенныхъ на разстояніи отъ 1 до $1^1/_2$ аршина одно отъ другого. Ребра опираются своими концами на продольные брусья b, подвѣшенные къ балкамъ различными способами, изъ коихъ на чертежахъ 1 и 2, л. 9, показано два: съ помощью крючковъ (лѣвая сторона) или хомутовъ съ болтами (правая сторона чертежа). При послѣднемъ способѣ вмѣсто продольныхъ брусковъ b примѣняется доска c. Такое устройство удобнѣе для раскружаливанія, такъ какъ даетъ возможность, отвинтивъ нижнія гайки уронить доски, а вмѣстѣ съ ними и всѣ кружала; затѣмъ хомутъ вынимаютъ, а оставшіяся отверстія заливаютъ цементомъ. По кружальнымъ ребрамъ настилается палуба, поверхность которой соотвѣтствуетъ формѣ нижней поверхности свода или вообще потолка. Для полученія гладкой поверхности будущаго свода палубникъ выстилается кровельнымъ толемъ, который въ стыкахъ не накладывается другъ на друга, а лишь притыкается. Если кровельный толь не прокладывается, а ограничиваются лишь обшивкой кружальныхъ реберъ палубникомъ, то по окончаніи работъ, послѣ затвердѣванія сводовъ, ихъ необходимо оштукатурить или по крайней мѣрѣ затереть.

*) „Плоскія междуэтажныя покрытія“ Н. Житкевичъ.

Затѣмъ, приготовляютъ бетонъ, котораго составъ мѣняется соотвѣтственно характеру сооруженія. Для устройства заполненій промежутковъ между желѣзными балками въ видѣ сводчатыхъ или горизонтальныхъ покрытій для частныхъ зданій, фабрикъ, заводовъ и т. п. въ составъ бетона щебень не вводится и онъ приготовляется только изъ смѣси песка и портландъ-цемента, при чемъ наиболѣе испытанная пропорція на 1 часть цемента 3 части песку. Поверхъ свода для уменьшенія его звуко- и теплопроводности располагается болѣе слабый и легкій бетонъ (чер. 1, л. 9) со значительной примѣсью щебня и какого-нибудь легкаго и дурнопроводящаго тепло матеріала, какъ-то: кирпичнаго щебня, шлака, кокса и т. п., при чемъ портландъ-цемента примѣшивается не болѣе $^1/_{10}$ части по объему, такъ, напримѣръ: 1 часть цемента, 4 части песку и 7—8 шлаковаго щебня.

При устройствѣ бетонныхъ сводиковъ не слѣдуетъ забывать, что качество и крупность песка имѣютъ огромное вліяніе на крѣпость бетонной массы. Прежде всего песокъ долженъ быть чистъ, безъ всякой примѣси глины, органическихъ веществъ и растительной земли. Уже одно это требованіе заставляетъ употреблять въ дѣло только рѣчной песокъ; чистаго горнаго песка безъ глины почти невозможно найти, а если его употреблять въ дѣло, то не иначе, какъ промытымъ. Глина и черноземъ, какъ вещества очень тонкія, обволакиваютъ каждую частицу песка тонкимъ слоемъ и препятствуютъ сцѣпленію цемента съ пескомъ. Илъ значительно грубѣе глины, поэтому менѣе вреденъ, все же и онъ уменьшаетъ крѣпость бетона, если его примѣсь превосходитъ 6% *).

Хорошо перемѣшанный бетонъ, съ умѣреннымъ количествомъ воды, наносится слоями толщиною не болѣе 3—4 см., на кружальную палубу и подвергается трамбованію до тѣхъ поръ, пока на поверхности влажной бетонной массы не появится вода, какъ бы выжатая изъ бетона.

При употребленіи щебня кирпичнаго, шлаковаго или коксоваго—его необходимо предварительно хорошо пропитать водой, такъ какъ эти матеріалы очень гигроскопичны и, будучи не вполнѣ смочены, могутъ поглотить такое количество воды, что ея избытка будетъ недостаточно для гидраціи цемента.

Раскружаливаніе сводовъ можетъ послѣдовать не ранѣе 28 дней.

Описанная конструкція (чер. 1 и 2, л. 9), занимая мало мѣста по толщинѣ, весьма легко и быстро исполняется, требуетъ сравнительно мало желѣза и вполнѣ предохраняетъ балки отъ ржавчины.

---

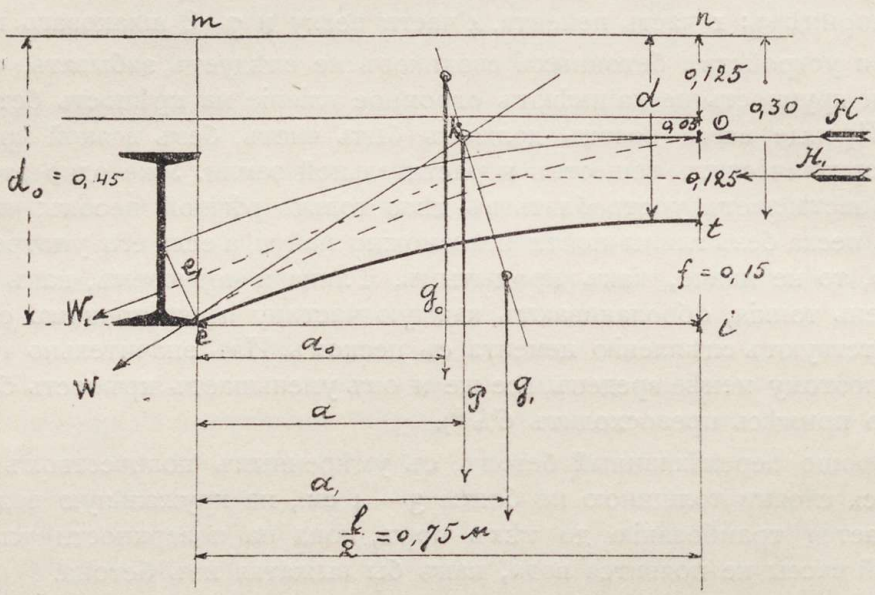
*) Новѣйшія изслѣдованія Dr. Morris'a (Baumaterialienkunde. Heft 25—26. 1902 г.) подтверждаютъ вредъ примѣси глины, но лишь въ томъ случаѣ, если эта примѣсь превосходитъ 4%; примѣсь же менѣе этой нормы не только не вредна, но даже полезна. Такъ изъ приводимыхъ имъ таблицъ мы видимъ, что цементный растворъ (1 ч. ц., 3 ч. п. по вѣсу) съ нормальнымъ пескомъ, совершенно лишеннымъ глины далъ черезъ 28 дней на раздробленіе 177 кг. на см.^{2}, тогда какъ съ пескомъ, содержащимъ 3,9% глины, его сопротивленіе оказалось 252 кг. на см.^{2}; съ примѣсью же глины къ песку въ размѣрѣ 6,3% растворъ того же состава оказалъ сопротивленіе только въ 20 кг. на кв. см.

§ 34.

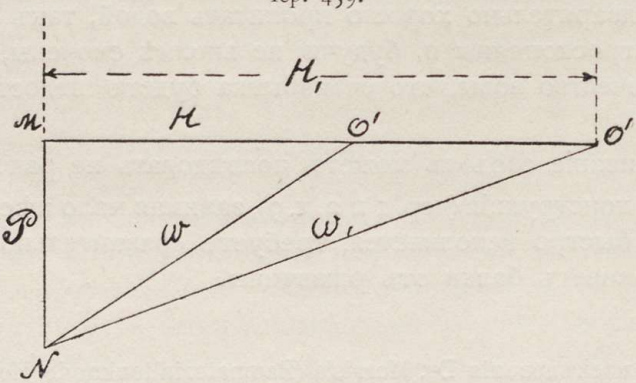
c) Повѣрка размѣровъ кирпичныхъ и бетонныхъ сводиковъ. Переходя къ повѣркѣ размѣровъ кирпичныхъ и бетонныхъ сводиковъ, какъ заполненій между желѣзными балками, замѣтимъ, что при этомъ руководствуются общими пріемами графическаго или аналитическаго расчета, о чемъ было сказано выше при разсмотрѣніи цилиндрическихъ сводовъ вообще.

Если мы примемъ, что распоръ H приложенъ въ самой вершинѣ свода въ точкѣ o (чер. 438), а сила W, дѣйствующая въ пятахъ, проходитъ

Чер. 438.



Чер. 439.



черезъ точку e, то это будетъ соотвѣтствовать кривой давленія при минимальномъ распорѣ, что видно изъ построенія на чер. 439. При такихъ условіяхъ давленіе въ точкѣ o и e распредѣляется не на всю сопрягающую плоскость, а на часть ея, и главнымъ образомъ на ребро o въ замкѣ и ребро e въ пятахъ, т.-е. теоретически здѣсь сосредоточивается давленіе далеко превосходящее сопротивленіе бетона. Однако, такого рода своды на прак-

тикѣ оказываются вполнѣ устойчивыми и прочными. Опытъ показалъ, что такое распредѣленіе давленія допустимо лишь въ то время, когда сводъ поддерживается кружалами; при снятіи послѣднихъ вслѣдствіе упругости и сжимаемости матеріаловъ, изъ которыхъ сложенъ сводъ, усилія распредѣляются болѣе равномѣрно, кривая давленія дѣлается болѣе плоской, ея концы и вершина приближаются къ срединѣ толщины свода, и, какъ это видно изъ графическаго построенія усилій свода (чер. 439), горизонтальный распоръ H, а съ нимъ вмѣстѣ и давленіе на всѣ швы увеличивается. Во всякомъ случаѣ трудно предположить, чтобы давленіе въ замкѣ и швахъ распредѣлялось бы совершенно равномѣрно по поверхности сопрягающихъ швовъ, такъ какъ въ такомъ случаѣ надо допустить исключительное условіе полнаго совпаденія линіи давленія со средней кривой въ поперечномъ разрѣзѣ свода. Поэтому коэффиціентъ сопротивленія кирпичной кладки, принимаемый въ обыкновенныхъ случаяхъ равнымъ отъ 8 до 10 кг. см.^{2}, при расчетахъ кирпичныхъ сводовъ значительно понижается. На табл. XIX, стр. 249 показана величина минимальнаго распора H и усилій W, дѣйствующихъ на пяты свода, при толщинѣ въ замкѣ $^1/_2$, 1, 1$^1/_2$, 2 и 2$^1/_2$ кирпича. Данныя эти относятся къ тому періоду существованія кирпичнаго свода, когда растворъ еще не вполнѣ затвердѣлъ.

Предположимъ (чер. 438), что распоръ H_1 приложенъ въ срединѣ замковаго шва, а сила W_1 въ срединѣ пяты, тогда строя многоугольникъ силъ (чер. 439) мы, видимъ, что линія W_1, проведенная черезъ точку N параллельно направленію усилія W_1 (чер. 438) пересѣкаетъ горизонтальную MO' въ точкѣ O'' (чер. 439), которая принимается за полюсъ, вслѣдствіе чего какъ горизонтальный распоръ, такъ и величина всѣхъ усилій, дѣйствующихъ на сопрягающіе швы, значительно увеличивается. (Что ясно видно изъ чер. 439.)

Возьмемъ плоскій кирпичный сводикъ, расположенный между двумя желѣзными балками (чер. 438), при слѣдующемъ заданіи:

Пролетъ $l = 1{,}5$ м.
Подъемъ $f = 0{,}15$ м.
Толщина сводика $= 0{,}125$ м., т.-е. $^1/_2$ кирпича.
Нагрузка на 1 кв. м. $= 200$ кл.
Вѣсъ кубическаго метра кирпичной кладки и забутки $= 1{,}6$ тоннъ.

Приведенная къ объему кладки нагрузка $= \frac{200}{1600} = 0{,}125$ метра.

Толщина d въ срединѣ покрытія равна:

Редуцированной нагрузкѣ	0,125 м.
Забуткѣ сверхъ свода	0,050 м.
Толщинѣ свода въ замкѣ	0,125 м.
$d =$	0,30 м.

Толщина d_0 въ пятахъ отъ нижняго пояса балки до поверхности нагрузки равна

$$d_0 = f + d = 0{,}15 + 0{,}30 = 0{,}45 \text{ м.}$$

Точка приложенія минимальнаго распора H задается въ вершинѣ свода, слѣдовательно плечо h этого распора относительно точки вращенія e равно:

$$h = 0{,}15 + 0{,}12 = 0{,}27.$$

Величина распора H, какъ было уже указано, опредѣляется изъ уравненія моментовъ, т.-е.

$$Pa + Hh = 0,$$

откуда

$$H = \frac{Pa}{h}.$$

Здѣсь P—вѣсъ всей нагрузки (чер. 438), состоящей изъ собственнаго вѣса половины сводика, вѣса разбутки и временной нагрузки; a—перпендикуляръ, опущенный изъ точки вращенія e на направленіе силы P; h—есть такой же перпендикуляръ къ направленію силы H.

Для упрощенія опредѣленія центра тяжести K и момента Pa опредѣлимъ вѣсъ G_0 всей призмы, у которой основаніе—прямоугольникъ $mnie$, а высота равна элементу длины сводика, т.-е. 1 м. Найдемъ моментъ этой силы, равный G_0a_0 и вычтемъ изъ него моментъ G_1a_1, т.-е. части призмы, которая находится подъ сводомъ; остатокъ будетъ равняться искомому моменту

$$Pa = G_0a_0 - G_1a_1.$$

Слѣдовательно, вѣсъ

$$G^0 = d_0 . \frac{l}{2} . 1,6 = 0,45 . 0,75 . 1,6 = 0,54 \text{ тн.}$$

Центръ тяжести прямоугольника $mnie$ отстоитъ отъ точки e на разстояніи

$$a = \frac{l}{4} = \frac{1,5}{4} = 0,37 \text{ м.}$$

Слѣдовательно,

$$G_0a_0 = 0,54 . 0,37 = 0,20 \text{ тн.} = 200 \text{ кл.}$$

Для упрощенія опредѣленія момента G_1a_1 лучковая кривая, направляющая свода принимается за параболу, при чемъ площадь параболическаго отрѣзка eti равна:

$$\frac{2}{3} . \frac{l}{2} . f = \frac{2}{3} . 0,75 . 0,15 = 0,075.$$

$$G_1 = ,0075 . 1,6 = 0,12 \text{ тн.}$$

А такъ какъ разстояніе a_1 центра тяжести этого параболическаго отрѣзка отъ точки e по линіи ei равно $\frac{3}{5}\frac{l}{2} = 0,45$, то

$$G_1a_1 = 0,12 . 0,45 = 0,05 \text{ тн.} = 50 \text{ кг.}$$

Откуда

$$Pa = G_0a_0 - G_1a_1 = 0,200 - 0,05 = 0,15 \text{ тн.} = 150 \text{ кг.}$$

Слѣдовательно,

$$H = \frac{Pa}{h} = \frac{0,15}{0,27} = 0,55 \text{ тн.} = 550 \text{ кг.}$$

Для полученія величины силы W, дѣйствующей на пяты свода, мы имѣемъ изъ трехугольника MNO_1 (чер. 439) многоугольника силъ

$$W = \sqrt{H^2 + P^2}.$$

Но такъ какъ

$$P = G_0 - G_1 = 0,54 - 0,12 = 0,42 \text{ тн.} = 420 \text{ кг.},$$

то

$$W = \sqrt{0,55^2 - 0,42^2} = 0,692 \text{ тн.} = 692 \text{ кг.}$$

Сравнивая полученные результаты съ таблицей XIX, мы видимъ, что опредѣленный нами распоръ H на 230 кг. болѣе, а давленіе на опоры, наоборотъ, менѣе на 268 кг. допускаемаго. Но въ виду того, что при $H =$ $= 550$ кг. давленіе, дѣйствующее на кв. см. замковаго ряда, равняется

только $\frac{550}{1250} = 0{,}4$ кг., тогда какъ при кладкѣ на цементѣ раздробляющій грузъ принимается отъ 150 до 160 кг., можно признать принятую толщину сводика въ $^1/_2$ кирпича вполнѣ допустимой. Мы можемъ увеличить толщину нашего сводика изъ кирпича minimum вдвое, принявъ ее въ одинъ кирпичъ, но тогда полученная нами величина H будетъ на 850 кг. менѣе допускаемой, а слѣдовательно сводъ и вся конструкція выйдутъ безполезно грузными и дорогими. Этотъ примѣръ указываетъ, насколько неудобно примѣнять кирпичъ для сводиковъ въ виду необходимости придерживаться его размѣрамъ.

При устройствѣ бетонныхъ сводиковъ мы не имѣемъ этого неудобства, такъ какъ бетону можно придавать какую угодно форму и толщину.

Въ послѣднемъ случаѣ мы избѣгаемъ того мертваго груза, который вызывается излишней толщиной кирпичныхъ сводовъ вообще.

Способъ провѣрки бетоннаго свода остается тотъ же, что и кирпичнаго.

Пояснимъ примѣромъ.

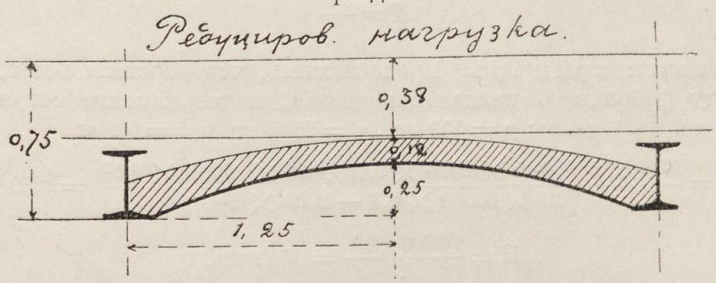
Данъ бетонный сводъ (чер. 440), какъ заполненіе между желѣзными балками при разстояніи между ними 2,5 м. (размѣръ въ большинствѣ случаевъ примѣняемый при постройкѣ фабрикъ).

Подъемъ свода взятъ въ $^1/_{10}$ пролета и $= 0{,}25$ м.

Толщина свода d_0 въ замкѣ принята $= 0{,}12$ м.

Временная нагрузка, предполагая фабричное строеніе, предположена въ 750 кл. на кв. м.

Чер. 440.



Вѣсъ 1 кубическаго метра бетона, состоящаго изъ 1 части цемента и 3 частей песку, а также и болѣе тощаго бетона, заполняющаго пазухи, принятъ круглымъ числомъ 2000 кг.

Временная нагрузка, редуцированная къ объему бетона, равна:

$$\frac{750}{2000} = 0{,}38.$$

Толщина въ срединѣ покрытія $= 0{,}12 + 0{,}38 = 0{,}5$ м.

Толщина въ пятахъ $= 0{,}50 + 0{,}25 = 0{,}75$.

Примѣняя тотъ же самый пріемъ для опредѣленія распора H, что и въ предшествовавшемъ случаѣ, мы имѣемъ:

Вѣсъ половины свода вмѣстѣ съ нагрузкой, разсматривая элементъ свода, равный по длинѣ 1 метру $=$

$0{,}75 \cdot 1{,}25 \cdot 2000 \ldots\ldots\ldots\ldots = 1880$ кг.

вычитая: $1{,}25 \cdot 0{,}25 \cdot {}^2/_3 \cdot 2000 \ldots\ldots\ldots\ldots = 420$ „

1460 кг.

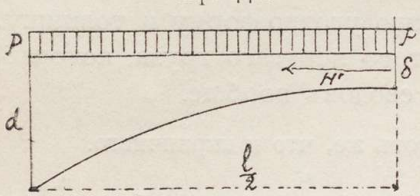
$$Hh = 1880 \cdot \frac{1,25}{2} - 420 \cdot {}^{3}/_{5} \cdot 1,25 = 860,$$

откуда $$H = \frac{860}{0,25} = 3440 \text{ кг.}$$

Это усиліе распредѣляется на всю поверхность замковой сопрягающей плоскости, а слѣдовательно на каждый кв. см. переходитъ давленіе $= \frac{3440}{12 \cdot 100} = 2,9$ кг., тогда какъ для бетона, состоящаго изъ 1 части цемента и 3 частей песку, принимается прочное сопротивленіе отъ 15 до 16 кг. на кв. см.

Другой способъ разсчета бетонныхъ сводиковъ заключается въ примѣненіи слѣдующихъ формулъ:

Чер. 441.



Задаваясь или толщиною сводика въ замкѣ δ (чер. 441), или толщиною всего покрытія вмѣстѣ съ подъемомъ свода и обозначая разстояніе между балками черезъ l, допускаемое напряженіе бетонной массы черезъ R, вѣсъ единицы объема свода вмѣстѣ съ забуткой черезъ γ и равномѣрно распредѣленный на единицу поверхности грузъ черезъ P, величины l, R, γ, P будутъ извѣстны, а величины d, δ и распоръ H выведутся: если задается δ, то изъ выраженія *):

$$d = \frac{l^2 (6\ p + 5\ \gamma\ \delta) + 16\ R\ \delta^2}{24\ R\ \delta - p l^2}, \text{ а если задано } d, \text{ то}$$

$$\delta = 0,75\ d - \frac{5\ \gamma l^2}{32\ R} - \sqrt{\left(0,75\ d - \frac{5\ \gamma l^2}{32\ R}\right)^2 - \frac{l^2}{16\ R}(\gamma d + 6\ p)}.$$

$$H = \frac{R\delta}{2}.$$

Численный примѣръ. Предположимъ, что разстояніе между балками $=$ 2 м., R въ виду фабричнаго назначенія зданія, подверженнаго сотрясеніямъ, примемъ $= 30000$ кг. на 1 кв. м.; $p = 500$ кг., $\gamma = 2000$ кг. и $\delta = 0,1$ м.

$$d = \frac{2^2 (6 \times 500 + 5 \times 2000 \times 0,1) + 16 \times 30000 \times 0,1^2}{24 \times 30000 \times 0,1 - 2000 \times 2^2} = 0,33 \text{ м.}$$

$$H = \frac{30000 \cdot 0,1}{2} = 1500 \text{ кг.},$$

гдѣ H — горизонтальный распоръ на длину сводика $= 1$ м.

Если рядомъ сводикъ не нагруженъ, то онъ испытываетъ распоръ

$$H^1 = H \cdot 0,75.$$

Распоры, проявляемые кирпичными или бетонными сводиками, взаимно уничтожаются и только отъ крайнихъ сводовъ передаются на стѣны, въ которыхъ для принятія пятъ сводовъ оставляются борозды.

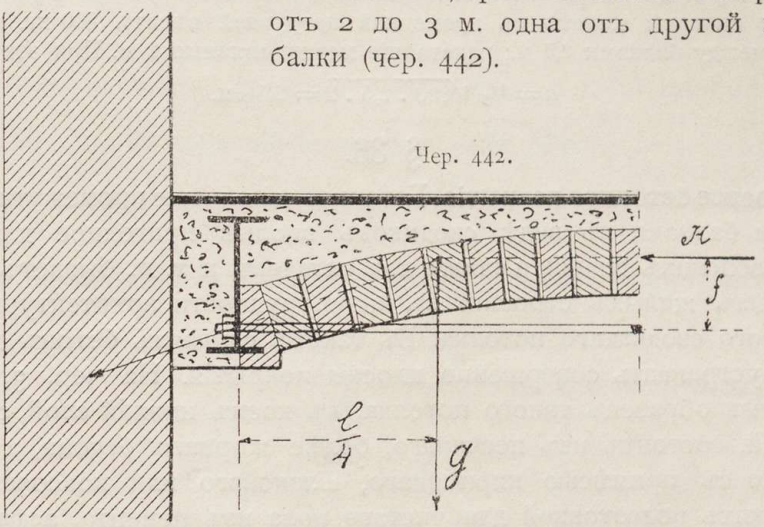
§ 35.

Поперечныя связи и ихъ размѣры. Не всегда, однако, стѣны достаточно устойчивы, чтобы противостоять боковому усилію; да, кромѣ того, оставленіе или пробитіе горизонтальной борозды, несомнѣнно, ослабляетъ стѣну, поэтому предпочитаютъ вдоль стѣны на нѣкоторомъ отъ нея разстояніи (чер. 442) располагать балку. Очевидно, что сопротивленіе этой

*) Handbuch der Architektur. III Th. 2 B. 3 H., стр. 96.

балки боковому изгибу не можетъ быть достаточнымъ въ виду незначительности момента инерціи ея относительно вертикальной нейтральной оси; главное назначеніе этихъ балокъ образовать удобную пяту для сводовъ; для уничтоженія же распора служатъ поперечныя связи изъ болтоваго желѣза, располагаемыя на разстояніи отъ 2 до 3 м. одна отъ другой по длинѣ балки (чер. 442).

Чер. 442.



Размѣры поперечныхъ сѣченій этихъ болтовъ или ихъ діаметры выводятся на основаніи слѣдующихъ простыхъ соображеній.

Назовемъ черезъ e разстояніе связей одна отъ другой въ метр.

„ l „ между балками.

„ p общій вѣсъ одного квадратнаго метра покрытія вмѣстѣ съ временной нагрузкой. Въ такомъ случаѣ вѣсъ g половины покрытія между двумя связями выразится:

$$g = \frac{pel}{2}.$$

Разстояніе этой равнодѣйствующей вѣса (чер. 442) отъ опоры можетъ быть съ достаточной точностью для практики принято $= \frac{l}{4}$, что и даетъ возможность вывести величину горизонтальнаго распора H изъ уравненія моментовъ при вертикальномъ разстояніи точки вращенія отъ направленія силы H, равномъ f. Мы имѣемъ:

$$H = \frac{gl}{4f} = \frac{pel^2}{8f}.$$

Принимая прочное сопротивленіе желѣза въ 1000 кг. изъ уравненія

$$\frac{pel^2}{8f} = \frac{\pi d^2}{4} \cdot 1000,$$

выводимъ d, діаметръ связи

$$d = \frac{1}{79}\sqrt{\frac{pel^2}{f}}.$$

Подъемъ свода обыкновенно принимается $= {}^1/_{10}$ пролета; подставляя вмѣсто f его величину ${}^1/_{10}\, l$, получимъ

$$d = \frac{1}{25}\sqrt{pel.}$$

Примѣръ. Въ фабричномъ строеніи сводчатое бетонное или кирпичное заполненіе между балками вмѣстѣ съ временной нагрузкой вѣситъ 800 кг. одинъ кв. м. Разстояніе между балками 2,5 м.; разстояніе между связями 2 м. При этихъ данныхъ

$$a = {}^1/_{25}\sqrt{800 \,.\, 2{,}5 \,.\, 2} = 2{,}5 \text{ см.}$$

§ 36.

d) **Плоское бетонное покрытіе.** Бетонное заполненіе промежутковъ между желѣзными балками въ видѣ сводиковъ вполнѣ пригодное для фабричныхъ и заводскихъ зданій, а также для складовъ и т. п. бываетъ неудобно для частныхъ жилыхъ строеній въ виду трудности архитектурной обработки такого сводчатаго потолка. Въ такихъ случаяхъ бетонъ даетъ возможность устраивать совершенно плоскія покрытія. На чер. 3, листъ 9, представленъ образецъ такого потолка, въ коемъ нижній слой, собственно работающій, состоитъ изъ песчанаго, болѣе жирнаго бетона, а верхній— изъ тощаго съ примѣсью кирпичнаго, шлаковаго или коксоваго щебня, что и служитъ подготовкой для чистаго пола изъ цемента, асфальта, гончарныхъ плитокъ и т. п. Или же по этой подготовкѣ устраивается деревянная подрѣшотка, на которую настилается деревянный полъ или паркетъ. Наконецъ, точно также можетъ быть устроенъ паркетъ на асфальтѣ (см. чер. 470).

При толщинѣ бетона въ 10 см. вѣсъ покрытія отъ 310 до 370 кг. 1 кв. м. Для уменьшенія теплопроводности тощій бетонный слой можетъ быть замѣненъ насыпкою дурного проводника, при чемъ деревянная подрѣшотка подъ паркетъ или переводы подъ простой щитовый полъ располагаются непосредственно на верхніе пояса желѣзныхъ балокъ, какъ это показано на чертежѣ 9, листъ 8.

Въ послѣднемъ случаѣ бетонное заполненіе, кромѣ собственнаго вѣса, несетъ лишь грузъ дурного проводника, котораго слой въ 8 см. толщины вѣситъ въ среднемъ не болѣе 50 кл. кв. м.

Производство работъ при устройствѣ горизонтальнаго бетоннаго покрытія ведется такимъ же способомъ, какъ и при бетонныхъ сводикахъ, а именно: подвѣшивается на крючьяхъ или хомутахъ сплошная деревянная платформа, не подходящая на $1{}^1/_2$ — 2 см. до нижнихъ поясовъ балокъ (чер. 3, листъ 9); затѣмъ бетонъ наносится слоями и трамбуется.

Главный недостатокъ горизонтальнаго бетоннаго покрытія заключается въ малой сопротивляемости этого матеріала на изгибъ. Поэтому разстояніе между балками дѣлается не болѣе $1{}^1/_2$ метра. Впрочемъ, какъ чердачное покрытіе или какъ заполненіе, не несущее никакого груза, оно можетъ быть съ выгодой примѣняемо.

Трамбованный бетонъ, устраиваемый на мѣстѣ, можетъ быть замѣненъ бетонными плитками или досками, заранѣе приготовленными и расположенными между балками, опираясь концами на нижніе ихъ пояса.

Горизонтальныя бетонныя заполненія не передаютъ на балки распора. Такія покрытія разсчитываются какъ балка, лежащая на двухъ опорахъ и равномѣрно нагруженная.

Если p вѣсъ на 1 кв. м. покрытія съ временной или постоянной нагрузкой,

„ l пролетъ въ метрахъ,

„ h толщина работающаго бетона,

то, разсчитывая элементъ покрытія равный одному погонному метру и предполагая внѣшній, дѣйствующій моментъ изгиба $M = \frac{pl^2}{8}$, можно принять, что

$$h = \sqrt{\frac{3pl^2}{4R}}.$$

Здѣсь R, какъ прочное сопротивленіе на изгибъ, принимается равнымъ 3 кл. на см^2.

Примѣръ. Положимъ, что $l = 1$ м.,

$p = 600$ кл. для междуэтажныхъ покрытій.

Тогда

$$h = \sqrt{\frac{3 \cdot 600}{4 \cdot 3}} = \sqrt{150} = 12 \text{ см.}$$

Устройства горизонтальныхъ бетонныхъ заполненій между балками, какъ мы видѣли, могутъ быть примѣнены лишь при незначительныхъ промежуткахъ до $1\frac{1}{2}$ метра включительно. При большихъ разстояніяхъ требуется очень толстый слой бетонной массы, а такъ какъ этотъ матеріалъ вѣситъ отъ 2.000 до 2.200 кл. куб. м., то, кромѣ потери въ высотѣ помѣщеній является еще и значительный мертвый грузъ, требующій сильныхъ балокъ, болѣе толстыхъ стѣнъ, фундаментовъ и т. д. Эти недостатки настолько существенны, что горизонтальныя бетонныя покрытія по желѣзнымъ балкамъ рѣдко находили себѣ примѣненіе, а для фабрикъ и заводовъ при большой временной нагрузкѣ онѣ совсѣмъ не употреблялись.

§ 37.

е) **Желѣзо-бетонныя покрытія по системѣ Монье.** Массивность горизонтальнаго бетоннаго покрытія главнымъ образомъ вызывается тѣмъ, что сопротивленіе его при изгибѣ разсчитывается только на растяженіе въ нижней части поперечнаго сѣченія и этому сопротивленію приравнивается и сопротивленіе верхней части того же сѣченія на сжатіе, тогда какъ послѣднее можетъ быть допущено въ 10 разъ больше чѣмъ первое. Опытъ показалъ, что при изгибѣ нагруженной бетонной плиты въ нижнихъ частяхъ ея поперечныхъ сѣченій напряженія достигаютъ предѣла упругости и появляются трещины въ то время, когда въ верхнихъ частяхъ того же сѣченія напряженія на сжатіе едва приближаются къ предѣлу прочнаго сопротивленія. Такимъ образомъ самое дорогое свойство бетона, какъ камня, его высокое сопротивленіе на сжатіе остается не использованнымъ.

Такъ было до появленія бетоно-желѣзной конструкціи по системѣ Монье, которая, хотя первоначально и вызвала недовѣріе къ себѣ, вскорѣ,

однако, при обнародованіи цѣлаго ряда офиціальныхъ и частныхъ испытаній какъ за границей, такъ и у насъ, доказывающихъ необыкновенную прочность и устойчивость этой конструкціи, нашла себѣ самое широкое примѣненіе и въ настоящее время является преобладающей надъ всѣми другими при устройствѣ несгораемыхъ потолковъ.

Счастливая мысль французскаго садовника, подвергнутая научной критикѣ, оказалась вполнѣ правильной и остается только удивляться, почему она до сихъ поръ не приходила въ голову инженерамъ!

Дѣйствительно, если бы было извѣстно, что желѣзо имѣетъ сильное сцѣпленіе съ затвердѣвшимъ цементомъ, то что можетъ быть проще, если мы для увеличенія сопротивленія бетонной плиты введемъ въ ту часть ея поперечнаго сѣченія, которая во время изгиба подвергается наибольшему растяженію, матеріалъ стойко сопротивляющійся этому усилію, то-есть, желѣзную или стальную проволоку или полосу.

При появленіи этой новой системы опасались, что желѣзо въ цементной массѣ будетъ ржавѣть, что при разныхъ коэффиціентахъ расширенія этихъ двухъ матеріаловъ является опасность разрушенія не только во время пожара, но даже и при рѣзкихъ разницахъ обыкновенныхъ температуръ. Всѣ эти опасенія не оправдались и система Монье завоевала себѣ широкое распространеніе. Почти всѣ новѣйшія конструкціи несгораемыхъ покрытій представляютъ не что иное, какъ различныя видоизмѣненія одного и того же принципа системы Монье, т.-е. такой комбинаціи желѣза и камня, при которой желѣзо располагается въ частяхъ поперечнаго сѣченія, подверженныхъ растяженію, а бетонъ или камень сжатію.

Приведемъ изъ книжки Житкевича *) одинъ изъ извѣстныхъ опытовъ, произведенныхъ въ нашемъ отечествѣ и доказывающихъ, насколько увеличивается прочность бетона при введеніи желѣза въ его массу.

„Въ 1891 году въ Петербургѣ были испытаны три пары плитъ пролетомъ 1, 1,5 и 2 метра; въ каждой парѣ одна плита была съ желѣзною сѣткой, а другая—безъ нея. Сѣтка состояла изъ продольныхъ желѣзныхъ прутьевъ, скрѣпленныхъ съ поперечными обвязкой изъ тонкой проволоки; толщина продольныхъ прутьевъ въ плитахъ 1-го опыта (пролетъ 1 метръ) была 6 мм., 2-го и 3-го опыта (пролеты въ $1^1/_2$ и 2 метра)—7 мм.; каждый 3-й прутъ толщиною 10 мм. Поперечные прутья толщиною 5 мм. Составъ бетона 1 часть цемента и 3 части песку по объему.

Разстояніе между прутьями продольными и поперечными одинаковое отъ 6,5 до 7 см. Проволока располагалась на разстояніи $^1/_6$ толщины плиты отъ нижней ея поверхности.

Размѣры плитъ съ сѣткой и безъ нея при одномъ и томъ же пролетѣ одинаковые, а именно:

Опыты.	Пролеты.	Ширина.	Толщина.	Площадь нагрузки.
1	1,0 м.	0,71 м.	4,5 см.	0,71 кв. м.
2	1,5 м.	1,0 м.	7,0 см.	1,5 кв. м.
3	2,0 м.	1,0 м.	9,7 см.	2,0 кв. м.

*) Н. Житкевичъ. Плоскія междуэтажныя покрытія.

Опытъ показалъ, что разрушающій грузъ для плитъ желѣзно-бетонныхъ, больше такового же груза для обыкновенныхъ бетонныхъ изъ того же бетона въ 3,6 раза, при чемъ въ плиткахъ съ желѣзною сѣткою наблюдалось только раздробленіе бетона, который не распался и не отдѣлялся отъ сѣтки; нагрузка повисла на ней, не вызывая полнаго обрушенія. Всѣ же плитки безъ сѣтки разрушились мгновенно съ распаденіемъ бетона на куски неправильной формы.

При другихъ опытахъ, произведенныхъ за границей, сводчатое бетонное покрытіе при пролетѣ $l = 4{,}5$ м. и толщинѣ въ замкѣ 5 см. обрушилось при нагрузкѣ 800 кг. на кв. м., а таковое же желѣзо-бетонное покрытіе—при нагрузкѣ въ 2.109 кл. на кв. м.

Такая относительно значительная прочность желѣзо-бетонныхъ покрытій является вслѣдствіе сильнаго сцѣпленія (въ смыслѣ противодѣйствія скольженію) цемента съ желѣзомъ, заставляющее оба матеріала одновременно сопротивляться разрушенію покрытія.

Бетонная плита безъ сѣтки, при пролетѣ въ 1 м., толщинѣ 4,5 см. и ширинѣ 0,71 м., мгновенно обрушилась при нагрузкѣ 852 кл.; такая же желѣзобетонная плита при нагрузкѣ 2887 кл. дала только прогибъ 8 мм. и обрушилась при нагрузкѣ 2.973 кл.

Если между бетономъ и проволокой нѣтъ никакой связи и оба эти матеріала при изгибѣ работаютъ совершенно самостоятельно, то, кромѣ груза, необходимаго для перелома бетонной плиты въ данномъ случаѣ нужно допустить еще только тотъ грузъ, который въ состояніи выдержать продольныя проволоки съ прогибомъ въ 8 мм. Этотъ грузъ опредѣляется изъ формулы, выражающей величину f — стрѣлу прогиба *):

$$f = \frac{5Pl^2}{384EJ},$$

откуда

$$P = \frac{f \cdot 384 \cdot EJ}{5l^3}.$$

Подставляя вмѣсто f и l ихъ величины и принимая E—коэффиціентъ упругости для желѣза $= 2000000$ и J — моментъ инерціи 10 проволоки $=$ $10.0{,}0064 = 0{,}064$ получимъ:

$$P = \frac{0{,}8 \cdot 384 \cdot 2000000 \cdot 0{,}064}{5 \cdot 1000000} = 8 \text{ кг.}$$

Слѣдовательно, полная величина груза, вызвавшаго разрушеніе и изгибъ плиты, должна бы быть:

$$pl = 852 + 8 = 860.$$

Въ дѣйствительности же онъ равняется:

$$2973 \text{ кл., т.-е. въ } \frac{2973}{860} = 3{,}5 \text{ раза больше}“.$$

*) См. таблицу XXVII.

Такая огромная разница можетъ быть объяснена единственно тѣмъ обстоятельствомъ, что при разрушеніи плиты Монье мы имѣемъ дѣло не съ простой суммой сопротивленій бетона и желѣза, какъ отдѣльныхъ брусьевъ, а съ сопротивленіемъ цѣлаго бруса, въ которомъ бетонъ и желѣзо составляютъ нераздѣльное цѣлое. Сравнительно скорое разрушеніе плиты безъ каркаса отъ значительно меньшаго груза происходитъ вслѣдствіе того, что при изгибѣ, какъ это уже было сказано выше, напряженіе въ крайнихъ элементахъ растянутой части сѣченія уже достигаетъ величины временнаго сопротивленія бетона разрыву, тогда какъ въ сжатой части соотвѣтственное напряженіе едва будетъ приближать къ предѣлу прочнаго сопротивленія раздробленію. Въ крайнихъ элементахъ вытянутой части будетъ имѣть мѣсто предѣльная деформація.

Сцѣпленіе бетона съ желѣзомъ настолько сильно, что по изслѣдованіямъ Консидера (Considère) при изгибѣ бетонныхъ брусковъ съ заложенными вблизи растянутой поверхности желѣзными прутьями, достигались, безъ всякихъ признаковъ трещинъ, удлиненія въ 5,6 и до 10 разъ превосходящія тѣ удлиненія, при которыхъ бруски безъ желѣза уже ломались. Величина удлиненія какъ бы дифференцируется на мельчайшія части по всей длинѣ бруска и дѣлается неизмѣннымъ. Даже бруски, выпиленные Консидеромъ изъ частей брусьевъ, подвергнутыхъ столь значительнымъ растяженіямъ, испытанные на разрывъ, показали едва замѣтное измѣненіе прочности сравнительно съ брусками, не подвергавшимися растяженію.

Такое сильное сцѣпленіе между желѣзомъ и цементомъ объясняется образованіемъ особаго твердаго и прочнаго соединенія селикатовъ цемента съ желѣзомъ.

Перейдемъ къ описанію нѣкоторыхъ наиболѣе распространенныхъ въ практикѣ желѣзно-бетонныхъ потолочныхъ покрытій.

На чер. 4, листъ 9, представленъ въ поперечномъ и продольномъ разрѣзѣ одинъ изъ простѣйшихъ типовъ такого покрытія, состоящаго изъ желѣзныхъ двутавровыхъ балокъ, промежутки между которыми перекрыты желѣзо-бетонными плитами шириною въ 0,8 м. Разстояніе между осями балокъ берется отъ 0,75 до 3,8 м., толщина плитъ, въ зависимости отъ нагрузки и разстоянія между балками,—отъ 4 до 14 см. Въ разстояніи $^1/_6$ толщины плиты отъ ея нижней поверхности располагается сѣтка изъ продольныхъ желѣзныхъ прутьевъ толщиною отъ 5 до 10 мм. и изъ поперечныхъ толщиною въ 5 мм., служащихъ для связи между продольными. Въ точкахъ пересѣченія прутья скрѣпляются тонкой проволокой. Поперечное сѣченіе продольныхъ, такъ называемыхъ работающихъ прутьевъ и разстояніе между ними опредѣляются разсчетомъ.

Плиты приготовляются заранѣе и въ совершенно уже затвердѣвшемъ состояніи привозятся на мѣсто и укладываются на нижніе пояса балокъ. Для лучшаго предохраненія желѣзныхъ балокъ отъ дѣйствія ржавчины и огня, стѣнки ихъ и нижніе пояса прикрываются цементнымъ растворомъ, при чемъ послѣдніе оштукатуриваются въ видѣ тяги, которая повторяется и поперекъ пролетовъ между балками, вслѣдствіе чего потолокъ получаетъ обработку кессонами, что придаетъ всей конструкціи болѣе красивый

видъ. При значительной ширинѣ тавра цементный наметъ дѣлается по тонкой желѣзной сѣткѣ, охватывающей нижній поясъ балки.

Сверхъ плитъ для уменьшенія звука и теплопроводности располагается тощій бетонъ съ примѣсью шлака, кокса или кирпичнаго щебня толщиною не менѣе 10—12 см., впрочемъ эта толщина зависитъ отъ степени теплопроводимости насыпаемаго матеріала. Этотъ же слой служитъ подготовкой для чистаго пола. Если онъ деревянный, то сверхъ выравненной подготовки, располагается деревянная подрѣшетка или лаги. Самое удобное (если только этому не препятствуетъ назначеніе помѣщенія)—по бетонной подготовкѣ на слоѣ цементнаго раствора уложить цементныя или гончарныя плитки, какъ это и показано на нашемъ чертежѣ.

Выгоды такого покрытія слѣдующія:

1) Простота и быстрота устройства, такъ какъ укладка плитъ не требуетъ никакого искусства и надзора, какъ при другихъ покрытіяхъ. Кромѣ того, покрытіе изъ готовыхъ желѣзно-бетонныхъ плитъ можетъ тотчасъ же подвергаться дѣйствію нагрузки, такъ что нѣтъ потери времени, необходимаго для твердѣнія бетона или раствора.

2) При правильномъ устройствѣ—полная огнеупорность и неизмѣняемость отъ дѣйствія времени, сырости и проч.

3) Возможность получить желаемый minimum звуко- и теплопроводности, измѣняя матеріалъ и толщину изоляціоннаго слоя.

4) Непроницаемость для воздуха и воды при указанномъ заполненіи и обдѣлкѣ бетономъ балокъ и стыковъ плитъ съ балками.

Желѣзо-бетонное сводчатое покрытіе. Система Монье прямѣняется и при устройствѣ бетонныхъ сводовъ, какъ заполненія между балками, если таковыя располагаются на значительномъ разстояніи другъ отъ друга, или вообще при устройствѣ покрытій надъ какимъ-либо помѣщеніемъ значительной ширины.

На чертежѣ 5, листъ 9, представленъ такой сводъ съ подъемомъ въ 40 см. и толщиною въ замкѣ только 5 см. Такой сводъ при толщинѣ проволокъ въ 10 мм. и разстояніи между ними въ 7 см. можетъ выдержать равномѣрную нагрузку до 4.000 кг. на кв. м. Очевидно, что здѣсь хотя вся конструкція при равномѣрной нагрузкѣ свода работаетъ на сжатіе, сопротивленіе ея сравнительно съ простымъ бетоннымъ сводомъ значительно возрастаетъ. Въ виду того, что при разрушеніи плоскаго свода, какъ было указано выше, происходитъ раскрытіе шва въ шелыгѣ вовнутрь, то наибольшее растягивающее усиліе можетъ проявиться именно въ этомъ мѣстѣ, поэтому и работающая проволока располагается такъ же, какъ и при устройствѣ горизонтальныхъ желѣзо-бетонныхъ покрытій, въ нижней части поперечнаго сѣченія свода.

Покрытія по системѣ Монье на мѣстѣ производства работъ дѣлаются слѣдующимъ образомъ: по изготовленіи деревянныхъ поддерживающихъ частей въ видѣ палубы различнаго, въ зависимости отъ характера сооруженія, вида принимаются мѣры, чтобы размѣстить на палубѣ работающіе прутья такъ, чтобы послѣ забетониванія они оказались дѣйствительно въ тѣхъ мѣстахъ поперечнаго сѣченія покрытія, въ которыхъ по разсчету они

должны сопротивляться растягивающимъ усиліямъ, если это перекрытіе горизонтально или представляетъ изъ себя плоскій сводикъ. Достигается это тѣмъ, что работающіе прутья соединяются тонкими поперечными прутиками въ одну сѣтку, что устраняетъ возможность бокового изгиба во время забетониванія; они удерживаются на соотвѣтствующемъ разстояніи отъ поверхности палубы подложенными деревянными шашками или рейками соотвѣтствующихъ размѣровъ. Бетонная масса, состоящая только изъ цемента и песка (3 части песку на 1 часть цемента), безъ примѣси щебня и имѣющая консистенцію увлажненной земли, укладывается на палубѣ такъ, чтобы она хорошо проникла въ промежутки между прутьями и палубой. Уложенная масса тщательно трамбуется до тѣхъ поръ, пока не получимъ увѣренности, что желѣзные прутья повсюду хорошо облѣплены бетономъ и что въ самомъ бетонѣ нѣтъ раковинъ и пустотъ. Признакомъ такого уплотненія можно считать появленіе на поверхности бетона влаги, свидѣтельствующей о томъ, что вода вытѣсняется бетономъ.

При такомъ порядкѣ работы очевидно, что по окончаніи процесса отвердѣванія бетона получится монолитъ безъ всякихъ плоскостей раздѣла. Это обстоятельство, а также изученіе прогибовъ сооруженій по системѣ Монье отъ дѣйствія груза, приводятъ къ заключенію, что брусъ Монье слѣдуетъ разсматривать какъ упругое тѣло, а, слѣдовательно, при расчетѣ прямыхъ частей сооруженія необходимо примѣнять теорію прямыхъ изгибаемыхъ брусьевъ; при расчетѣ же кривыхъ частей — пользоваться теоріей упругаго кривого бруса.

§ 38.

Опредѣленіе толщины желѣзо-бетонныхъ плитъ*). Переходя къ разсчету желѣзо-бетонныхъ плитъ замѣтимъ, что такъ какъ при изгибѣ плиты, свободно лежащей на двухъ опорахъ, въ верхнихъ частицахъ бетона любого поперечнаго сѣченія появятся внутреннія сжимающія усилія, въ нижнихъ же частяхъ бетона и въ желѣзѣ — силы растягивающія, то приходится имѣть дѣло съ коэффиціентами упругости этихъ матеріаловъ. Опытъ показалъ, что коэффиціенты упругости бетона при растяженіи и сжатіи не равны между собой и также отличаются отъ коэффиціента упругости желѣза. Отсюда понятно, что для точнаго теоретическаго разсчета необходимо прежде всего знать величины этихъ трехъ коэффиціентовъ упругости.

Для литого желѣза величина коэффиціента упругости E при растяженіи принимается равнымъ 2.000.000 кл. на кв. см.

Коэффиціенты же упругости для бетона (составъ: 3 части песку, 1 часть цемента) при сжатіи и въ особенности же при растяженіи, измѣняются въ зависимости отъ свойствъ цемента и другихъ составныхъ частей, времени твердѣнія и разныхъ иныхъ условій; поэтому точныхъ данныхъ относительно коэффиціента упругости бетона нѣтъ. Лишь за послѣднее время, благодаря многочисленнымъ изслѣдованіямъ надъ упругими свойствами бетона и сопоставляя полученныя при опытахъ деформаціи съ усиліями, ихъ производившими, пришли къ болѣе или менѣе среднему модулю упругости E_b для бетона на сжатіе и вытягиваніе въ предѣлахъ отъ 200.000 до 240.000 кл. на кв. см. Однако такой результатъ все же нельзя считать вполнѣ надежнымъ и поэтому даже самые точные расчеты не могутъ дать совершенно вѣрныхъ рѣшеній. Поэтому обыкновенно при разсчетѣ желѣзо-бетонныхъ покрытій примѣняютъ способъ, предложенный Кёненомъ, достаточно точный для практическихъ

*) Подробности у Н. Житкевича. „Плоскія междуэтажныя покрытія“.

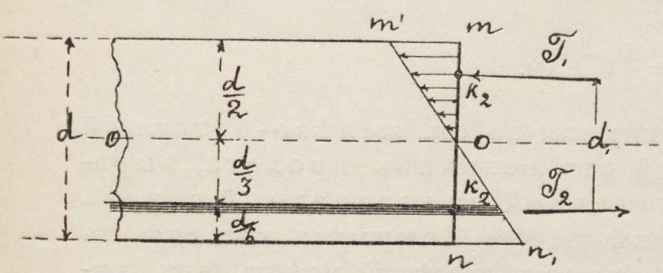
цѣлей и дающій возможность не вводить въ расчетъ модуля упругости бетона. Этотъ способъ основанъ на томъ предположеніи, что при изгибѣ бетонно-желѣзной плиты бетонъ сопротивляется только сжатію, а желѣзо—растяженію; сопротивленіемъ же бетона на растяженіе, какъ незначительной величиной, совсѣмъ пренебрегаютъ. Такое допущеніе влечетъ за собой лишь нѣкоторое увеличеніе запаса прочности, такъ какъ въ дѣйствительности бетонъ все же окажетъ сопротивленіе и растяженію. Затѣмъ, всегда можно расположить въ нижней части поперечнаго сѣченія такое количество желѣза, котораго сопротивленіе на разрывъ равнялось бы сопротивленію верхней части поперечнаго сѣченія бетона на сжатіе и нейтральная ось совпала бы съ центромъ тяжести плиты, то-есть проходила бы черезъ средину ея поперечнаго сѣченія.

Положимъ (чер. 443), что плита расположена на двухъ опорахъ при пролетѣ равномъ l, толщинѣ плиты d, ширинѣ b и равномѣрно расположенной нагрузкѣ, вмѣстѣ съ собственнымъ вѣсомъ, равной p на кв. м.

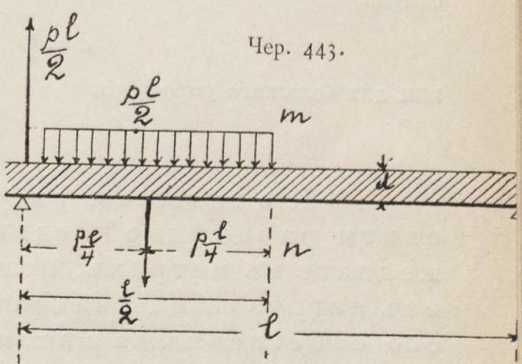
Тогда pl будетъ вся дѣйствующая на плиту нагрузка.

Требуется опредѣлить: 1) толщину плиты, принимая прочное сопротивленіе R_1 бетона на сжатіе равнымъ 30 кг. на кв. см., и 2) поперечное сѣченіе желѣзныхъ

Чер. 444.



Чер. 443.



прутьевъ и разстояніе между ними, полагая прочное сопротивленіе R_2 желѣза на растяженіе 750 кл. на кв. с.

Предположимъ, что сѣченіе mn (чер. 443), которое въ данномъ случаѣ является „опаснымъ“ сѣченіемъ, подъ вліяніемъ груза при изгибѣ плиты, оставаясь прямолинейнымъ, перемѣстилось въ положеніе m^1n^1 (чер. 444) и въ немъ вызываются внутреннія напряженія, которыя противодѣйствуютъ сжатію въ верхней части поперечнаго сѣченія и растяженію въ нижней.

Допустимъ далѣе, что при указанномъ на чертежѣ расположеніи прутьевъ въ разстояніи $\frac{d}{6}$ отъ нижней поверхности плиты, размѣры и число прутьевъ подобраны такъ, что нейтральная ось проходитъ черезъ центръ разсматриваемаго сѣченія.

Если принять, что напряженія внутреннихъ силъ въ бетонѣ и желѣзѣ пропорціональны разстояніямъ ихъ частицъ отъ нейтральной оси, то равнодѣйствующая T_1 всѣхъ сжимающихъ силъ въ верхнихъ частицахъ бетона выразится, при ширинѣ плиты равной единицѣ:

$$T_1 = \frac{d \cdot R_1}{2 \cdot 2} = \frac{30 \cdot d}{4} = 7{,}5d.$$

Равнодѣйствующая эта пройдетъ черезъ центръ тяжести треугольника omm^1, то-есть въ разстояніи $\frac{2}{3}\frac{d}{2} = \frac{d}{3}$ отъ нейтральной оси.

Въ нижней же части поперечнаго сѣченія мы приняли, что растягивающимъ усиліямъ сопротивляются только желѣзныя прутья, безъ всякаго участія бетона, при чемъ равнодѣйствующая этихъ усилій T_2 приложена тоже на разстояніи $\frac{d}{3}$ отъ нейтральной оси, такъ какъ это разстояніе равно $\frac{d}{2} - \frac{d}{6} = \frac{d}{3}$.

А такъ какъ для статистическаго равновѣсія выдѣленной лѣвой половины плиты (чер. 443) необходимо, чтобы $T_2 = T_1$, то дѣйствія всѣхъ внутреннихъ продольныхъ силъ при изгибѣ плиты приводятся къ парѣ силъ, моментъ которой равенъ $T_1 \, ^2/_3 \, d = T_1 d_1$, откуда

$$T_1 d_1 = \frac{7{,}5 \cdot d \cdot 2 \cdot d}{3} = 5d^2.$$

Чтобы предупредить изломъ плиты, моментъ этой пары внутреннихъ молекулярныхъ силъ долженъ равняться моменту $M\ max$ внѣшнихъ силъ, дѣйствующихъ на плиту относительно того же поперечнаго сѣченія mn; $M\ max$ для балки равномѣрно нагруженной и свободно лежащей на опорахъ, согласно табл. XXVII равенъ:

$$M\ max = \frac{Pl^2}{8}.$$

Слѣдовательно, необходимо, чтобы

$$5d^2 = \frac{Pl^2}{8},$$

откуда

$$d = \sqrt{\frac{Pl^2}{8 \cdot 5}} = \frac{l}{6{,}32}\sqrt{P} \text{ см.}$$

или для большаго упрощенія

$$d = \frac{l}{7}\sqrt{P} \text{ см.}$$

То-есть толщина, выраженная въ см., желѣзо-бетонной плиты равна одной седьмой отъ величины пролета, выраженнаго въ метрахъ, помноженной на квадратный корень изъ нагрузки на квадратный метръ покрытія вмѣстѣ съ его собственнымъ вѣсомъ, при чемъ послѣдній можетъ быть принятъ равнымъ 15% отъ временной и постоянной нагрузки.

Если обозначимъ общую площадь поперечныхъ сѣченій всѣхъ продольныхъ прутьевъ, при ширинѣ плиты $b = 100$ см., черезъ F кв. см., то изъ предыдущаго равенства $T_1 = T_2$, принимая напряженіе для желѣза $=$ $= 750$ кг., получимъ:

$$750\ d = 750\ F, \text{ т.-е., что } d = F.$$

Слѣдовательно, при сдѣланныхъ выше предположеніяхъ, поперечное сѣченіе всѣхъ продольныхъ прутьевъ на протяженіи 100 см. по ширинѣ плиты заключаетъ столько квадратныхъ сант., сколько толщина плиты линейныхъ сантиметровъ.

Задаваясь діаметромъ прутьевъ и раздѣляя общую площадь F всѣхъ прутьевъ, на протяженіи 100 см., на площадь f однаго прута мы получаемъ $\frac{F}{f} = n$ — число прутьевъ, а слѣдовательно и разстояніе между ними $= \frac{100 \text{ см.}}{n}$.

Примѣръ. Опредѣлимъ толщину работающей плиты при разстояніи между балками 1,5 м., чер. 4, листъ 9, и временной нагрузкѣ—500 кг. на кв. м., какъ это принято для фабричныхъ зданій.

Принимая собственный вѣсъ самой плиты, равнымъ 15% отъ временной нагрузки

и вѣса одного кв. м. заполненія, состоящаго изъ слоя тощаго бетона съ кирпичнымъ щебнемъ и чистаго пола изъ гончарныхъ плитъ всего толщиною въ 0,15 м., мы получимъ:

$1600 \times 0{,}15 = 240$ кл.
Временная нагрузка . . . . . 500 кл.
Всего . . . . . 740 кл.
15% отъ 740 . . . . . 111 кл.
Итого . . . . . 851 кл.

Слѣдовательно,

$$d = \frac{1{,}5}{7}\sqrt{851} = 6{,}30 \text{ см.}$$

Или круглымъ числомъ $d = 6{,}5$ см.

Толщина прутьевъ обыкновенно принимается отъ 0,7 до 1,0 см. Если мы въ данномъ случаѣ примемъ толщину ихъ въ 0,75 см., то площадь поперечнаго сѣченія одного прута $f = \frac{n\delta^2}{4} = 0{,}44$ кв. см., а число прутьевъ n на протяженіи элемента покрытія въ 100 см. равно:

$$n = \frac{6{,}5}{0{,}44} = 15 \text{ штукъ.}$$

Разстояніе между ними

$$e = \frac{100}{14} = 7 \text{ см.}$$

Изложенный способъ разсчета вполнѣ подтвердился многочисленными опытами, произведенными, какъ у насъ, такъ и за границей, надъ устроенными сооруженіями по системѣ Монье.

За послѣднія 10—15 лѣтъ появилось множество различныхъ способовъ построенія несгораемыхъ потолочныхъ покрытій, которыя въ сущности представляютъ лишь дальнѣйшее, болѣе или менѣе удачное развитіе и разработку идеи Монье.

Всѣ эти системы могутъ быть раздѣлены на двѣ большія группы:

I) потолки бетонно-желѣзной и

II) кирпиче-желѣзной конструкціи; послѣдняя представляетъ комбинацію кирпичной кладки съ желѣзомъ.

Разсмотримъ нѣкоторыя изъ наиболѣе удачныхъ и цѣлесообразныхъ конструкцій.

I) Изъ покрытій 1 группы прежде всего остановимся на простѣйшей изъ нихъ, такъ называемой англійской системѣ покрытія (чер. 6, листъ 9), употребляемой главнымъ образомъ при постройкѣ фабрикъ, заводовъ, а также спаленъ для рабочихъ, школъ и т. п.

Способъ этотъ заключается въ томъ, что на опорныя стѣны или на главныя балки располагаютъ второстепенныя на взаимномъ другъ отъ друга разстояніи отъ 50 до 70 см. и забиваютъ ихъ бетонной массой, предварительно приготовивъ платформу, не доходящую до нижнихъ поясовъ этихъ балокъ на 2—3 см. Составъ бетона можетъ быть довольно тощій и съ примѣсью щебня каменнаго или кирпичнаго, напримѣръ: 1 часть цемента, 3 части песку, 4 части щебня.

Не считая высоты главныхъ балокъ, которыя остаются открытыми, и предполагая разстояніе между ними отъ 3 до 4 м., все междуэтажное по-

крытіе занимаетъ вмѣстѣ съ чистымъ поломъ не болѣе 15—16 см. по толщинѣ. Конструкція эта представляетъ совершенно горизонтальный потолокъ и примѣняется главнымъ образомъ при устройствѣ фабричныхъ и заводскихъ зданій. Представляя изъ себя прочный и наиболѣе дешевый родъ покрытій, такой способъ, однако, имѣетъ слѣдующіе недостатки:

1) Значительную звуко- и теплопроводность; послѣднее, впрочемъ, легко устраняется при чердачномъ покрытіи, такъ какъ имѣется возможность расположить на чердакѣ какой угодно толщины изоляціонный слой дурного проводника.

2) Незащищенность главныхъ балокъ отъ непосредственнаго дѣйствія огня во время пожара. Этотъ недостатокъ хотя и можетъ быть устраненъ оштукатуркою балокъ по особенному проволочному каркасу, но такая работа настолько удорожаетъ стоимость покрытія, что примѣненіе его становится не выгоднымъ.

При устройствѣ казармъ для семейныхъ рабочихъ описанное покрытіе является, однако, вполнѣ огнеупорнымъ, такъ какъ главныя балки располагаются въ перегородкахъ, какъ это показано на чер. 6, листъ 9, въ поперечномъ разрѣзѣ, и покрываются цементной штукатуркой съ обѣихъ сторонъ. Въ подобныхъ случаяхъ такое покрытіе безусловно выгодно. Размѣры этой конструкціи легко провѣряются разсчетомъ, при чемъ очевидно что желѣзныя балочки, введенныя въ массивъ бетона, здѣсь подвергаются изгибу, поэтому такой способъ покрытія не отвѣчаетъ принципу Монье и желѣзо примѣняется съ меньшей выгодой.

§ 39.

Ребристое желѣзо-бетонное покрытіе. Инженеръ Könen усовершенствовалъ описанный способъ покрытія, придавъ ему въ поперечномъ разрѣзѣ форму, показанную на чер. 7, листъ 9. Оно носитъ названіе ребристаго желѣзо-бетоннаго покрытія и состоитъ изъ ряда двутавровыхъ или однотавровыхъ балочекъ высотою отъ 8 до 10 см., расположенныхъ на разстояніи одна отъ другой на 25 до 30 см., а между ними набивается бетонъ, образуя маленькіе сводики или желоба. Здѣсь вся масса желѣза, въ особенности при примѣненіи однотавровыхъ балочекъ, почти исключительно сопротивляется растяженію, а бетонъ—сжатію. Слѣдовательно, все покрытіе по идеѣ, представляетъ одну желѣзо-бетонную плиту, въ которой желѣзные продольные прутья замѣнены балочками. Оба матеріала связаны въ одно цѣлое и могутъ быть примѣнены наивыгоднѣйшимъ образомъ при надлежащемъ распредѣленіи. Въ результатѣ получается сравнительно легкое, прочное и вполнѣ монолитное покрытіе.

Надо замѣтить, что для большей и равномѣрной связи между желѣзомъ и бетономъ послѣдній долженъ состоять только изъ песка и цемента безъ примѣси щебня.

Ребристое покрытіе выгодно въ примѣненіи къ фабричнымъ и заводскимъ многоэтажнымъ строеніямъ, при расположеніи главныхъ балокъ вдоль или поперекъ зданія на значительномъ разстояніи другъ отъ друга. Для набивки бетона вмѣсто деревянной платформы располагаютъ изогну-

тые листы кровельнаго желѣза (чер. 7, л. 9), которые подвѣшиваются къ балкамъ особыми скобами; при этомъ внутреннія поверхности сводиковъ получаются настолько правильны и гладки, что штукатурки не требуется.

Надъ ребристыми покрытіями были произведены испытанія нагрузкой до полнаго разрушенія, при чемъ получились слѣдующіе результаты:

Обрушенію подвергалось покрытіе при пролетѣ $l = 4{,}8$ м., толщинѣ бетона $e = 5$ см., высотѣ балокъ 8 см., разстояніи между ними $b = 25$ см. и площади поперечнаго сѣченія F двутавровой балки № 8, равной 7,6 кв. см.

Собственный вѣсъ покрытія $q = 175$ кг. на кв. м.

Разсчетная допускаемая нагрузка—325 кл. на кв. м. Обрушеніе послѣдовало при временной нагрузкѣ 2.565 кл. на кв. м.

Прогибы измѣрялись посреди̇нѣ пролета особымъ рычажнымъ приборомъ, при чемъ полученная діаграмма обнаружила, что пропорціональность между прогибами и нагрузками продолжается до груза $q = 750$ кл. на кв. м., слѣдовательно, допускаемая (разсчетная) нагрузка, равная 325 кл. на кв. м., почти вдвое меньше этой предѣльной нагрузки, при которой предѣлъ упругости далеко еще не превзойденъ, такъ какъ далѣе, до нагрузки въ 1.500 кг. получаемая кривая почти не отличается отъ прямой, поэтому допускаемая нагрузка оказывается въ $\frac{1500}{325} = 4{,}6$ раза меньше наибольшей нагрузки, полученной путемъ опыта. Отсюда можно заключить, что это покрытіе вообще обладаетъ значительною упругостью, предѣлъ которой превышаетъ допускаемую нагрузку въ 4 раза.

Обыкновенно принимаютъ при разсчетѣ желѣзо-бетонныхъ покрытій за предѣлъ прочнаго сопротивленія:

1) для бетона состава 1 : 3 при сжатіи . . . . 30 кл. на кв. см.
2) „ „ „ „ „ растяженіи . . 3 „ „ „ „
3) для желѣза при растяженіи . . . . . 750 „ „ „ „

Между тѣмъ опытъ показываетъ, что возможно допустить напряженіе и въ 50 кл. на кв. см., такъ какъ нормальные образцы изъ хорошаго цемента съ 3-мя объемами песку, черезъ 6 мѣсяцевъ по изготовленіи, обладаютъ временнымъ сопротивленіемъ раздробленію въ 350 кл. на кв. см. Слѣдовательно, при допущеніи сопротивленія на сжатіе въ 50 кл. мы получаемъ семикратную надежность.

Точно такъ же для желѣза при отсутствіи ударовъ и сотрясеній можно смѣло принять на растяженіе 1.000 кг. на кв. см.

Практическій разсчетъ покрытія ребристой системы заключается въ слѣдующемъ *): предположимъ, что мы имѣемъ ребристое междуэтажное покрытіе, элементъ котораго въ поперечномъ и продольномъ разрѣзѣ изображенъ на чер. 445, при чемъ количество и расположеніе желѣза подобрано такъ, чтобы нейтральная ось oo касалась верхнихъ полокъ двутавровыхъ балокъ. При такомъ условіи получается наивыгоднѣйшее распредѣленіе матеріаловъ, такъ какъ главная масса бетона, лежащая выше нейтральнаго слоя, будетъ подвержена исключительно сжатію, а желѣзо одному растяженію. Незначительное количество бетона ниже нейтральнаго слоя можетъ оказать ничтожное сопротивленіе растяженію, поэтому можетъ быть не принято

*) Н. Житкевичъ. „Плоскія междуэтажныя покрытія“.

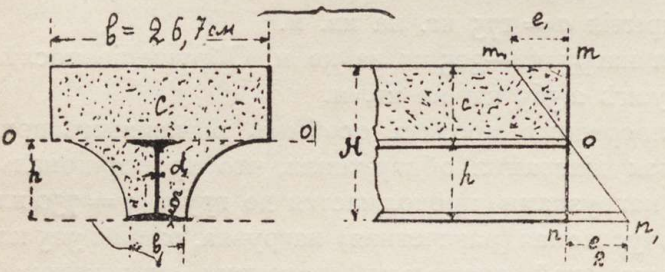
въ расчетъ. Такимъ образомъ бетонъ ниже нейтральнаго слоя будетъ служить только для связи желѣза съ главною массой бетона и для загражденія матеріала отъ непосредственнаго дѣйствія пламени, что очень важно.

Поэтому, для возможно меньшаго расхода бетона, шелыги сводиковъ должны касаться нейтральнаго слоя, то-есть подъемъ ихъ долженъ равняться высотѣ балокъ.

Для примѣрнаго расчета положимъ, что требуемая высота покрытія

$$H = 20 \text{ см.}$$

Чер. 445.



Для бо́льшаго запаса надежности, въ виду различныхъ условій производства работъ и качества матеріаловъ, примемъ:

Для бетона $R_1 = 30$ кл. на кв. см.

Для желѣза $R_2 = 750$ кл. на кв. см.

Полезная нагрузка $g = 350$ кл. на кв. м., соотвѣтствующей средней нагрузкѣ для жилыхъ строеній.

Требуется опредѣлить:

1) Наивыгоднѣйшій пролетъ l, то-есть разстояніе между главными поперечными балками или между стѣнами.

2) Наименьшую толщину бетона c.

3) Высоту h желѣзныхъ двутавровыхъ балочекъ и ихъ размѣры.

4) Разстояніе между ними b.

Положимъ, что

$$H = c + h = 20 \text{ см.} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (a).$$

Если допустить, что поперечное сѣченіе mn въ срединѣ покрытія, при деформаціи вслѣдствіе нагрузки, оставаясь плоскимъ и прямолинейнымъ, приметъ положеніе m_1n_1, то, называя черезъ e_1 и e_2 измѣненіе длины крайнихъ частицъ бетона и желѣза, изъ подобія треугольниковъ omn_1 и onn_1 получимъ:

$$e_1 : e_2 = c : h.$$

Но мы знаемъ изъ сопротивленія матеріаловъ, что удлиненіе прямо пропорціонально наибольшему напряженію матеріала (R) и обратно пропорціонально коэффиціенту упругости (E), поэтому

$$e_1 = \frac{R_1}{E_1}; \; e_2 = \frac{R_2}{E_2}.$$

Вставляя эти величины въ предшествовавшее уравненіе, получимъ:

$$\frac{R_1}{E_1} : \frac{R_2}{E_2} = c : h \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (b).$$

Для бетона состава 1:3 на практикѣ коэффиціентъ упругости E_1 принимается равнымъ 80.000 кл. на кв. см. Такая малая величина сравнительно съ вышеприведенной (болѣе 200.000) принимается потому, что на практикѣ трудно услѣдить за производствомъ работъ и быть увѣреннымъ въ надлежащей степени влажности, перемѣшиваніи и утрамбовкѣ бетона.

Для желѣза $E_2 = 2.000.000$ кл. на кв. см.

Подставивши въ уравненіе (b) вмѣсто R_1, R_2, E_1, E_2 ихъ величины, получимъ:

$$\frac{R_1 E_2}{R_2 E_1} = \frac{30 \,.\, 2000000}{80000 \,.\, 750} = \frac{c}{h} = 1, \text{ то-есть} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (c).$$

$$c = h \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (d).$$

Слѣдовательно, при сдѣланныхъ предположеніяхъ наименьшая толщина бетона равна высотѣ балки, а такъ какъ $2c = 20$, то при балкѣ высотою

$$h = 10 \text{ см.}, \quad c = 20 - 10 = 10 \text{ см.} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (e)$$

Если нормальнаго профиля балка имѣетъ высоту $h = 10$ см., то ширина ея пояса $b = 0{,}4\ h + 1$ см. (см. табл. въ концѣ книги), т.-е. $= 5$ см.

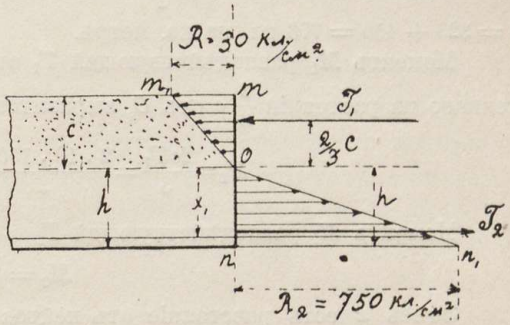
Толщина стѣнки $d = 0{,}03\ h + 0{,}15$ см., т.-е. $= 0{,}45$ см. и толщина пояса $t = 0{,}68$ см.

Площадь поперечнаго сѣченія балки $F = 10{,}6$ кв. см. и вѣсъ 1 пог. метра $= 8{,}3$ кл.

Опредѣлимъ разстоянія между балочками.

Допустимъ, что при ширинѣ покрытія $= 100$ см. равнодѣйствующая всѣхъ внутреннихъ сжимающихъ силъ выразится черезъ T_1 (чер. 446) и равнодѣйствующая внутреннихъ растягивающихъ силъ для желѣза T_2.

Чер. 446.



Для равновѣсіи выдѣленной половины покрытія, лежащей влѣво отъ сѣченія mn (чер. 446), необходимо, чтобы

1) $T_1 = T_2$; 2) $M = W$, т.-е.

чтобы моментъ внѣшнихъ силъ M относительно нейтральной оси O сѣченія mn равнялся суммѣ моментовъ (моменту сопротивленія W) внутреннихъ силъ T_1 и T_2 относительно той же оси.

Въ первомъ условіи усиліе T_1, (напряженіе на сжатіе поперечнаго сѣченія бетона), можетъ быть выражено графически объемомъ треугольной призмы (чер. 446) у которой основаніе треугольника Omm_1, а высота 100 см., слѣдовательно, принимая сопротивленіе бетона на сжатіе $= 30$ кг.

$$T_1 = \frac{30+0}{2} \times c \times 100 = 1500\ c.$$

Подобнымъ же образомъ въ каждомъ элементѣ покрытія, равномъ 100 см., равнодѣйствующая растягивающихъ силъ T_2, дѣйствующая на поверхность поперечнаго сѣченія стѣнки и нижняго пояса каждой желѣзной балки, выразится объемомъ Omn_1 и пройдетъ черезъ его центръ тяжести.

Если площадь поперечнаго сѣченія всѣхъ желѣзныхъ балокъ на протяженіи 100 см. покрытія обозначимъ черезъ F, то

$$T_2 = F\,\frac{750+0}{2} = 375\ F.$$

Гдѣ 750 кл. на кв. см. наибольшее напряженіе желѣза въ нижнихъ частяхъ балки.

Такимъ образомъ изъ перваго условія равновѣсія получимъ:

$$1500\ c = 375\ F \text{ или } 4\ c = F \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (e),$$

то-есть вообще площадь поперечнаго сѣченія всего желѣза заключаетъ столько квадратныхъ см., сколько линейныхъ см., содержится въ учетверенной толщинѣ бетона, а такъ какъ $c = 10$ см. (урав. e) то, слѣдовательно, $F = 4 \times 10 = 40$ кв. см.

Въ балкѣ № 10 (см. таб. въ концѣ книги) поперечнаго сѣченія $F_1 = 10{,}6$ кв. см. поэтому число балокъ n въ элементѣ покрытія 100 см. равно

$$n = \frac{40}{10{,}6} = 3{,}77.$$

Разстояніе между балочками b (чер. 501)

$$b = \frac{100}{3{,}77} = 26{,}5 \text{ см.}$$

Наивыгоднѣйшій пролетъ, при принятыхъ размѣрахъ покрытія опредѣляется изъ 2-го условія равновѣсія:

$$M = \frac{pl^2}{8} = W, \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (f),$$

гдѣ p—полная нагрузка на 1 кв. м. покрытія, W—сумма моментовъ, равнодѣйствующихъ T_1 и T_2 относительно центра O.

Вѣсъ одного кв. м. покрытія, вмѣстѣ съ желѣзными балочками (принимая среднюю толщину бетона $= 10 + \frac{10}{2} = 15$ см.), равенъ 323 кл., поэтому полная нагрузка $p = 323 + 450 = 773$ кл. на кв. метръ.

Моментъ M_1 равнодѣйствующей T_1 относительно центра O (чер. 446), расположеннаго на растояніи $\frac{2}{3}c$ отъ O, выразится:

$$M_1 = \frac{2cT_1}{3} = \frac{2 \cdot 10 \cdot 15000}{3} = 100.000 \text{ кл. сант.}$$

Моментъ M_2 равнодѣйствующей T_2

$$M_2 = T_2 x.$$

Здѣсь x есть разстояніе отъ нейтральнаго слоя до точки приложенія равнодѣйствующей T_2.

Это разстояніе можетъ быть принято

$$x = \frac{5}{6}h = \frac{50}{6} = 8{,}33 \text{ см.},$$

а такъ какъ на основаніи перваго условія равновѣсія $T_1 = T_2$, то, слѣдовательно, $M_2 = T_2 x = 150000 \cdot 8{,}33 = 124950$ кл. см.

Для балки, свободно лежащей на опорахъ,

$$M = \frac{pl^2}{8 \cdot 100},$$

откуда

$$l = \sqrt{\frac{8 \cdot 100 \cdot M}{p}}.$$

Но $M = M_1 + M_2 = 100000 + 124950 = 224950$ кл. см.

Слѣдовательно,

$$l = \sqrt{\frac{224959 \cdot 8 \cdot 100}{773}} = 480 \text{ см.} = 4{,}8 \text{ м.}$$

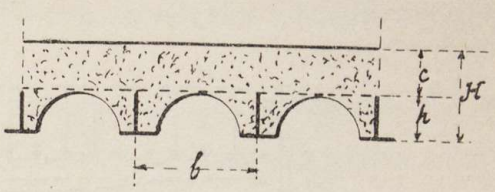
Изъ этого примѣра видно, что, пользуясь приведенными 4-мя уравненіями (a, b, e, f), можно по данному пролету и задавшись толщиною покрытія H, а также предѣльнымъ напряженіемъ бетона и желѣза, опредѣлить изъ уравненія ($M = \frac{pl^2}{8} = W$) полную, равномѣрно распредѣленную нагрузку; высоту же балочекъ, толщину бетона и разстояніе между балочками очень легко получить изъ первыхъ трехъ уравненій ($c + h = 20$ см.; $c = h$; $4c = F$).

Изъ треугольника onn_1 (чер. 446), выражающаго распредѣленіе напряженій внутреннихъ растягивающихъ силъ для желѣзной балочки, видно, что верхній ея поясъ подвергается ничтожнымъ растягивающимъ усиліямъ.

Поэтому для сбереженія желѣза выгоднѣе примѣнять однотавровыя балочки (чер. 447), хотя при этомъ связь между бетономъ и балкой будетъ меньше, такъ какъ уменьшится площадь прикосновенія между бетономъ и желѣзомъ, слѣдовательно, уменьшится сопротивленіе разслаивающему усилію.

Если допустить, что нейтральный слой *OO* при надлежащемъ распредѣленіи желѣза касается ребра однотавровой балки (чер. 445), то разсчетъ покрытія будетъ основанъ на тѣхъ же простыхъ 4 уравненіяхъ, какъ и при двутавровыхъ балкахъ.

Чер. 447.



Ребристыя желѣзо-бетонныя покрытія прочны, красивы и быстро выполняются въ натурѣ, не представляя никакихъ трудностей при производствѣ работъ. Однако, по сравненію съ другими системами, о которыхъ будетъ сказано ниже, все же эта конструкція, даже при употребленіи однотавровыхъ балочекъ вмѣсто двутавровыхъ, требуетъ бо́льшаго количества желѣза. Новѣйшія системы въ этомъ отношеніи выгоднѣе, хотя по конструкціи значительно сложнѣе.

§ 40.

Плоское желѣзо—бетонное покрытіе по системѣ Koenen'a. Въ настоящее время не только на западѣ, но и у насъ, стала нерѣдко примѣняться эта система покрытія, благодаря тому, что въ ней весьма выгодно распредѣляются бетонъ и желѣзо, вслѣдствіе чего является, прочность, простота и дешевизна устройства.

Въ 1899 году, на одной изъ московскихъ фабрикъ была примѣнена эта конструкція какъ заполненіе между балками, расположенными на разстояніи 6 метровъ одна отъ другой.

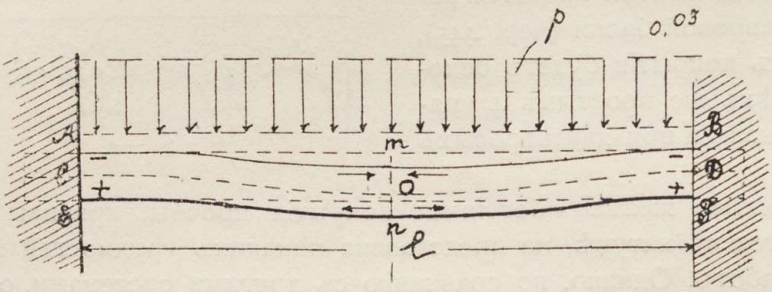
При устройствѣ покрытій работа производится слѣдующимъ образомъ: первоначально (чер. 8, листъ 9) приготовляется сплошная опалубка, соотвѣтствующая формѣ нижней поверхности покрытія, т.-е. горизонтальной плоскости съ закругленнными углами. Въ поперечномъ направленіи на разстояніи отъ 6 до 10 см. одна отъ другой располагаются прутья толщиною въ 5, 13, 20 мм. Прутьямъ придается посрединѣ прогибъ около $^{9}/_{10}$ толщины покрытія; концы прутьевъ загнуты и захватываютъ верхнія полки смежныхъ балокъ (чер. 8, листъ 9), располагаясь вперемежку, какъ показано на томъ же чертежѣ въ планѣ. Все это затрамбовывается бетонной массой, выравнивается подъ ватерпасъ и черезъ 28 дней раскружаливается, при чемъ образуется покрытіе въ видѣ зеркальнаго свода толщиною отъ 10 до 25 см. Вообще эти размѣры зависятъ отъ величины пролета и нагрузки.

При ширинѣ помѣщенія меньше 6 метровъ можно обойтись безъ двутавровыхъ балокъ и расположить концы покрытія на стѣнахъ. Для закрѣпленія концовъ желѣзныхъ прутьевъ располагаются вдоль стѣнъ желѣзныя полосы (чер. 9, листъ 9), поддерживаемыя анкерами *e* и *f*, задѣланными въ

кладку стѣны. Такимъ образомъ количество желѣза значительно уменьшается и является возможность примѣнять это покрытіе при самыхъ разнообразныхъ условіяхъ.

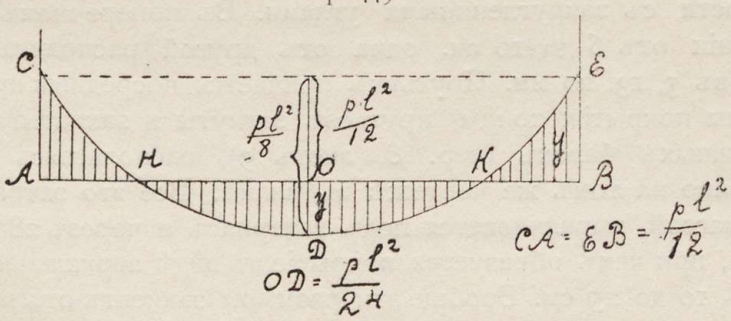
Преимущество системы Könen заключается въ томъ, что въ ней желѣзо и бетонъ располагаются вполнѣ отвѣчая тѣмъ внутреннимъ напря-

Чер. 448.



женіямъ, которыя проявляются въ балкѣ, задѣланной концами въ стѣну и равномѣрно нагруженной, что и соотвѣтствуетъ разсматриваемому нами плоскому покрытію. Въ такой балкѣ (чер. 448) въ среднемъ сѣченіи *mn* получится наибольшій прогибъ и всѣ частицы выше нейтральнаго слоя *O* будутъ сжаты, а ниже—растянуты; при этомъ напряженія этихъ внутреннихъ сжимающихъ и растягивающихъ силъ будутъ увеличиваться по мѣрѣ удаленія отъ нейтральнаго слоя, такъ что наибольшія сжимающія усилія получатся въ частицахъ верхней поверхности *m*, а наибольшія растягивающія—въ частицахъ нижней поверхности *n*. Въ сѣченіяхъ *AE* и *BF*, взятыхъ у защемленныхъ концовъ, распредѣленіе внутреннихъ силъ будетъ обратное, то-есть всѣ частицы выше нейтральнаго слоя *CD* — растянуты, а ниже его сжаты, и наибольшія напряженія получаются въ верхнихъ и нижнихъ наружныхъ частицахъ. Желѣзо лучше всего сопротивляется растяженію, а бетонъ — сжатію; поэтому для извлеченія наибольшей выгоды изъ сочетанія этихъ двухъ матеріаловъ, желѣзные прутья надо располо-

Чер. 449.



жить и закрѣпить такъ, какъ показано въ описываемой системѣ. Тогда можно съ увѣренностью расчитывать, что въ наиболѣе опасныхъ сѣченіяхъ, то-есть посрединѣ и близъ опоръ желѣзные прутья будутъ сопротивляться главнымъ образомъ растяженію, бетонъ же—сжатію.

Внѣшній изгибающій моментъ такой балки съ закрѣпленными концами при нагрузкѣ p на единицу ея длины можетъ быть опредѣленъ въ любой точкѣ графически построеніемъ параболы (чер. 449) со стрѣлкою, равной $\frac{pl^2}{8}$, и горизонтальной прямой AB, проведенной на разстояніи $\frac{pl^2}{12}$ отъ линіи CE, соединяющей начальныя точки параболы. Величина $AC = EB$ и соотвѣтствуетъ наибольшему моменту внѣшнихъ силъ у закрѣпленныхъ концовъ.

Слѣдовательно, въ срединѣ мы имѣемъ изгибающій моментъ $\frac{pl^2}{8} - \frac{pl^2}{12} = \frac{pl^2}{24}$, въ точкахъ H и K моментъ равенъ 0, у опоръ моментъ достигаетъ наибольшей величины, то-есть $\frac{Pl^2}{12}$.

Система эта имѣетъ слѣдующія преимущества:

1) При ничтожной толщинѣ покрытія желѣзо и бетонъ утилизируются полностью, при этомъ желѣзо прутьевъ и двутавровыхъ балокъ прикрыто и предохранено бетономъ отъ ржавчины и непосредственнаго дѣйствія высокой температуры.

2) При значительныхъ пролетахъ (6 метровъ) замѣчается отсутствіе горизонтальнаго распора, требующаго въ другихъ конструкціяхъ толстыхъ стѣнъ или желѣзныхъ связей.

3) Въ архитектурномъ отношеніи нижнія поверхности покрытія представляютъ большія плоскости съ красивыми поддугами, хорошо поддающіяся архитектурно-художественной обработкѣ.

4) Незначительная толщина покрытія мало стѣсняетъ высоту помѣщеній и позволяетъ устраивать болѣе высокія окна, что имѣетъ особенное значеніе для фабрикъ, школъ и т. п. зданій.

5) Верхняя поверхность покрытія представляетъ одну плоскость, не требуетъ забутовки и вполнѣ готова для расположенія на ней чистаго пола.

Въ жилыхъ частныхъ домахъ или вообще тамъ, гдѣ необходимо уменьшить звуко- и тепловодность, верхняя поверхность покрывается деревяннымъ поломъ, или linoleum'омъ, съ подкладкой картона или войлока, пропитаннаго гудрономъ или другими антисептическими веществами; наконецъ, можно прямо устроить подрѣшетку и паркетный полъ съ засыпкою какимъ-либо сыпучимъ дурнымъ проводникомъ или расположить дубовыя фанеры по асфальтовой мастикѣ, какъ указано на чер. 470.

Для опредѣленія размѣровъ покрытія *) системы Könen'a необходимо предварительно принять извѣстную нагрузку p на кв. м., состоящую изъ временнаго груза p_1 и вѣса самой бетонной плиты p_2, послѣднее можетъ быть взято приблизительно, полагая среднюю толщину бетона на 12 см., а вѣсъ куб. м. бетона въ 2000 кг., что и дастъ вѣсъ 1 кв. метра въ 240 кг.

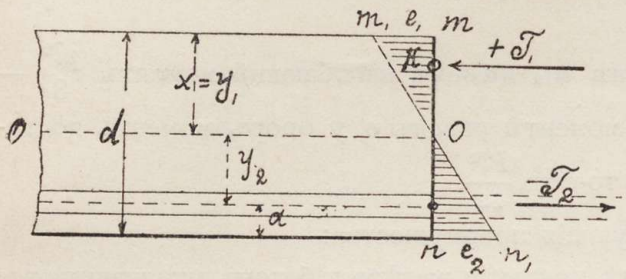
Временная нагрузка задается и можетъ быть принята въ обыкновенныхъ случаяхъ отъ 300 до 750 кг. на кв. м., среднее около 500 кг.

*) Н. Житкевичъ. „Плоскія междуэтажныя покрытія“.

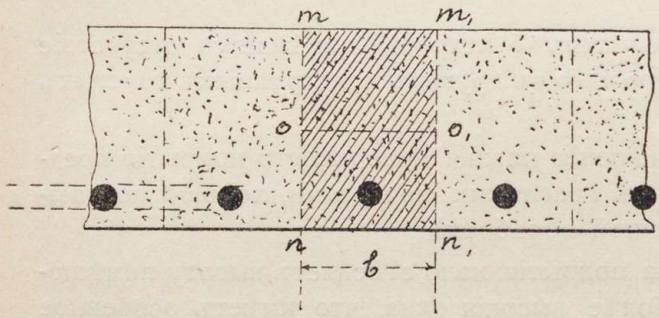
Итакъ, необходимо опредѣлить: толщину покрытія d общую площадь F поперечнаго сѣченія всѣхъ прутьевъ при ширинѣ плиты $= b$; площадь f — каждаго прута; ихъ число n и разстояніе между ними e.

Возьмемъ одинъ элементъ шириною b (чер. 450 и 451) отъ плиты, заполняющей промежутокъ между двумя двутавровыми балками и примемъ этотъ элементъ за упругую балку съ закрѣпленными концами. Чер. 450 представляетъ сѣченіе желѣзо-бетоннаго заполненія поперекъ, а чер. 451—вдоль балокъ.

Чер. 450.



Чер. 451.



Назовемъ черезъ y_1 (чер. 450) разстояніе отъ верхнихъ частицъ бетона до нейтральнаго слоя o; черезъ y_2 — разстояніе отъ центра тяжести поперечнаго сѣченія прута до нейтральнаго слоя; черезъ a—разстояніе отъ этого же центра тяжести до нижней поверхности бетонной плиты. Изъ чертежа 450 видно, что

$$y_1 + y_2 + a = d \quad \ldots (1).$$

Допуская, что при прогибѣ среднее плоское сѣченіе mn приметъ положеніе m_1n_1, при чемъ наибольшее сжатіе верхнихъ частицъ бетона $= e_1$ и наибольшее удлиненіе желѣзнаго прута $= e_2$, мы получимъ изъ подобія треугольниковъ mm_1o и nn_1o

$$\frac{e_1}{e_2} = \frac{y_1}{y_2} \quad \ldots\ldots (2).$$

Или, принимая во вниманіе, что при упругой деформаціи наибольшее допускаемое напряженіе R_1 при сжатіи равно e_1E_1, и наибольшее допускаемое напряженіе R_2 для желѣза при растяженіи равно e_2E_2, гдѣ E_1 и E_2 соотвѣтствующіе коэффиціенты упругости, получимъ:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{e_1E_1}{E_2e_2} = \frac{y_1E_1}{y_2E_2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

Для равновѣсія выдѣленной части покрытія необходимо:

1) Чтобы сумма проекцій всѣхъ силъ на горизонтальную ось равнялась нулю и

2) Сумма моментовъ всѣхъ внутреннихъ силъ, являющихся въ сѣченіи mn относительно центра O этого сѣченія, равнялась бы суммѣ моментовъ внѣшнихъ силъ относительно той же точки.

Если принять, что наибольшее допускаемое напряженіи при сжатіи бетона $R_1 =$ $= 30$ кл. на кв. см., отложить (чер. 452) $ma = R_1$ и соединить точку a съ точкою o нейтральной оси, то напряженіе внутренней сжимающей силы любой частицы бетона на разстояніи v отъ нейтральной оси o выразится отрѣзкомъ t параллельнымъ $ma =$ $= R_1$ и заключеннымъ между прямыми mo и ao. Отсюда слѣдуетъ, что равнодѣйствующая $+ T_1$ всѣхъ сжимающихъ внутреннихъ силъ для бетона можетъ быть выражена объемомъ призмы $amm_1\ a_1o_1o$ съ треугольнымъ основаніемъ oma, равнымъ $\frac{R_1y_1}{2}$ и съ высотою $mm_1 = b$, то-есть ширинѣ взятаго элемента покрытія.

Такимъ образомъ $+ T_1 = \frac{R_1y_1b}{2}$.

Эта равнодѣйствующая $+T_1$ всѣхъ внутреннихъ сжимающихъ силъ для бетона должна пройти черезъ центръ тяжести указанной треугольной призмы (чер. 452), то-есть черезъ центръ тяжести треугольника *отa* (чер. 452) или черезъ точку *K*, чер. 450. Поэтому разстояніе отъ равнодѣйствующей $+T_1$ до нейтральной оси *O* выразится:

$$oK = \frac{2y_1}{3}.$$

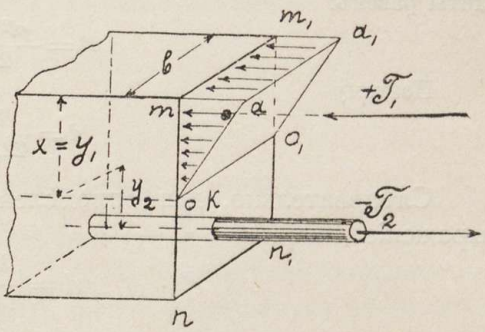
На основаніи изложеннаго, первое условіе статистическаго равновѣсія, то-есть чтобы сумма проекцій всѣхъ силъ на горизонтальную ось равнялась нулю, принимая сложную площадь поперечныхъ сѣченій всѣхъ желѣзныхъ прутьевъ $= F$, выразится такъ:

$$\frac{R_1 \cdot y_1 \cdot b}{2} - R_2 F = O,$$

или

$$\frac{R_1 \cdot y_1 \cdot b}{2} = R_2 \cdot F \quad \ldots\ldots (4)$$

Чер. 452.



Второе же условіе равновѣсія, выдѣленной части покрытія, требующее, чтобы сумма моментовъ всѣхъ внутреннихъ силъ, дѣйствующихъ въ сѣченіи *mn* (чер. 450) относительно центра тяжести *o* этого сѣченія равнялась суммѣ моментовъ внѣшнихъ силъ относительно той же точки *o*, выразится:

$$\frac{R_1 \cdot y_1 \cdot b}{2} \cdot \frac{2y_2}{3} + R_2 \cdot F \cdot y_2 - M = O,$$

или

$$\frac{R_1 \cdot y_1^2 \cdot b}{3} + R_2 \cdot F \cdot y_2 = M \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5).$$

Если принять $R_1 = 30$ кл. на кв. см.; $R_2 = 750$ кг., а отношеніе коэффиціентовъ упругости (E_1) бетона и (E_2) желѣза какъ 80.000 относится къ 2.000.000, т.-е. какъ 1 : 25, то изъ уравненія (3) получимъ:

$$\frac{30}{750} = \frac{1y_1}{25y_2}, \text{ или } y_1 = y_2.$$

То-есть что нейтральная ось должна находиться на равномъ разстояніи какъ отъ крайнихъ частицъ бетона, подверженныхъ сжатію, такъ и отъ средины желѣзнаго прута, подверженнаго растяженію.

При ширинѣ плиты $b = 100$ см. изъ уравненія (4) имѣемъ:

$$\frac{30 \cdot y_1 \cdot 100}{2} = F \cdot 750 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (6),$$

отсюда

$$F = 2y_1 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (7).$$

Подставляя эти значенія въ уравненіе 5, получимъ:

$$\frac{30 \cdot y_1^2}{3} \cdot 100 + 2y_1 \cdot 750 y_1 = M,$$

или

$$2500\, y_1^2 = M,$$

откуда

$$y_1 = \frac{1}{50}\sqrt{M} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (8).$$

Прутья, подверженные растяженію, выгоднѣе расположить возможно ближе къ нижней поверхности покрытія. Такъ какъ мы видѣли, что $y_1 = y_2$, то принимая $a = \frac{d}{10}$ изъ уравненія (1), получимъ:

$$2y_1 + \frac{d}{10} = d;\ d = \frac{20y_1}{9} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (9)$$

Вставляя въ это выраженіе вмѣсто y_1 его величину изъ урав. 8, имѣемъ:

$$d = \frac{1}{22{,}5}\sqrt{M},$$

а при ширинѣ плиты $b = 100$ см. моментъ M внѣшнихъ силъ относительно средины плиты равенъ:

$$M = \frac{pl^2 100}{24} \text{ кг. см.}$$

Поэтому

$$d = \frac{l \cdot 10}{22{,}5 \cdot 4{,}9}\sqrt{p}.$$

Слѣдовательно, для опредѣленія d мы получаемъ очень несложное выраженіе

$$d = \frac{l}{11}\sqrt{p} \text{ см.} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (8).$$

Т.-е. что толщина въ сантиметрахъ бетоннаго заполненія по системѣ Könen, при принятыхъ нами коэффиціентахъ, равна $^1/_{11}$ отъ разстоянія между балками въ метрахъ, помноженной на корень квадратный изъ нагрузки въ килограммахъ на одинъ квадратный метръ.

Изъ уравненія 9-го мы имѣемъ:

$$y_1 = \frac{9d}{20}.$$

Опредѣляя изъ уравненія 6-го величину (F) всей площади поперечныхъ сѣченій проволокъ на протяженіу 100 см. покрытія, получимъ:

$$F = \frac{30 \cdot y_1 \cdot 100}{2 \cdot 75^0}.$$

Вставляя вмѣсто y_1 его величину, получаемъ:

$$F = \frac{30 \cdot 9 \cdot 100 \cdot d}{2 \cdot 75^0 \cdot 20} = \frac{9}{10}\, d \text{ см}^2.,$$

то-есть, что сложная площадь всѣхъ прутьевъ на протяженіи 100 см. ширины покрытія равна $^9/_{10}$ отъ линейной величины его толщины.

Задаваясь толщиною прутьевъ, а слѣдовательно ихъ поперечнымъ сѣченіемъ f, мы получимъ число прутьевъ $n = \frac{F}{f}$, а разстояніе между прутьями найдется изъ уравненія $\gamma = \frac{100}{n}$.

Напримѣръ, если $l = 3{,}55$ метра $= 5$ аршинамъ.

$$p = 700 + 240 = 940 \text{ кл.},$$

то

$$d = \frac{3{,}55}{11} \times \sqrt{940} \infty = 10 \text{ см.}$$

$$F = \frac{9 \cdot d}{10} = 9 \text{ кв. см.}$$

Принимая толщину желѣзныхъ прутьевъ $\delta = 1$ см., площадь поперечнаго сѣченія $f = \frac{\pi\delta^2}{4} = \frac{3{,}14}{4} = 0.79$ кв. см.; а число прутьевъ

$$n = \frac{F}{f} = \frac{9}{0{,}79} = 12 \text{ штукъ.}$$

Разстояніе между прутьями

$$e = \frac{100}{12} = 8{,}3 \text{ сант.}$$

§ 41.

Система Хеннебикъ (Le cimment armè).

Если мы можемъ приготовить плиту Монье для перекрытія промежутка между желѣзными балками, то стоитъ только измѣнить ея поперечное сѣченіе, увеличить его размѣры и придать плитѣ форму бруса, съ введеніемъ въ нижнюю его часть полосового, болтоваго или тавроваго желѣза, и мы получимъ бетонно-желѣзную балку. Устроивъ между такими главными балками второстепенныя, меньшаго поперечнаго сѣченія и той же конструкціи, и покрывъ образовавшуюся такимъ образомъ клѣтку бетоннымъ слоемъ, мы получимъ потолокъ, построенный по этой системѣ.

Необыкновенная простота конструкціи, ея раціональность, удобство и быстрота выполненія сдѣлали ея за послѣднее время во Франціи, да и въ другихъ государствахъ Европы и Америки, наиболѣе распространенной. Честь разработки и примѣненія этой системы принадлежитъ швейцарскому инженеру Hennebique.

Самая простая форма бетонно-желѣзной балки въ ея поперечномъ сѣченіи—прямоугольникъ (чер. 1, л. 10), какъ часть или какъ элементъ бетонной плиты mm_1nn_1 (чер. 451); болѣе же раціональная форма съ тѣмъ же сопротивленіемъ—форма трапеціи (чер. 2, л. 10). Здѣсь ненужная часть бетона, расположенная ниже нейтральной оси и подверженная растяженію, уменьшена до minimum'a, что вмѣстѣ съ тѣмъ уменьшаетъ и вѣсъ балки. Оставшаяся въ нижней части поперечнаго сѣченія бетонная масса необходима во-1-хъ, для связи бетонной балки съ желѣзомъ, а во-2-хъ, для огражденія металла отъ ржавчины и непосредственнаго дѣйствія пламени во время пожара.

Такая конструкція представляетъ много преимуществъ сравнительно со сводчатыми заполненіями между балками по отношенію къ архитектурной обработкѣ потолка, такъ какъ даетъ возможность устроить его совершенно открытымъ, украсивъ галтелями, какъ показано на чер. 3 и 4, л. 10.

Сверхъ покрытія можетъ быть устроенъ какой угодно чистый полъ: деревянный, асфальтовый, изъ гончарныхъ плитъ и проч.

На фигурѣ 5 того же листа показано междуэтажное покрытіе самаго простого вида, состоящее изъ ряда такихъ балокъ съ промежутками, заполненными слоемъ бетонной массы, на которомъ расположенъ деревянный полъ. Вся конструкція связана въ одно цѣлое и представляетъ одно монолитное бетонное покрытіе. Подъ дѣйствіемъ равномѣрно распредѣленной нагрузки, плиты, расположенныя между желѣзо-бетонными балками, стремятся прогнуться въ вертикальной плоскости, перпендикулярной къ оси балокъ; одновременно съ этимъ каждая балка съ соотвѣтствующимъ участкомъ плиты (чер. 5, л. 10 отъ *a* до *b*) изгибается въ плоскости, проходящей черезъ ось балки.

Поэтому разсчетъ такого покрытія сводится:

1) Къ разсчету плиты съ закрѣпленными концами, принимая за пролетъ разстоянія между смежными ребрами, и

2) Къ разсчету самихъ балокъ или реберъ и плиты шириною отъ 60 до 70 см., разсматривая ихъ какъ одну цѣлую желѣзо-бетонную балку.

Но въ этой системѣ есть существенный недостатокъ: здѣсь перерѣзывающимъ и разслаивающимъ усиліямъ, проявляющимся въ балкѣ при изгибѣ, сопротивляется бетонная масса, имѣющая по отношенію къ этимъ усиліямъ весьма малые коэффиціенты.

На чер. 6 въ поперечномъ, а на чер. 7, листъ 10, въ продольномъ разрѣзѣ изображена часть потолочнаго покрытія съ указаніемъ особенности, характеризующей систему Hennebique, а именно: круглое желѣзо *B*, расположенное въ нижней части балокъ, связано съ частями поперечнаго сѣченія, подверженнаго сжатію, посредствомъ особыхъ скобъ *A* изъ тонкаго полосового желѣза; скобы эти служатъ для противодѣйствія разслаивающему и перерѣзывающему усиліямъ.

Конструкція Hennebique, перекрывающая значительные пролеты, показана на чер. 8 въ разрѣзѣ, перепендикулярномъ къ направленію главныхъ балокъ *A*, и чер. 9, листъ 10, въ разрѣзѣ, параллельномъ къ этимъ балкамъ, то-есть перепендикулярномъ къ направленію второстепенныхъ балокъ *B*. Главныя балки поддерживаются чугунными колоннами *M*.

Вся система потолочнаго покрытія состоитъ:

1) Изъ главныхъ поперечныхъ желѣзо-бетонныхъ балокъ *A*, поддерживаемыхъ опорными стѣнами и колоннами.

2) Второстепенныхъ продольныхъ балокъ *B*, и

3) Плоскаго желѣзо-бетоннаго покрытія *c*, заполняющаго промежутки между второстепенными балками и играющаго роль настила.

Всѣ эти части представляютъ одинъ, сопротивляющійся внѣшнимъ силамъ, желѣзо-бетонный массивъ, благодаря надлежащему распредѣленію желѣза въ массивѣ бетона, соотвѣтствующему тѣмъ напряженіямъ, которыя являются при нагрузкѣ покрытія.

Каждая, вполнѣ вооруженная желѣзомъ, бетонная балка состоитъ (чер. 8, л. 10):

1) Изъ одной или нѣсколькихъ прямыхъ полосъ желѣза *a* круглаго поперечнаго сѣченія, расположенныхъ вдоль нижняго ребра балки.

2) Изъ такого же числа изогнутыхъ полосъ *b*, концы которыхъ распо-

ложены вдоль верхняго ребра балки, средняя же горизонтальная часть касается соотвѣтствующей прямой полосы, находясь съ нею въ одной вертикальной плоскости.

3) Изъ хомутовъ g тонкаго полосового желѣза (чер. 10, л. 10), охватывающихъ снизу прямыя желѣзныя полосы; длина хомутовъ нѣсколько больше высоты балки, такъ что̀ концы ихъ доходятъ до половины толщины плоскаго покрытія.

Всѣ эти металлическія части окружены бетономъ, связывающимъ ихъ въ одну цѣлую желѣзо-бетонную балку.

Плоское покрытіе, перекрывающее промежутки между балками, состоитъ:

1) Изъ прямыхъ желѣзныхъ прутьевъ a (чер. 9, л. 10), расположенныхъ въ направленіи, перпендикулярномъ къ балкамъ и на разстояніи $\frac{1}{6}$ толщины плиты отъ ея нижней поверхности.

2) Изъ такихъ же желѣзныхъ прутьевъ, изогнутыхъ по кривой, но расположенныхъ не въ плоскости прямыхъ прутьевъ, какъ это дѣлается въ балкахъ, а вперемежку съ ними (на чер. 9, л. 10, показано пунктирно).

3) Малыхъ хомутовъ (на чертежѣ не показаныхъ) изъ тонкаго желѣза, схватывающихъ прямые прутья. Бетонъ, окружающій эти части, связываетъ ихъ въ одно цѣлое съ балками.

Для выясненія раціональности расположенія желѣза въ этой системѣ вполнѣ достаточно представить въ общихъ чертахъ тѣ главныя внутреннія силы, которыя развиваются въ покрытіи при нагрузкѣ *). Эти внутреннія силы приводятся въ каждомъ поперечномъ сѣченіи: 1) къ парѣ силъ, вызывающей сжатіе въ частицахъ, расположенныхъ выше нейтральнаго слоя, и—растяженіе—ниже его; 2) къ усиліямъ разслаивающимъ, сопротивляющимся скольженію вдоль нейтральнаго слоя, и 3) къ вертикальнымъ перерѣзывающимъ усиліямъ.

Въ балкѣ, свободно лежащей на двухъ опорахъ A и B (чер. 454 и 455) и подверженной дѣйствію равномѣрно распредѣленной нагрузки моментъ упомянутой пары силъ, въ любомъ поперечномъ сѣченіи, выразится соотвѣтствующей ординатой нѣкоторой параболы AEB (чер. 455), проходящей черезъ точки опоры A и B. Въ сѣченіи mn (чер. 454) въ срединѣ балки величина момента (чер. 455) $= OE$; въ сѣченіи $m_1 n_1 = \alpha\beta$ и т. д.

Усилія разслаивающія опредѣляются ординатами прямыхъ линій OC и OD (чер. 455), проходящихъ черезъ средину балки O и точки C и D, дающія наибольшее значеніе для сѣченій, расположенныхъ надъ опорными точками.

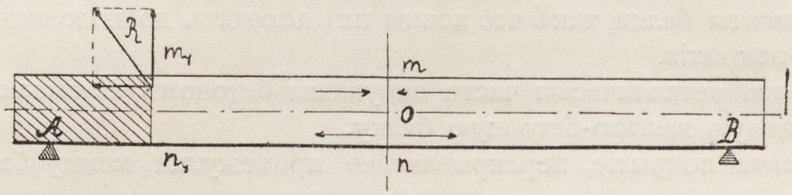
Усилія же перерѣзывающія выразятся ординатами прямыхъ OM и ON, при чемъ наибольшая величина ихъ AM и BN соотвѣтствуетъ опорнымъ точкамъ A и B.

---

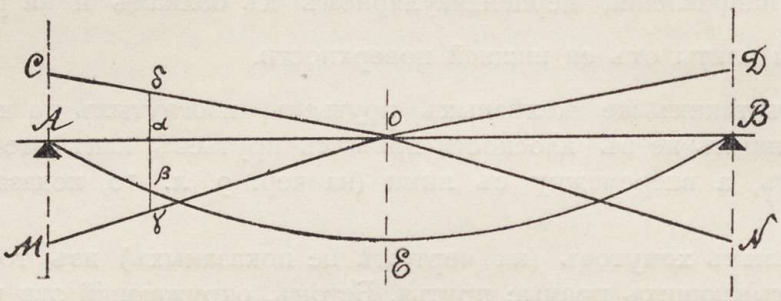
*) Н. А. Житкевичъ. „Плоскія междуэтажныя покрытія“, стр. 88.

Такимъ образомъ въ среднемъ сѣченіи mn (чер. 454), при прогибѣ балки, появятся въ частицахъ выше нейтральнаго слоя однѣ только усилія сжимающія, а въ нижнихъ частицахъ только растягивающія.

Чер. 454.



Чер. 455.

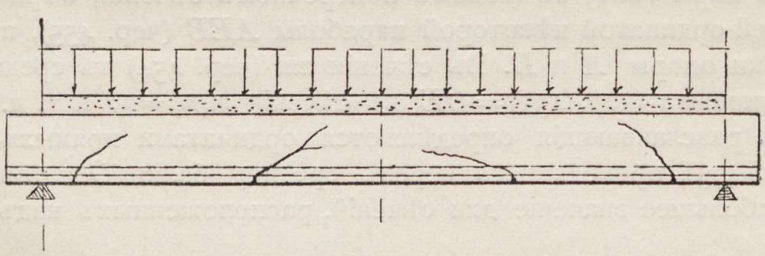


По мѣрѣ удаленія отъ средины O усилія разслаивающія и перерѣзывающія увеличиваются. Въ сѣченіи mn эти усилія $= o$, а въ сѣченіи m^1n^1 ихъ величины выразятся ординатами $a\gamma$ и $a\delta$.

Въ любой частицѣ сѣченія m_1n_1 (чер. 454) равнодѣйствующая этихъ усилій R представитъ такъ называемое к о с о е н а п р я ж е н і е, являющееся въ желѣзо-бетонныхъ балкахъ, имѣющихъ значительную высоту, особенно опаснымъ.

Многочисленные опыты показали, что разрушеніе желѣзо-бетонныхъ балокъ, заключающихъ желѣзныя полосы вблизи нижней поверхности (чер. 453)

Чер. 453.



начинается всегда съ появленіемъ вертикальныхъ трещинъ у средняго сѣченія снизу, предполагая равномѣрно распредѣленную нагрузку. При дальнѣйшей нагрузкѣ у нижней поверхности появляются наклонныя трещины, направленныя отъ опоры къ срединѣ, при чемъ уголъ наклона трещинъ

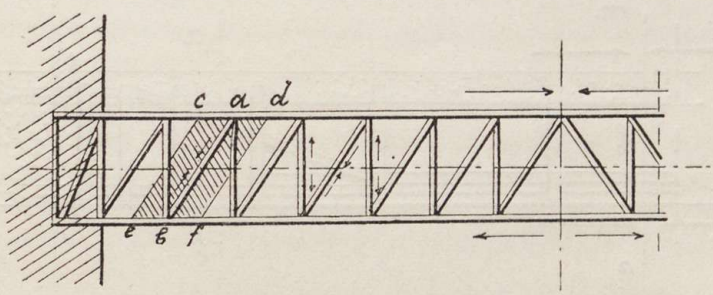
относительно вертикали увеличивается по мѣрѣ приближенія къ опорамъ. При окончательномъ разрушеніи балокъ всегда наблюдаются трещины, отдѣляющія желѣзо отъ остальной массы бетона.

Появленіе этихъ наклонныхъ и горизонтальныхъ трещинъ вызывается сравнительно слабымъ сопротивленіемъ бетона, указаннымъ косымъ и разслаивающимъ напряженіямъ.

Для полученія надлежащаго сопротивленія при значительной высотѣ балокъ инженеръ Hennebique примѣнилъ въ своей системѣ хомуты изъ полосового желѣза (чер. 6, 8 листъ 10) и изогнутыя желѣзныя полосы на основаніи слѣдующихъ соображеній:

Положимъ, что желѣзная рѣшетчатая балка (чер. 456) подвержена дѣйствію равномѣрно распрдѣленной нагрузки. Въ нижнемъ ея поясѣ появляются растягивающія усилія, въ вврхнемъ и въ раскосахъ—сжимающія, а вертикальныя части будутъ растянуты. Если предположимъ затѣмъ, что вся эта балка окружена бетономъ, обладающимъ, съ одной стороны, значительнымъ сцѣпленіемъ съ желѣзомъ, а съ другой — сравнительно большимъ сопротивленіемъ раздробленію, то работу каждаго сжатаго рас-

Чер. 456.



коса *ab* (чер. 456) можетъ выполнить соотвѣтствующій объемъ бетона *cdef*. Точно также верхній сжатый поясъ можетъ быть замѣненъ соотвѣтствующимъ объемомъ бетона.

Такимъ образомъ, стремясь извлечь наибольшую выгоду изъ обоихъ матеріаловъ, данную желѣзную балку можно замѣнить балкой желѣзо-бетонной (чер. 457 и 11, л. 10), въ которой вся масса желѣза, соотвѣтствующая нижнему поясу и вертикалямъ, подвержена только растяженію, бетонъ же сопротивляется всѣмъ сжимающимъ усиліямъ и въ то же время соединяетъ всѣ эти части въ одно упругое цѣлое, благодаря своей силѣ сцѣпленія съ желѣзомъ, устраняющей необходимость склепки желѣзныхъ частей. Проходя сквозь всю толщину балокъ, хомуты противодѣйствуютъ разслоенію, играя роль болтовъ или гвоздей въ составной балкѣ (сплоченной по длинѣ).

Этому же разслоенію въ балкѣ системы Hennebique сопротивляются до нѣкоторой степени изогнутыя полосы *f* (чер. 457).

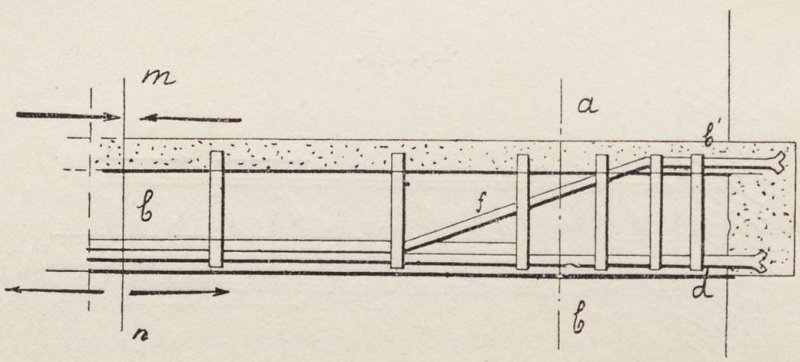
Общее поперечное сѣченіе желѣза, расположеннаго у нижней поверхности балки, опредѣляется по наибольшему изгибающему моменту, соотвѣтствующему среднему сѣченію *mn* (чер 454) Если все это количество

желѣза расположить равномѣрно вдоль нижняго ребра балки, то во всякомъ сѣченіи $m_1 n_1$, взятомъ между срединой балки и опорой, получится нѣкоторый излишекъ желѣза, такъ какъ изгибающій моментъ уменьшается по мѣрѣ приближенія къ опорамъ (чер. 455, кривая AEB).

Примѣняя на практикѣ, для простоты конструкціи, желѣзныя полосы, можно утилизировать этотъ излишекъ желѣза, располагая часть этихъ полосъ по кривой или ломаной линіи bfb^1, приближающейся къ параболѣ, выражающей законъ измѣненія изгибающаго момента при равномѣрно распредѣленной нагрузкѣ. Средняя часть b каждой изогнутой полосы работаетъ исключительно на растяженіе; наклонныя же части f, пересѣкая подъ нѣкоторымъ угломъ всю толщину бетона, подверженную наибольшимъ разслаивающимъ усиліямъ, могутъ оказать значительное сопротивленіе этимъ разслаивающимъ и косымъ напряженіямъ.

Кромѣ того, хомуты и бетонъ, охватывая прямыя и изогнутыя полосы, приводятъ все это къ неизмѣнной треугольной системѣ.

Чер. 457.



Концы изогнутыхъ полосъ, расположенные у верхней поверхности въ концахъ балки, могутъ сопротивляться растяженію, имѣющему здѣсь мѣсто въ томъ случаѣ, если концы балки закрѣплены, или если балка неразрѣзная и поддерживается въ этой части опорой.

Понятно, что въ дѣйствительности невозможно точно опредѣлить въ отдѣльности степень сопротивленія изогнутыхъ полосъ и хомутовъ разслаивающимъ и косымъ напряженіямъ. Практика и многочисленные опыты показали, что въ основу расчета можно принять слѣдующія допущенія:

1) Изогнутыя полосы принимаютъ на себя половину сопротивленія разслаивающимъ напряженіямъ; число этихъ полосъ равно половинѣ всего числа полосъ, необходимыхъ для сопротивленія растяженію въ опасномъ сѣченіи.

2) Хомуты подвержены растяженію и принимаютъ на себя вторую половину сопротивленія разслаивающимъ усиліямъ.

Расчетъ поперечнаго сѣченія балки, а также и желѣзныхъ полосъ, можетъ быть сдѣланъ на основаніи вышеприведенныхъ соображеній при разсмотрѣніи способа разсчета системы Könen.

На растяженіи повѣряется самый крайній хомутъ $b_1 d$, расположенный у опоры, при чемъ, если R_1—прочное сопротивленіе желѣза растяженію, q—поперечное сѣченіе полосы, то условія прочности выразятся:

$$2nqR_1 = P,$$

гдѣ P—то усиліе, которому можетъ быть безопасно подвергнутъ хомутъ, а n—число хомутовъ соотвѣтственно числу горизонтальныхъ полосъ.

Для провѣрки прочности конструкціи Hennebique, въ 1894 году, въ Лозаннѣ, впервые было сдѣлано испытаніе слѣдующаго рода:

Была приготовлена плита изъ цементнаго бетона шириною въ $1^1/_2$ м.; форма и и размѣры ея поперечнаго сѣченія показаны на чер. 12, л. 10. Плита была уложена на двухъ опорныхъ стѣнкахъ при пролетѣ въ 5,26 м. Вдоль плиты въ срединѣ было сдѣлано утолщеніе въ видѣ ребра въ сѣченіи 0,21 $\times$ 0,16 м., въ нижнюю часть котораго введены два прута круглаго желѣза въ діаметрѣ 3 см.; въ самой же плитѣ, имѣвшей толщину 8 см., въ поперечномъ направленіи были заложены круглые прутья въ діаметрѣ 1,2 см. Обѣ системы прутьевъ соединялись между собой хомутиками изъ плоскаго желѣза 2 $\times$ 0,15 см.

Вся эта конструкція перекрытія была разсчитана на грузъ 3500 кг. (566 кг. на 1 кв. м.), временное же сопротивленіе ея опредѣлялось въ 7000 кг.

Желѣзныя полосы въ двухъ мѣстахъ были обнаружены для удобства наблюденія за деформаціей этихъ частей во время испытанія.

Первая нагрузка этой плиты была произведена въ декабрѣ 1893 года въ 5000 кл. мѣшками съ пескомъ, равномѣрно распредѣленныхъ по длинѣ всей плиты; при этомъ получился прогибъ въ 4 мм., напряженіе же желѣза, по прибору Френкеля, равнялось 4,96 кл. на кв. мм.

По снятіи груза стрѣла прогиба, постепенно уменьшаясь, дошла до o, при чемъ напряженіе желѣза тоже убывало постепенно.

Въ февралѣ 1894 г. плита была снова равномѣрно загружена, на этотъ разъ 7.000 кл., при чемъ получился прогибъ въ 5,3 мм., и два измѣрителя Френкеля, поставленные въ двухъ мѣстахъ, показали напряженіе желѣза въ 5,51 кл. на кв. мм. Прогибъ по снятіи нагрузки совершенно уничтожился и плита приняла первоначальную форму.

Черезъ шесть мѣсяцевъ, въ августѣ того же года, испытанія съ той же плитой возобновились снова, при чемъ при нагрузкѣ, доведенной до 8.000 кл., стрѣла прогиба оказалась въ 9,22 мм., напряженіе желѣза достигло 14,5 кл. и появилась первая легкая трещина на нижней поверхности балки.

Дальнѣйшей нагрузкой предѣлъ упругости былъ достигнутъ лишь при 14.000 кг., послѣ чего нагрузку продолжали увеличивать до 18.000 кл.

Вслѣдствіе сильнаго прогиба, доходившаго до 9,1 см. пришлось переставить инструменты и снять нагрузку, при чемъ, къ удивленію, замѣтили, что балка стала выпрямляться и на другой день стрѣла прогиба равнялась только 0,67 см. Лишь при нагрузкѣ въ 25.000 кл. было достигнуто раздробленіе бетона и паденіе плиты, то-есть при грузѣ почти въ восемь разъ большемъ, чѣмъ тотъ, на который плита была разсчитана.

Такія испытанія несомнѣнно доказываютъ, что подобная конструкція можетъ быть примѣнена совершенно безопасно при весьма значительныхъ пролетахъ, и есть уже примѣры существованія ея надъ пролетами болѣе 12 метровъ.

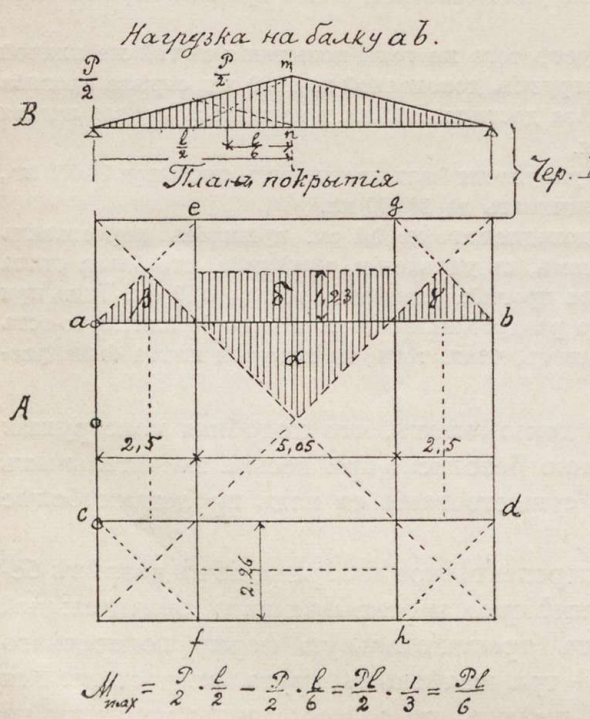
На чер. 13 л. 10 представлено перспективное изображеніе въ разрѣзѣ бетоннаго потолка по системѣ Hennebique, перекрывающаго значительный пролетъ. Главная балка A имѣетъ трапеціодальную форму поперечнаго сѣченія и въ нижней своей части—три желѣзныхъ прута, второстепенныя же балки B, при той же формѣ, имѣютъ по одному пруту; хомутики на

чертежѣ не показаны—они находятся въ массивѣ бетона. Все это связывается и перекрывается общимъ монолитнымъ бетоннымъ слоемъ, который служитъ основаніемъ для чистаго пола изъ асфальта, дерева, гончарныхъ плитокъ, цемента и проч.

Простота и изящество этой конструкціи бросаются въ глаза. Давая возможность самой разнообразной архитектурной обработки, она вмѣстѣ съ тѣмъ внушаетъ полную увѣренность въ прочности и устойчивости.

20 лѣтъ тому назадъ показалась бы чрезвычайно странной мысль о каменныхъ балкахъ. Теперь, однако, мы видимъ, что каменные потолки съ такими же балками являются легкой и прочной конструкціей со всѣми драгоцѣнными качествами этого матеріала, его прочностью, долговѣчностью и огнеупорностью.

Въ исторіи архитектуры мы можемъ указать только на грековъ, которые свои храмы перекрывали каменными балками и иногда довольно значительныхъ размѣровъ; такъ, напримѣръ надъ среднимъ пролетомъ Пропилей аѳинскаго акрополя расположены каменныя балки длиною до 3 саж. Но для этого должны были употреблять исключительно мраморъ, какъ единственный въ своемъ родѣ камень, котораго сопротивленія на растяженіе достигаетъ до 57 кл. на кв. см. Теперь же нѣтъ надобности примѣнять для каменныхъ покрытій столь дорогой и рѣдкій матеріалъ: ciment armé даетъ намъ возможность примѣнять каменную конструкцію покрытій повсемѣстно легко и дешево. Приведемъ какъ примѣръ покрытія, устроеннаго по системѣ Hennebique надъ аудиторіей въ Императорскомъ московскомъ техническомъ училищѣ въ лабораторіи по технологіи волокнистыхъ веществъ и укажемъ его провѣрочный разсчетъ.



$$M_{max} = \frac{P}{2} \cdot \frac{l}{2} - \frac{P}{2} \cdot \frac{l}{6} = \frac{Pl}{2} \cdot \frac{1}{3} = \frac{Pl}{6}$$

Плафонъ потолка аудиторіи (чер. I А) раздѣляется 4-мя желѣзо-бетонными балками *ab*, *cd*, *ef*, *gh* на пять квадратовъ и четыре прямоугольника.

На балку *ab*, какъ это видно изъ чер. плана покрытія, передается равномѣрно распредѣленная нагрузка съ четырехъ частей покрытія: трехъ треугольниковъ (α, β, γ) и одного прямоугольника (δ); части эти на чер. заштрихованы. Совершенно въ такомъ же порядкѣ и такихъ же размѣровъ распредѣляется грузъ и на остальныя три балки, какъ это показано пунктирными линіями. Размѣры этихъ площадей выразятся слѣдующимъ образомъ:

α) $\frac{5{,}05 \times 2{,}5}{2} = 6{,}30$ кв. м.

β) $\frac{2{,}5 \times 1{,}23}{2} = 1{,}54$ „ „

λ) $\frac{2{,}5 \times 1{,}23}{2} = 1{,}54$ „ „

δ) $1{,}23 \times 5{,}05 = 6{,}20$ „ „

Всего . . . 15,58 кв. м.

Покрытіе, по условію, должно было быть испытано нагрузкой въ 350 кг. на кв. м. (100 пуд. на кв. с.), разсчетная же нагрузка принята около $^2/_3$ отъ этой величины, т.-е. въ 240 кг. на кв. м. (77,2 пуд. на кв. с).

Слой бетона, перекрывающій балки (чер. II и III), имѣетъ толщину въ 9 см., что даетъ собственный вѣсъ въ 225 кг. на кв. м. Въ общемъ вся нагрузка составляетъ:

$$240 + 225 = 465 \text{ кг. на кв. м.}$$

Слѣдовательно, на каждую балку, имѣющую въ поперечномъ сѣченіи формы и размѣры, показанные на чер. II, дѣйствуетъ грузъ

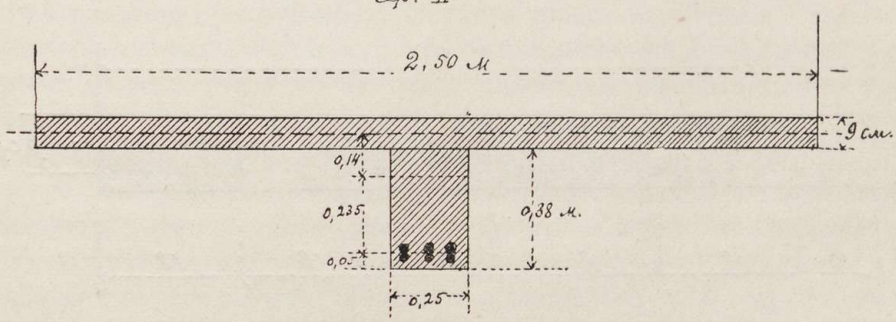
$$P = 15{,}58 \times 465 = 7220 \text{ кг.}$$

Вычитая изъ общей длины балки (10,05) ширину 15 см. опорной балки на колоннахъ и принимая распредѣленіе нагрузки, какъ показано на чер. I, B (въ вертикальной проекціи), моментъ изгиба выразится равнымъ:

$$M = \frac{PL}{6} = \frac{7220 \times 9{,}9}{6} = 11950 \text{ кг. м.}$$

На черт. I A и B показано распредѣленіе усилій и выводъ изъ уравненія моментовъ величины $\frac{Pl}{6}$.

Чер. I



Собственный вѣсъ (Q) желѣзо-бетонной балки выразится $= 0{,}38 \times 0{,}25 \times 9{,}90 \times \times 2500$ кг. $= 2350$ кг.

Здѣсь куб. метръ бетона принятъ въ 2500 кг.

Моментъ изгиба отъ собственнаго вѣса балки

$$M_1 = \frac{Ql}{8} = \frac{2350 \times 9{,}90}{8} = 2900 \text{ кг.}$$

Общій моментъ изгиба

$$M + M_1 = 11950 \text{ кг.} + 2900 \text{ кг.} = 14850 \text{ кг.}$$

Этотъ внѣшній изгибающій моментъ долженъ уравновѣшиваться моментами сопротивленія молекулярныхъ силъ желѣзо-бетонной балки, т.-е. напряженіемъ бетона на сжатіе, а желѣзныхъ полосъ на вытягиваніе.

Въ нашемъ случаѣ, выдѣляя часть покрытія, соотвѣтствующаго одной желѣзобетонной балкѣ, имѣющей въ поперечномъ сѣченіи форму и размѣры, показанные на чер. II, эти моменты молекулярныхъ силъ опредѣляются слѣдующимъ образомъ: нейтральная ось, при данномъ распредѣленіи въ поперечномъ сѣченіи бетона на сжатіе и желѣза на растяженіе, отстоитъ отъ центра тяжести сжатой части на разстояніе 0,14 м. *), слѣдовательно, моментъ сопротивленія на сжатіе равенъ:

$$M_2 = 250 \times 9 \text{ см.} \times 25 \text{ кг.} \times 0{,}14 = 7880 \text{ кг. м.}$$

*) Если разстояніе между центрами тяжести бетонной плиты и желѣза $= H$; сопротивленіе на сжатіе всей площади плиты $= T_1$, а всей площади желѣза $= T_2$, то, обо-

Здѣсь 250 см.—ширина плиты, 9 см.—ея толщина и 25 кг.—сопротивленіе бетона на сжатіе на 1 кв. см.

Для сопротивленія вытягиванію нижней части поперечнаго сѣченія балки—мы имѣемъ 6 желѣзныхъ прутьевъ, круглаго поперечнаго сѣченія въ діаметрѣ $1^1/_4''$, что даетъ поверхность въ 4746 мм^2.; нейтральная же ось находится на разстояніи 0,235 м. отъ центра тяжести двухъ рядовъ этихъ прутьевъ (чер. II), поэтому, принимая сопротивленіе желѣза 7 кг. на кв. мм., моментъ сопротивленія M_3 равенъ

$$M_3 = 4746 \times 7 \text{ кг.} \times 0{,}235 = 7800 \text{ кг. м.}$$

Слѣдовательно, сложный моментъ сопротивленія всѣхъ внутреннихъ силъ желѣзо-бетонной балки равенъ:

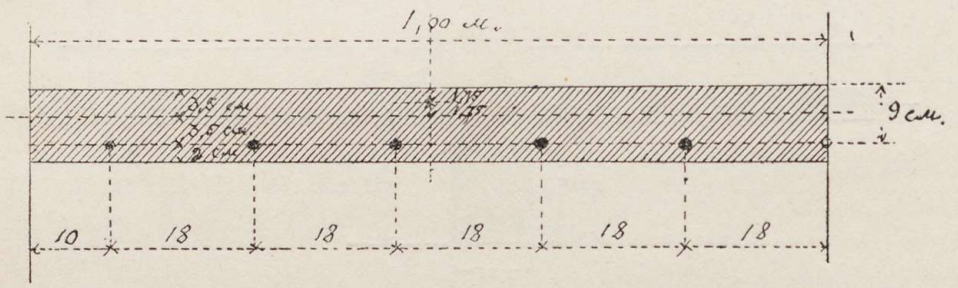
$$M_4 = 7880 + 7800 = 15680 \text{ кг. м.}$$

А такъ какъ внѣшній изгибающій моментъ ($M+M_1$) равенъ 14850 кг. м., то, слѣдовательно, сопротивленіе желѣзо-бетонной балки вполнѣ достаточно.

Желѣзо-бетонная плита, расположенная между балками, провѣряется такъ:

Для примѣра возьмемъ плиту, перекрывающую прямоугольникъ съ разстояніемъ между балками въ 2,25 м., при ширинѣ элемента плиты въ 100 см. (чер. III, разрѣзъ параллельно длинѣ балокъ).

Чер. III.



Полагая нагрузку на кв. м. вмѣстѣ съ собственнымъ вѣсомъ, какъ это указано выше, = 465 кг. и принявъ моментъ изгиба, $M = \frac{Pl^2}{8}$, имѣемъ:

$$M = \frac{465 \times 2{,}25^2}{8} = 294 \text{ кг. м.}$$

Какъ и для балки, сумма моментовъ сопротивленія внутреннихъ молекулярныхъ силъ плиты (на сжатіе и растяженіе) должна быть равна этому внѣшнему моменту.

Располагая прутья на разстояніи 2 см. отъ нижней поверхности плиты (чер. III), разстояніе отъ нейтральнаго слоя до поверхности плиты будетъ 3,5 см. При этомъ мы получаемъ моментъ сопротивленія на сжатіе равнымъ:

$$M = 100 \text{ см.} \times 3{,}5 \text{ см.} \times 25 \text{ кг.} \times 0{,}0175 \text{ м.} = 153 \text{ кг. м.}$$

значая разстояніе отъ нейтральной оси до центра тяжести плиты черезъ x, а до центра тяжести желѣза черезъ y мы имѣемъ:

$$T_1 x = T_2 y, \text{ откуда } T_1 : T_2 = y : x \text{ или}$$
$$T_1 + T_2 : T_2 = y + x : x, \text{ но такъ какъ } x + y = H, \text{ то}$$

$$x = \frac{T_2 \,.\, H}{T_1 + T_2}, \text{ а } y = H - x.$$

Въ нашемъ случаѣ : $T_1 = 56250$ кг., $T_2 = 33222$ кг., и $H = 0{,}375$ м.

$$x = \frac{33222 \,.\, 0{,}375}{89472} \; 0{,}1357 \infty 0{,}14 \text{ м.}$$

А на растяженіе мы имѣемъ:

$5^1/_2$ желѣзн. полосъ діаметромъ $^7/_{16}$ д., что составляетъ сложную поверхность поперечнаго сѣченія полосъ въ 532 мм. Поэтому

$$M_1 = 532 \times 8 \text{ кг.} \times 0{,}035 = 149 \text{ кг. м.}$$

Общій моментъ сопротивленія:

$$M + M_1 = 153 + 149 = 302 \text{ кг. м.}$$

А такъ какъ внѣшній моментъ = 294, то размѣры плиты надо признать вполнѣ достаточными.

§ 42.

Кирпиче-желѣзныя покрытія. Переходимъ къ описанію второй группы новѣйшихъ несгораемыхъ плоскихъ покрытій, то-есть къ покрытіямъ кирпиче-желѣзнымъ. Довольно типичнымъ представителемъ этой конструкціи является система Schurman'a (та же и Klin'a), имѣющая видъ совершенно плоскаго покрытія, сложеннаго изъ обыкновеннаго краснаго кирпича на ребро, но лишь съ введеніемъ въ нижнюю часть плоскихъ желѣзныхъ полосъ. На черт. 1, листъ 11, представлена эта система въ поперечномъ, а на чер. 2 того же листа—въ продольномъ разрѣзѣ, какъ она была исполнена архит. Станекъ, въ домѣ страхового общества „Россія“ въ Москвѣ на Лубянской площади. Работы производились слѣдующимъ образомъ: между желѣзными балками (чертежъ 1), расположенными на разстояніи $2^1/_2$ арш. одна отъ другой, устраивали сплошную горизонтальную досчатую платформу, на которой и возводилась кирпичная кладкл на ребро въ $1^1/_2$ кирпича (чер. 2), со введеніемъ въ кладку желѣзныхъ прокладокъ шириною 60 мм. и толщиною $1^1/_2$ мм., располагаемыхъ ребромъ на разстояніи около 9 верш. одна отъ другой въ нижней части поперечнаго сѣченія покрытія; слѣдовательно между желѣзными полосами помѣщалось 5 четверокъ кирпича вмѣстѣ со швами. Каждая желѣзная пластинка имѣетъ рядъ выпуклостей овальной формы, выдавленныхъ въ разныя стороны. Кирпичи выкладываются на ребро между двумя пластинками (чер. 2), наподобіе того, какъ кладутся перемычки, т.-е. соблюдая нѣкоторую клиновидность швовъ. Растворъ долженъ быть непремѣнно цементный. Снизу потолокъ заштукатуривается, а сверху, въ уровень съ верхними поясами балокъ, располагается слой тощаго бетона или строительный мусоръ, какъ подготовка для асфальтоваго, бетоннаго, деревяннаго или какого-либо другого пола. Благодаря цементному раствору, способному затвердѣвать во всей своей массѣ и крѣпко связывать кирпичи, черезъ 28 дней мы получаемъ сплошной монолитъ, въ нижней части поперечнаго сѣченія котораго вдѣланы желѣзныя пластинки.

Очевидно, что мы и здѣсь имѣемъ дѣло съ тѣмъ же принципомъ желѣзо-бетонной конструкціи, въ которой желѣзо работаетъ на растяженіе, а кирпичъ на сжатіе. Боковому изгибу пластинокъ препятствуетъ масса затвердѣвшаго раствора, хорошо сцѣпляющагося съ желѣзомъ и этимъ придающаго пластинкамъ особую жесткость и высокое сопротивленіе на изгибъ.

Какъ во всякомъ монолитѣ, такъ и въ разсматриваемой кирпичной кладкѣ порядокъ расположенія кирпичей имѣетъ значеніе развѣ только первое время, до затвердѣнія раствора; когда же масса затвердѣетъ, то расположеніе кирпичей не имѣетъ никакого значенія.

Точно также и неровности въ видѣ выпуклостей на поверхности пластинокъ не могутъ имѣть значенія, что, между прочимъ, доказывается тѣмъ, что въ другой совершенно такой же системѣ покрытія (Klein) пластинки употребляются гладкія, сопротивленіе же покрытія одно и то же.

Опыты, произведенные въ домѣ страхового общества „Россія“ въ Москвѣ дали слѣдующіе результаты: отъ груза въ размѣрѣ 470 пуд. на площадь въ 6,25 кв. арш., что составляетъ около 625 пуд. на кв. саж., получился прогибъ въ $2^1/_2$ мм., который по снятіи груза опять выпрямился.

Опредѣляя грузъ, выражающій предѣлъ упругости для 4-хъ желѣзныхъ полосъ и кирпичной кладки, занятой пробной нагрузкой, легко убѣдиться, что при пролетѣ въ 1,77 м. для этого достаточно 240 пуд. На опытѣ же непосредственной нагрузкой конструкція выдержала 470 пудовъ безъ всякой видимой деформаціи.

Для уменьшенія собственнаго вѣса потолка Schurman устраиваетъ такія же покрытія, употребляя въ дѣло пустотѣлый кирпичъ особой формы; самая конструкція отъ этого нисколько не измѣняется, какъ это видно изъ чертежа 3, л. II; разница лишь въ томъ, что здѣсь замыкающій кирпичъ имѣетъ клиновидную форму, хотя это, какъ сказано выше, при монолитной массѣ имѣетъ второстепенное значеніе.

Но самый типичный примѣръ кирпиче-желѣзной конструкціи представляетъ система Donath (чер. 4, л. II), здѣсь мы видимъ полное подражаніе плиткамъ Монье. Устройство ясно изъ чер. 4 и 5, листъ II,—разрѣза покрытія плоскостью, параллельной направленію балокъ.

Для уменьшенія собственнаго вѣса кирпичъ или бруски дѣлаются пустотѣлыми, съ особыми желобками по бокамъ (чер. 5) для введенія въ нихъ горизонтальныхъ полосъ тавроваго желѣза требуемаго поперечнаго сѣченія.

Покрытіе можетъ быть расположено надъ пролетомъ до 6 метровъ, при чемъ толщина его не превосходитъ 13 см., то-есть $^1/_2$ кирпича. Швы между кирпичами и промежутокъ между таврикомъ и кирпичомъ тщательно заполняются цементнымъ растворомъ, вслѣдствіе чего все покрытіе можно разсматривать какъ сплошной монолитъ.

Въ этой системѣ таврики расположены въ нижней части поперечнаго сѣченія и подвергаются при изгибѣ растяженію, а кирпичная масса въ верхней части—сжатію. Нижняя часть кирпичей служитъ главнымъ образомъ для загражденія тавровъ во время пожара для приданія потолку вида горизонтальной поверхности и для связи желѣза съ кирпичомъ.

Хотя пустотѣлый кирпичъ для даннаго случая несомнѣнно цѣлесообразнѣе сплошного, такъ какъ этимъ уменьшается безполезный собственный вѣсъ покрытія, тѣмъ не менѣе система можетъ быть съ выгодой устроена и изъ обыкновеннаго краснаго кирпича, имѣющаго въ торцовыхъ частяхъ желобки, для введенія въ нихъ горизонтальныхъ полосъ тавроваго сѣченія (объ этомъ будетъ сказано ниже).

Для конструкціи подобнаго рода въ особенности пригоденъ такъ называемый трепельный кирпичъ, приготовляемый изъ инфузорной земли или трепела. Матеріалъ этотъ встрѣчается въ природѣ большими

залежами въ видѣ весьма тонкаго порошка, представляющаго скопленіе панцырей микроскопическихъ животныхъ.

Состоя почти изъ чистаго аморфнаго кремнезема, трепелъ въ смѣси съ известью послѣ обжига даетъ прекрасный матеріалъ для приготовленія искусственнаго камня, при чемъ, подвергаясь высокой температурѣ, аморфный кремнеземъ входитъ въ соединеніе съ известью, образуя кремнекислую известь, которая и служитъ цементомъ для связи отдѣльныхъ частицъ трепела въ общую очень твердую массу. По изслѣдованіи этого кирпича, его сопротивленіе раздробленію оказалось около 100 клг. на $см^2$, а вѣсъ только 5,5 фунтовъ, т.-е. почти вдвое меньше обыкновеннаго краснаго.

Для изготовленія этого матеріала берется трепелъ изъ такихъ залежей, гдѣ аморфный кремнеземъ сопровождается значительнымъ количествомъ кристаллическаго кремнезема (кварцеваго песка). Этотъ трепелъ, имѣя твердость мѣла, добывается въ кускахъ, а затѣмъ дробится и смачивается известковымъ молокомъ, въ которомъ растворена въ опредѣленномъ количествѣ поваренная соль. Полученное тѣсто хорошо перемѣшивается и формуется въ кирпичи и брусья нужной формы. По просушкѣ эти кирпичи и брусья обжигаются до температуры, необходимой для образованія известково-натроваго силиката (около 1000^0 С), который и спаиваетъ зерна кварца и трепела.

§ 43.

Система плоскаго потолочнаго покрытія изъ трепельнаго кирпича, предложенная инженеромъ В. Б. Гладковымъ (чер. 6, 7 и 8, листъ 11), мало отличается отъ только что описанной конструкціи Donath и состоитъ въ слѣдующемъ:

На нижнія полки двутавровыхъ балокъ или на опорныя стѣны въ перпендикулярномъ къ нимъ направленіи укладываются желѣзные таврики (чер. 6 и 7) на разстояніи 6 вершковъ одинъ отъ другого. Между этими таврами располагаютъ трепельные кирпичи профиля указаннаго на черт. 8 съ особыми углубленіями въ нижней части, что даетъ возможность горизонтальнымъ полочкамъ тавровъ заходить въ эти углубленія. Размѣръ этихъ углубленій таковъ, чтобы между внутреннею поверхностью углубленія и поверхностью желѣзнаго тавра оставалось пространство 3 — 5 мм. Это пространство, а также швы между отдѣльными кирпичами заполняются цементнымъ растворомъ; при чемъ надо особенно наблюдать за тѣмъ, чтобы заполненіе цементомъ было полное, чтобы не оставалось пустотъ и чтобы поверхность желѣзныхъ тавровъ была сплошь покрыта цементомъ. Достигается это тѣмъ, что когда уложенъ цѣлый рядъ кирпичей отъ одной балки до другой, то углубленіе въ кирпичахъ этого ряда забрасывается съ лопаточки сплошь цементнымъ растворомъ; затѣмъ подводится желѣзный таврикъ и вдавливается въ заполненное растворомъ углубленіе съ такою силой, чтобы выдавился весь излишекъ раствора. Тогда укладываютъ слѣдующій рядъ кирпичей, при чемъ въ каждомъ кирпичѣ сперва углубленіе заполняется растворомъ, послѣ чего онъ придвигается на мѣсто также съ такою силой, чтобы весь лишній растворъ выдавился изъ его углубленія.

Для уменьшенія числа швовъ между отдѣльными кирпичами одного ряда, толщина кирпича дѣлается больше, чѣмъ обыкновенно, и доходитъ до 4,5 верш., при чемъ его можно дѣлать пустотѣлымъ, на подобіе того, какъ это показано въ системѣ Donath. Устроенное такимъ образомъ покрытіе очень легко и очень мало тепло- и звукопроводно.

По затвердѣваніи цемента получается совершенно монолитное плоское покрытіе.

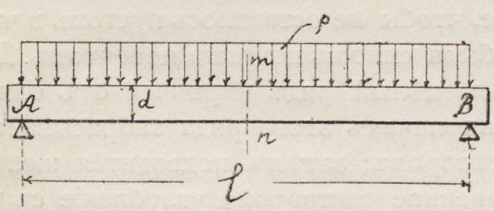
Благодаря очень сильному сцѣпленію цемента съ кирпичомъ и желѣзомъ, не допускающему взаимнаго перемѣщенія этихъ матеріаловъ, и благодаря тому, что отдѣльные кирпичи находятся въ условіяхъ бокового закрѣпленія, желѣзные тавры уже не работаютъ самостоятельно какъ балочки на изгибъ подъ дѣйствіемъ нагрузки, а составляютъ одно цѣлое съ тѣломъ перекрытія *). Слѣдовательно, въ этой желѣзо кирпичной плитѣ происходитъ то же распредѣленіе работы внѣшнихъ силъ, позволяющее наивыгоднѣйшимъ образомъ использовать природныя свойства матеріаловъ, какъ и въ бетонѣ Монье. Желѣзо, хорошо сопротивляющееся растяженію, будучи помѣщено ниже нейтральной оси бруса, возможно ближе къ крайнимъ нижнимъ его волокнамъ, подвергается только растяженію, а кирпичная кладка, представляющая наибольшее сопротивленіе сжимающимъ усиліямъ, будетъ испытывать въ верхней части покрытія значительное сжатіе и лишь незначительное растяженіе въ нижней его части, въ которой это усиліе даже не принимается во вниманіе при разсчетѣ покрытія.

Увеличивая площадь сѣченія желѣза, можно достигнуть того, что въ сжатой части напряженіе кирпича дойдетъ до предѣла прочнаго сопротивленія въ тотъ моментъ, когда и желѣзо дойдетъ до того же предѣла на растяженіе.

Горизонтальное желѣзо-бетонное покрытіе, будетъ ли оно системы Donath, Klein, инженера Гладкова, или изъ обыкновеннаго кирпича, но съ желобками для тавриковъ и для цементнаго раствора, можетъ быть, съ достаточной для практики точностью разсчитано совершенно такъ же, какъ и желѣзо-бетонная плита. Повторимъ этотъ расчетъ.

Предположимъ, что желѣзо-кирпичная плита (чер. 458) расположена на двухъ опорахъ A и B, надъ пролетомъ l и равномѣрно по всей своей длинѣ загружена грузомъ pl, гдѣ p—грузъ на 1 кв. м.

Чер. 458.



Подъ дѣйствіемъ внѣшняго, изгибающаго балку момента $\frac{pl^2}{8}$ наибольшія внутреннія напряженія будутъ вызваны въ поперечномъ сѣченіи mn—въ срединѣ плиты, въ такъ называемомъ опасномъ сѣченіи, то-есть тамъ, гдѣ балка переломится. Эти напряженія молекулярныхъ силъ противодѣйствуютъ сжатію въ верхней части сѣченія и растяженію въ нижней. Предполагается, что это послѣднее усиліе принимаютъ на себя исключительно желѣзныя полосы; сопротивленіе же раствора, сцѣпляющаго кирпичи, на растяженіе какъ незначительное, совершенно отбрасывается. Это допущеніе идетъ въ пользу запаса прочности.

Наибольшее сжимающее усиліе будетъ въ частицахъ бетона, наиболѣе отдаленныхъ отъ нейтральной оси O (чер. 459), то-есть (.) m. Во всякомъ случаѣ это усиліе не должно превосходить прочное сопротивленіе R_1 кирпича или бетона на сжатіе. Отло-

*) Все сказанное по этому поводу о сопротивленіи бетонно-желѣзной плиты Монье относится и къ данному случаю.

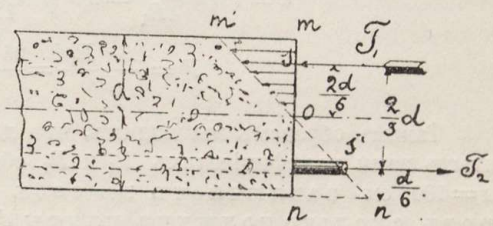
жимъ эту величину по направленію отъ m до m_1, а затѣмъ точку O соединимъ съ точкою m_1 прямою om_1: линія эта выразитъ намъ измѣненіе напряженій молекулярныхъ силъ на сжатіе отъ нейтральной оси до верхней поверхности плиты.

Сумма сжимающихъ усилій, дѣйствующихъ на всю поверхность плиты выше нейтральной оси, при ширинѣ плиты равной единицѣ, можетъ быть замѣнена одной равнодѣйствующей T_1 (чер. 459), равной средней силѣ R_1, помноженной на всю площадь, подверженную сжатію, то-есть:

$$T_1 = \frac{R_1 + 0}{2} \cdot \frac{d}{2} \cdot 1 \text{ м.} = \frac{R_1 d}{4} = 0{,}25\ R_1 d \ldots\ldots (A)$$

Точка приложенія этой равнодѣйствующей должна быть въ центрѣ тяжести трехугольника om_1m, слѣдовательно отстоитъ отъ нейтральнаго слоя на разстояніи $\frac{2}{3} \times \frac{d}{2} = \frac{d}{3}$, а отъ поверхности плиты на разстояніи $\frac{1}{3} \times \frac{d}{2} = \frac{d}{6}$. Совершенно на такомъ же разстояніи отъ нижней поверхности плиты мы помѣщаемъ и центры тяжести поперечныхъ сѣченій желѣзныхъ полосъ, которыя будутъ сопротивляться растяженію, выраженному на чертежѣ 459 горизонтальной силой T_2, направленной въ противоположную сторону.

Чер. 459.



Чтобы достигнуть одинаковаго сопротивленія верхней части поперечнаго сѣченія на сжатіе, а желѣзныхъ полосъ на разрывъ необходимо, чтобы

$$T_1 = T_2.$$

Эти силы стремятся повернуть сѣченіе mn, вращая его въ точкѣ O, какъ на оси, въ противоположную сторону вращенія того же сѣченія mn внѣшнимъ изгибающимъ усиліямъ. Слѣдовательно, сопротивленіе внутреннихъ молекулярныхъ силъ приводится къ парѣ силъ, моментъ которой $= 2T_1 \frac{d}{3}$. Этотъ моментъ внутреннихъ силъ, для того, чтобы плита не сломалась, долженъ быть равенъ внѣшнему моменту изгиба, который при балкѣ, лежащей на двухъ опорахъ и равномѣрномъ грузѣ $= \frac{pl^2}{8}$, слѣдовательно $\frac{2dT_1}{3} = \frac{pl^2}{8}$; но, на основаніи уравненія (A) $T_1 = 0{,}25\ R_1 d$, поэтому $\frac{2d^2 \cdot 0{,}25R}{3} = \frac{pl^2}{8}$,

откуда $$\frac{0{,}50\ Rd^2}{3} = \frac{pl^2}{8}; \text{ а } d = l\sqrt{\frac{3p}{4R_1}} \ldots\ldots (B)$$

Сложная площадь F поперечнаго сѣченія желѣза при ширинѣ покрытія въ 100 см. опредѣляется изъ уравненія

$$T_1 = T_2.$$

Но $T_2 = FR_2$, а $T_1 = 25\ R_1 d$, слѣдовательно

$$FR_2 = 25\ R_1 d, \text{ откуда } F = \frac{25\ R_1 d}{R_2} \ldots\ldots (C)$$

По этой формулѣ опредѣляется площадь сѣченія всѣхъ желѣзныхъ тавровъ или полосъ по ширинѣ элемента покрытія въ 100 см.

Площадь f сѣченія каждаго тавра или проволоки задается или опредѣляется по формулѣ

$$f = \frac{F \cdot b}{100},$$

гдѣ b—заданное разстояніе между таврами или полосами прямоугольнаго сѣченія; послѣдняя форма поперечнаго сѣченія употребляется при желѣзо-бетонныхъ покрытіяхъ, хотя съ одинаковымъ успѣхомъ можетъ быть примѣнена и для кирпиче-желѣзныхъ потолковъ, такъ какъ и въ томъ и въ другомъ случаѣ желѣзо работаетъ на растяженіе.

Примѣръ. Положимъ, что

$p = 750$ кг. на кв. м. покрытія (полный грузъ).
$l = 2{,}5$ м.
$R_1 = 30$ кг. на кв. см. для бетона.
$R_2 = 750$ кг. на кв. см. для желѣза.

Требуется опредѣлить толщину плиты d и сложную площадь F поперечнаго сѣченія желѣза.

Согласно формуламъ B и C мы имѣемъ:

$$d = l\sqrt{\frac{3\,p}{4R_1}} = 2{,}5\sqrt{\frac{2250}{120}} = 10{,}28 \text{ см.} = \infty\ 11 \text{ см.}$$

$$F = \frac{25 \cdot R_1 d}{750} = \frac{25 \cdot 30 \cdot 11}{750} = 11 \text{ см}^2.$$

Такимъ образомъ мы видимъ, что для кирпиче-желѣзнаго покрытія при принятыхъ нами коэффиціентахъ R_1 и R_2, общая площадь F желѣза въ элементѣ плиты $= 100$ см. заключаетъ въ себѣ столько квадратныхъ сантиметровъ, сколько толщина плиты d—погонныхъ сантиметровъ.

При желѣзо-кирпичномъ или желѣзо-бетонномъ покрытіи желѣзо, огражденное цементнымъ растворомъ, вполнѣ сохраняется неопредѣленно долгое время и нисколько не ржавѣетъ, поэтому и прочное сопротивленіе его вмѣсто 750 кг. на см². можно принять въ 1200 кг.

Для опредѣленія размѣровъ горизонтальнаго покрытія изъ трепельнаго кирпича (черт. 6 и 7, листъ 11) В. Б. Гладковъ принимаетъ слѣдующіе коэффиціенты:

$R_1 = 30$ кг. на 1 кв. см.
$R_2 = 1200$ кг. на 1 кв. см.
$p = 380$ кг. на 1 кв. м. при толщинѣ покрытія до 3 верш. (13,33 см.) и полагая временную нагрузку въ 160, а собственный вѣсъ—220 кг. на кв. м.

При этомъ, принимая l въ метрахъ, формулы B и C примутъ слѣдующій видъ:

$$d = l\sqrt{\frac{3 \cdot 380}{4 \cdot 30}} = l\sqrt{9{,}5} = 3{,}08\ l.$$

$$F = 25\,\frac{30}{1200}\,d = \frac{25}{40}\,d = 0{,}625\ d.$$

По этимъ формуламъ для любого пролета l можно провѣрить толщину покрытія d и общую площадь сѣченія F желѣзныхъ тавровъ или полосъ на 100 см. ширины покрытія.

Такъ какъ тавры располагаются на разстояніи 6 вершковъ (26,66 см.) одинъ отъ другого, то для опредѣленія площади f сѣченія одного тавра получимъ формулу

$$f = \frac{F \cdot 26{,}66}{100} = 0{,}267\,F.$$

Такимъ образомъ находимъ для кирпиче-желѣзнаго покрытія:

Таблица XXX.

При $l = 1$ м. $d = 3{,}08$ см. $f = 0{,}51$ кв. см. [20 × 20 × 3 мм.]
„ $l = 2$ м. $d = 6{,}16$ см. $f = 1{,}02$ кв. см. [20 × 20 × 3 мм.]
„ $l = 3$ м. $d = 9{,}24$ см. $f = 1{,}53$ кв. см. [25 × 25 × 3,5 мм.]
„ $l = 4$ м. $d = 12{,}32$ см. $f = 2{,}04$ кв. см. [30 × 30 × 4 мм.]
„ $l = 4{,}33$ м. $d = 13{,}33$ см. $f = 2{,}21$ кв. см. [30 × 30 × 4 мм.]

Очевидно, что имѣть размѣры кирпича, отвѣчающіе найденнымъ величинамъ для d, можно только по особому заказу, что представляется затруднительнымъ; вмѣстѣ съ тѣмъ, принимая во вниманіе, что, кромѣ прочности, потолочное покрытіе для жилыхъ помѣщеній должно удовлетворять требованіямъ наименьшей звуко- и теплопроводности, толщину кирпиче-желѣзнаго покрытія слѣдуетъ дѣлать не менѣе $^1/_2$ кирпича ($d = 13{,}33$ см.) и для пролетовъ менѣе 4 метровъ. Изъ этого слѣдуетъ, что пролеты отъ 4 до 4,33 м. для кирпиче-желѣзныхъ покрытій изъ трепельнаго кирпича являются наивыгоднѣйшими.

При пролетахъ болѣе 4,33 м. толщина d должна быть болѣе 3 верш. Оставляя тѣ же значенія для R_1 и R_2, но увеличивая соотвѣтственно p вслѣдствіе увеличенія собственнаго вѣса покрытія, получимъ:

Таблица XXXI.

При $l = 5$ м. $d = 15{,}0$ см. $f = 2{,}67$ кв. см. [35 × 35 × 4,5 мм.]
„ $l = 6$ м. $d = 20{,}0$ см. $f = 3{,}34$ кв. см. [40 × 40 × 5 мм.]
„ $l = 7$ м. $d = 24{,}0$ см. $f = 5{,}00$ кв. см. [45 × 45 × 5,5 мм.]
и такъ далѣе.

При устройствѣ кирпиче-желѣзныхъ покрытій изъ обыкновеннаго кирпича, имѣющаго видъ, изображенный на чер. 8, лист. 11, собственный вѣсъ покрытія значительно увеличивается, а прочное сопротивленіе R_1 должно быть взято менѣе трепельнаго кирпича—не болѣе 20 кг. на кв. см.

Принимая вѣсъ 1 кубическаго метра кирпичной кладки=1600 кг. при толщинѣ покрытія d въ $^1/_2$ кирпича = 12 см., вѣсъ 1 квадратнаго метра покрытія выразится:

Вѣсъ кирпичной кладки въ $^1/_2$ кирпича—$0{,}12 \times 1600$ . .	192,0	кг.
„ желѣзныхъ тавровъ—$4 \times 1{,}7 \times 1$	6,8	„
„ штукатурки $100^2 \times 2 \times 0{,}002$	40,0	„
„ цементнаго раствора	50,0	„
„ пола, примѣрно	31,2	„
Всего	320,0	кг.

Полагая временный грузъ въ размѣрѣ 160 кг., мы получимъ общій грузъ на 1 квадратный метръ

$$p = 320 + 160 = 480 \text{ кг.}$$

Далѣе, полагая $R_1 = 20$, а $R_2 = 1200$ кг., имѣемъ согласно уравненій B и C:

$$d = l\sqrt{\frac{3 \cdot 480}{4 \cdot 20}} = l\sqrt{18} = 4{,}25\ l.$$

$$F = 25\frac{20}{1200}d = \frac{5}{12}d = 0{,}416\ d.$$

По этой формулѣ для d мы можемъ опредѣлить наивыгоднѣйшій пролетъ при толщинѣ покрытія въ $^1/_2$ кирпича, то-есть при $d = 12$ см.

$$l = \frac{d}{4{,}25} = \frac{12}{4{,}25} = 2{,}82 \text{ м.}$$

Слѣдовательно, при кирпиче-желѣзныхъ покрытіяхъ изъ обыкновеннаго кирпича пролетъ въ 4 аршина является наиболѣе выгоднымъ.

Доканчивая этимъ разсмотрѣніе несгораемыхъ потолочныхъ конструкцій, замѣтимъ, что указанные нами способы далеко еще не исчерпываютъ всего ихъ разнообразія. Было указано лишь на болѣе типичныя формы.

Въ особенности даетъ широкое поле изобрѣтательности сочетаніе желѣза съ бетономъ и кирпичомъ различнаго вида; въ этихъ конструкціяхъ можно ожидать еще дальнѣйшихъ усовершенствованій.

Примѣчаніе. Желающимъ подробно познакомиться съ желѣзо-бетонной конструкціей вообще рекомендую книгу Поля Кристофа, „Желѣзо-бетонъ и его примѣненіе“, 1903 г., а также книжку проф. Н. А. Житкевича: „Плоскія междуэтажныя покрытія и ихъ расчетъ“.

Заканчивая статью о желѣзо-бетонныхъ покрытіяхъ, необходимо замѣтить, что краткость и общность настоящаго курса не позволяютъ касаться еще многихъ другихъ достойныхъ изученія и практическаго примѣненія системъ покрытій изъ сочетанія бетона и желѣза. Къ такимъ покрытіямъ между прочимъ относится, весьма остроумно придуманная, система Матрай.

Въ виду того, что прочность и устойчивость всѣхъ описанныхъ нами системъ зависитъ отъ тщательности работы и доброкачественности составныхъ частей раствора, какъ-то: чистоты и надлежащей крупности песка доброкачественности цемента и равномѣрности смѣшиванія, Матрай поставилъ себѣ задачу спроектировать такое желѣзо-бетонное покрытіе, которое могло бы, не принимая въ расчетъ бетона, принять всю нагрузку только на свои желѣзныя части. Съ этой цѣлью онъ подвѣшиваетъ проволоки, изгибая ихъ по цѣпной линіи, между желѣзными балками, съ плотнымъ прикрѣпленіемъ ихъ къ послѣднимъ. Число проволокъ разсчитывается такъ, чтобы онѣ въ своей совокупности въ состояніи были выдержать всю нагрузку пролета. Расчетъ ведется по формуламъ цѣпной линіи.

Вторая особенность системы Матрая заключается въ своеобразномъ распредѣленіи нагрузки на балки. Какъ мы видѣли выше, въ балкѣ, лежащей на двухъ опорахъ, наибольшій моментъ изгиба и наибольшее напряженіе матеріала получается въ срединѣ балки. По мѣрѣ приближенія къ опорамъ это напряженіе доходитъ до нуля.

Пользуясь этимъ, Матрай старается распредѣлитъ нагрузку такимъ образомъ, чтобы напряженія матеріала балки по всей ея длинѣ имѣло наибольшую равномѣрность, что достигается имъ до извѣстной степени особою системой переплетенія проволокъ, укрѣпляемыхъ къ крайнимъ концамъ балокъ. (Подробности и краткія указанія на способы расчета этой системы можно найти въ брошюрѣ „Желѣзо-бетонныя покрытія по системѣ Матрая“.)

§ 44.

В. Смѣшанная по матеріалу система потолочныхъ покрытій.

Переходя къ описанію деревянныхъ междуэтажныхъ покрытій, остановимся на смѣшанной системѣ, состоящей изъ желѣзныхъ балокъ съ деревяннымъ между ними заполненіемъ.

Эта конструкція появилась лишь за послѣднее время, когда цѣны на желѣзо значительно понизились и замѣна деревянныхъ балокъ желѣзными при значительныхъ пролетахъ стала выгоднѣе или въ одной цѣнѣ съ деревянными.

Достоинства той или другой системы потолочныхъ покрытій вообще, кромѣ прочности и долговѣчности, оцѣниваются еще и степенью ихъ тепло- и звукопроводности, въ особенности для жилыхъ зданій; поэтому конструкція ихъ должна быть направлена къ наиболѣе совершенному удовлетворенію этой цѣли.

На чер. 9 и 10, листъ 11, представлена въ поперечномъ и продольномъ разрѣзѣ смѣшанная конструкція потолка, состоящаго изъ желѣзныхъ двутавровыхъ балокъ, расположенныхъ на разстояніи отъ 1,5 до 2,5 метровъ одна отъ другой; между ними черезъ каждый метръ по длинѣ балки введены деревянныя толстыя доски, поставленныя на ребро, какъ распорки между балками. По обѣимъ сторонамъ досокъ пришиваются бруски квадратнаго поперечнаго сѣченія, а на нихъ опирается концами, такъ называемый, черный настилъ или полъ, состоящій изъ досокъ или пластинъ и служащій для поддержанія потолочной смазки. Подъ этимъ названіемъ разумѣютъ слой матеріала, дурно проводящаго тепло и звукъ и вмѣстѣ съ тѣмъ способнаго замазать всѣ щели и пазы между деревянными частями. Снизу потолокъ подшивается тесомъ и оштукатуривается по войлоку и драни, а сверху, если это междуэтажное покрытіе, настилается чистый полъ.

Описанная конструкція, для передачи тепла и звука изъ этажа въ этажъ, представляетъ слѣдующія преграды: a) слой штукатурки и войлока, b) тесовая подшивка, c) воздушный прослоекъ, d) слой деревяннаго чернаго настила, e) слой дурного проводника, f) второй воздушный прослоекъ

и g) половой настилъ. Все это относится лишь къ заполненію промежутковъ между балками; самыя же балки мало заграждены отъ проведенія тепла и звука, это и составляетъ недостатокъ этой системы.

Собственный вѣсъ этихъ покрытій, не включая желѣзныхъ поддерживающихъ балокъ, въ зависимости отъ толщины смазки и размѣровъ досокъ,—отъ 200 до 300 кг. на кв. м.

Для меньшей звуко- и теплопроводности желѣзныхъ балокъ ихъ нижній и верхній пояса обертываютъ смолянымъ толемъ.

На чер. 11 и 12 того же листа представлено междуэтажное смѣшанное покрытіе болѣе простой конструкціи съ устройствомъ чернаго пола изъ пластинъ, опирающихся своими концами на нижніе пояса желѣзныхъ балокъ. При разстояніи между балками въ 2 аршина толщина пластинъ въ $1^1/_2$ или 2 вершка вполнѣ достаточна. Пазы между пластинами смазываются и выравниваются глиной или алебастромъ, а затѣмъ насыпается слой дурного проводника.

Пластинный накатъ между балками можетъ быть замѣненъ гипсовыми досками.

Поверхъ балокъ устраивается подрѣшетка изъ тонкихъ бревенъ, отесанныхъ на два канта, или же пластинъ, а на ней располагается паркетный полъ.

Для простого дощатаго пола требуется не подрѣшетка, а переводы, какъ это и показано на чер. 11 и 12.

Весь грузъ пола и временной нагрузки передается только на балки, а не на накаты. Для уменьшенія теплопроводимости нижніе и верхніе пояса желѣзныхъ балокъ обертываются смолянымъ толемъ (чер. 11).

При исполненіи описанныхъ конструкцій не слѣдуетъ забывать, что желѣзо въ нихъ не защищено отъ окисленія и ржавчины и что его необходимо покрывать масляной краской.

Кромѣ того, слѣдуетъ замѣтить, что если концы желѣзныхъ балокъ задѣланы въ наружныя стѣны, то надо принять мѣры для устраненія ихъ промерзанія. Желѣзо, отдѣленное отъ наружной атмосферы стѣнкой, толщиною въ 1 или въ $1^1/_2$ кирпича, въ сильные морозы быстро охлаждается и понижаетъ температуру соприкасающихся съ нимъ деревянныхъ частей. На поверхности этихъ частей конденсируется влага комнатнаго воздуха и даетъ благопріятныя условія для загниванія. Нерѣдко въ такихъ случаяхъ можно замѣтить на потолкѣ темныя полосы, соотвѣтствующія нижнимъ поясамъ балокъ, даже въ томъ случаѣ, если эти пояса обшиты тесомъ и оштукатурены. Въ предупрежденіе этого необходимо концы балокъ обертывать въ нѣсколько слоевъ войлока, располагать сзади балокъ и по сторонамъ прокладки изъ пробковаго камня, увеличивать гнѣзда для балокъ, оставляя вокругъ концовъ ихъ пустоты дюйма 3 — 4, и засыпать опилками, торфяною мелочью, кизелькуромъ и т. п. сыпучимъ дурнымъ проводникомъ.

§ 45.

C. Деревянные потолки.

Тамъ, гдѣ еще много деревяннаго матеріала, какъ, напримѣръ, въ нашемъ отечествѣ, такого рода покрытія являются наиболѣе дешевыми, и такъ какъ въ потолочныхъ конструкціяхъ вообще дерево находится въ сравнительно благопріятныхъ условіяхъ, то оно и хорошо сохраняется. Только тѣ части потолковъ, которыя задѣлываются въ наружную каменную стѣну, соприкасаются съ ней или непосредственно располагаются надъ сырымъ грунтомъ въ мѣстахъ, недоступныхъ провѣтриванію и свѣту, быстро сгниваютъ и разрушаются. Впрочемъ, даже и въ этихъ случаяхъ можно до извѣстной степени предохранить дерево, покрывая его различными химическими составами.

Вообще говоря, дерево, какъ матеріалъ для покрытій, имѣетъ огромное достоинство въ томъ, что соединяетъ въ себѣ легкость съ весьма значительнымъ сопротивленіемъ на изгибъ. При перегрузѣ оно не разрушается сразу, какъ это бываетъ съ чугуномъ или камнемъ, а даетъ сперва замѣтный прогибъ, который служитъ предупрежденіемъ опасности.

Для потолочныхъ покрытій употребляется дерево уже въ обдѣланномъ видѣ, а именно: въ видѣ пластинъ, горбылей, брусьевъ и балокъ, брусковъ, досокъ, теса и проч.

Для потолочныхъ покрытій, въ особенности для главныхъ балокъ, употребляется по преимуществу сосна, какъ болѣе крѣпкое и долговѣчное дерево; хотя, впрочемъ, хорошая мелкослойная ель не уступаетъ по своему сопротивленію соснѣ. По цвѣту древесины въ отрубѣ сосна раздѣляется на 2 сорта: 1) сосна рудовая, имѣетъ желтоватый цвѣтъ, переходящій къ срединѣ въ красный, и 2) мендовая сосна, болѣе молодыя деревья, у которыхъ цвѣтъ волоконъ въ разрѣзѣ бѣловатый. Первый сортъ болѣе прочный и дорогой (такъ, напр., ветлужскія балки).

Вообще дерево для потолочныхъ покрытій, въ особенности для балокъ, должно удовлетворять слѣдующимъ требованіямъ:

1) Оно не должно имѣть трещинъ, хотя трещины, направленныя отъ центра кнаружи, такъ называемыя сердцевинныя, для балокъ не имѣютъ особеннаго значенія и не представляютъ причины для брака. Наоборотъ, трещины, направленныя отъ поверхности балки или бревна къ центру, нежелательны.

Дерево бракуется, если оно имѣетъ такъ называемыя трещины вѣтрянки, наполненныя рыхлой, трутообразной массой; такія трещины влекутъ за собой быстрое гніеніе дерева.

2) Дерево не должно быть свиловато, ибо волокна въ такомъ деревѣ расположены невыгодно относительно сопротивленія ихъ на сжатіе и растяженіе и уже какъ бы заранѣе изогнуты и представляются волнообразными.

3) Сучковатостью страдаютъ почти всѣ деревья; мелкіе сучки не приносятъ никакого вреда, крупные же уменьшаютъ сопротивленіе из-

гибу, поэтому при пріемѣ лѣсныхъ матеріаловъ иногда заранѣе опредѣляютъ допускаемое число, величину сучковъ и ихъ взаимное разстояніе. Такъ какъ дерево ссыхается въ ширину болѣе, чѣмъ въ длину, то сучки при высыханіи иногда трескаются, иногда вываливаются. Первое происходитъ въ томъ случаѣ, если связь сучка съ волокнами окружающей древесины сильнѣе, чѣмъ связь между волокнами самаго сучка; такіе сучья называются проростными и, вообще говоря, безвредны. Вообще сучки здоровые, смоляные не имѣютъ вреднаго вліянія. Если же есть вокругъ поперечнаго сѣченія сучка признаки загниванія его заболони, то дерево бракуется, такъ какъ вслѣдствіе дальнѣйшаго развитія гнили и особаго грибка, весь сучокъ превращается въ бурый порошокъ, похожій на нюхательный табакъ, и передаетъ зараженіе самому дереву. Такіе сучки носятъ названіе табачныхъ, и ихъ слѣдуетъ избѣгать.

4) Признаки гнили также служатъ причиной брака дерева. Эта гниль первоначально проявляется синевой въ видѣ сѣро-синеватыхъ пятенъ и полосъ. Если эта синева только съ поверхности, то причиной для брака служить не можетъ, а указываетъ лишь на доставку лѣса мокрымъ путемъ, сплавомъ по водѣ; если же оно глубоко входитъ въ массу дерева, то служитъ причиною къ браку, такъ какъ хотя эта синева не представляетъ собой еще настоящей гнили, тѣмъ не менѣе впослѣдствіи, въ сырости, посинѣвшія мѣста загниваютъ ранѣе другихъ.

5) Къ недостаткамъ дерева принадлежитъ способность его подвергаться сильно и внезапно дѣйствію особаго рода плѣсени (Merulius lacrimans), послѣдствіемъ чего является быстрое его разрушеніе. Появляясь въ темныхъ, мало провѣтриваемыхъ мѣстахъ, напримѣръ, въ подполи, грибокъ этотъ разрастается съ удивительною быстротой, проникая между волокнами дерева и совершенно ихъ разъединяя. Въ строительной практикѣ можно указать примѣры, что новая половая конструкція съ накатомъ, балками, переводами и половой настилкой разрушалась этой плѣсенью въ теченіе 2—3 мѣсяцевъ. Merulius lacrimans весьма заразителенъ; его мелкія споры, которыми заражается дерево еще будучи на корню, замѣтить очень трудно, а потому и избѣжать подобной случайности строитель не имѣетъ возможности; а между тѣмъ одно больное дерево можетъ заразить всю конструкцію. Свѣтъ, вентиляція и нѣкоторыя химическія средства (какъ, напримѣръ, растворъ сублимата (1 часть pro mille) уничтожаетъ этотъ грибокъ.

Долговѣчность дерева зависитъ главнымъ образомъ отъ его строенія и количества растительныхъ соковъ. Породы съ плотной древесиной, мелкимъ слоемъ, съ достаточнымъ содержаніемъ смолы и летучихъ маслъ, во-время срубленныя, обладаютъ большей долговѣчностью. Перезрѣлое же дерево нерѣдко на корню уже имѣетъ загнившую сердцевину.

Богатое растительными соками дерево быстрѣе и легче поражается червоточиной, гнилью и плѣсенью. Поэтому сосна, какъ обладающая наименьшимъ количествомъ растительныхъ соковъ и наибольшимъ количествомъ смолы, предпочитается, какъ строительный матеріалъ, для потолочныхъ покрытій.

Чѣмъ больше плотность (вѣсъ единицы объема) сосны или ели, тѣмъ онѣ долговѣчнѣе. Твердость дерева, впрочемъ, не всегда служитъ указаніемъ его долговѣчности.

Дерево сохраняется главнымъ образомъ въ зависимости отъ тѣхъ условій, въ которыхъ оно находится.

Если сосна находится подъ водой или въ сухомъ мѣстѣ, защищенномъ отъ дѣйствія дождя, то она сохраняется безъ всякой порчи, даже увеличивая свою крѣпость, болѣе 100 лѣтъ. Этого нельзя сказать про ель, которая черезъ 10—20 лѣтъ уже показываетъ признаки разрушенія.

Находясь въ сырости, перемежающейся съ сухостью, дерево быстро сгниваетъ. Точно такъ же вредно дѣйствуетъ на дерево известь. Поэтому концы балокъ, задѣланныя въ кирпичную кладку, сложенную на известковомъ растворѣ, слѣдуетъ обертывать войлокомъ, смолянымъ картономъ, обмазывать глиной, густой смолой и пр., словомъ—изолировать дерево отъ вліянія извести.

§ 46.

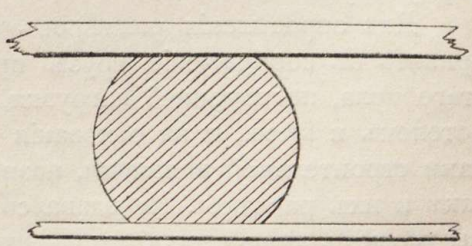
Построеніе деревянныхъ потолковъ. Общій способъ устройства деревянныхъ покрытій, точно такъ же какъ и несгораемыхъ, заключается въ томъ, что по наименьшему измѣренію плана помѣщенія располагаютъ деревянныя балки, а промежутки между ними заполняютъ тоже деревомъ, какъ въ смѣшанной конструкціи; самый способъ заполненія измѣняется соотвѣтственно назначенію покрытія, которое можетъ быть или чердачнымъ, то-есть отдѣлять жилое помѣщеніе отъ чердака, или междуэтажнымъ, раздѣляющимъ два этажа по горизонтальному направленію.

Устройство того или другого рода покрытія при нежиломъ строеніи ограничивается простымъ настиломъ изъ досокъ по балкамъ. Для жилыхъ же строеній конструкціи междуэтажныхъ покрытій вообще представляютъ особенную важность, имѣя цѣлью, кромѣ того, чтобы служить надежнымъ и прочнымъ основаніемъ для чистаго пола, еще и представлять, насколько возможно, сильное препятствіе для прониканія звука и передачи тепла изъ одного этажа въ другой.

§ 47.

а) Главная составная часть деревяннаго потолка суть балки или брусья, выпиленные или вытесанные изъ бревенъ, преимущественно сосновыхъ.

Чер. 460.



Если деревомъ не дорожатъ, то бревна обтесываются лишь на два канта—снизу и сверху (чер. 460). Такая обтеска требуется для правильнаго расположенія по балкамъ полового или чердачнаго настила и для подшивки потолка снизу.

Въ большинствѣ случаевъ балки обтесываются на четыре канта и въ

такомъ видѣ поступаютъ въ продажу. При этомъ, кромѣ балки (чер. 461), изъ бревна получается еще и 4 пластины или горбыля, нерѣдко употребляемые какъ матеріалъ для устройства чернаго пола или наката. Обтеска на четыре канта освобождаетъ дерево отъ заболони, начинающей истлѣвать гораздо скорѣе древесины.

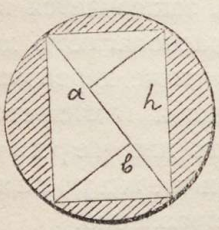
При обтескѣ балокъ на 4 канта нужно принять такое отношеніе между шириной и высотой бруса, при которомъ балка, вытесанная изъ бревна, будетъ имѣть самую большую силу сопротивленія изгибу.

Если ширина балки—b, а высота ея—h, то отношеніе этихъ двухъ измѣреній для балки слѣдующее:

$$\frac{b}{h} = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{5}{7} = \frac{9}{13},$$

даже можно принять $= \frac{3}{4}$, такъ какъ это отношеніе по сравненію съ отношеніемъ какъ $\frac{5}{7}$ уступаетъ послѣднему при сопротивленіи изгибу только на 0,3%. Такимъ образомъ, если мы представимъ себѣ балку прямоугольнаго сѣченія, которую надо вытесать изъ бревна, то діаметръ его опредѣлится на основаніи теоремы Пиѳагора:

Чер. 461.



$$3^2 + 4^2 = x^2, \text{ откуда } x = \sqrt{9+16} = 5.$$

Слѣдовательно, если d — діаметръ бревна, а b — ширина необходимой балки, то

$$\frac{d}{b} = \frac{5}{3};\ d = \frac{5}{3}\ b.$$

Если же извѣстна высота балки h, то діаметръ d бревна равенъ

$$d = \frac{5}{4}\ h.$$

Графически размѣры балки съ отношеніемъ сторонъ какъ $\frac{5}{7}$ найдутся, если на поперечномъ сѣченіи бревна въ его вершинѣ описать окружность (чер. 461), діаметръ ея раздѣлить на 3 равныя части и изъ точекъ дѣленія a и b возставить перпендикуляры до пересѣченія съ окружностью. Соединивъ ихъ концы, какъ показано на чертежѣ, получимъ требуемую форму бруса.

Для опредѣленія размѣровъ поперечнаго сѣченія балокъ слѣдуетъ принять въ соображеніе грузъ прочихъ составныхъ частей потолка, чистаго пола, посторонней нагрузки, постоянно и случайно обременяющей потолокъ и проч., и на основаніи этихъ данныхъ, руководствуясь правилами строительной механики, назначать какъ разстоянія между балками, такъ и ихъ размѣры. Не вдаваясь въ теорію сопротивленія матеріаловъ, мы укажемъ лишь способы практическихъ расчетовъ деревянныхъ покрытій.

Вѣсъ пола на деревянныхъ балкахъ при обыкновенномъ размѣщеніи ихъ черезъ $1\frac{1}{2}$ — 2 аршина, включая вѣсъ балки, наката, смазки и под-

шивки со штукатуркой, около 70—80 пудовъ на кв. с.; временная нагрузка принимается по расчету 9-ти человѣкъ на квадратную сажень, то-есть считая средній вѣсъ каждаго въ 4 пуда, около 36—40 пудовъ, а всего общій вѣсъ вмѣстѣ съ временной нагрузкой отъ 100 до 120 пудовъ на кв. саж. (отъ 355 до 426 кг. на кв. м.).

Для залъ общественныхъ и танцовальныхъ, а также для солдатскихъ казармъ, гдѣ производится ученіе солдатъ, а стало быть, кромѣ давленія, является еще и ударъ, временная нагрузка принимается въ 65 пудовъ на 1 кв. саж. Для складовъ сѣна и соломы—100 пудовъ, для хлѣбныхъ магазиновъ—130—170 пудовъ, для обыкновенныхъ промышленныхъ складовъ, для фабрикъ и заводовъ—отъ 200 до 240 пуд. на кв. с. (отъ 710 до 852 кг. на кв. м.).

Несмотря на то, что концы балокъ обыкновенно задѣлываются въ стѣны, ихъ однако для большей надежности разсчитываютъ какъ свободно лежащія на опорахъ и равномѣрно нагруженныя, слѣдовательно (см. таблицу, XXVII) опасное сѣченіе будетъ находиться на срединѣ балки, и внѣшній моментъ изгиба относительно этого сѣченія $M\ max = \frac{pl^2}{8}$, гдѣ p —нагрузка на погонную единицу длины балки.

Прочность деревянныхъ балокъ провѣряется только на изломъ, слѣдовательно $M\ max = WR$, гдѣ W есть моментъ сопротивленія внутреннихъ силъ даннаго поперечнаго сѣченія балки, а R—коэффиціентъ прочнаго сопротивленія на изломъ, принимаемый отъ 24 до 32 пудовъ на 1 кв. дюймъ (отъ 60 до 80 кг. на кв. см.).

Слѣдовательно, для прямоугольнаго сѣченія bh (ширина и вышина), для котораго $W = \frac{bh^2}{6}$, будемъ имѣть уравненіе:

$$M = \frac{bh^2}{6} R = \frac{bh^2}{6} 24.$$

Но, какъ мы видѣли выше, b должно быть $= \frac{3}{4} h$, то

$$M = \frac{3h^3}{4 \cdot 6} \times 24 = 3h^3 \text{ пудодюймовъ},$$

откуда

$$h = \sqrt[3]{\frac{M}{3}}, \text{ а } b = \frac{3}{4} h,$$

или, выражая всѣ измѣренія въ сантиметрахъ и полагая $R = 60$ кг. на кв. см., а отношеніе $\frac{b}{h} = \frac{5}{7}$, получимъ:

$$M = \frac{R \cdot 5 \cdot h^3}{6 \cdot 7} = \frac{60 \cdot 5 \cdot h^3}{42} = \infty 7h^3,$$

откуда

$$h = \sqrt[3]{\frac{M}{7}}.$$

Примѣръ. Дано деревянное покрытіе надъ пролетомъ въ 3 саж. (252 д.) и разстояніе между балками вь 0,5 с. Общій грузъ на каждую квадратную сажень 120 пуд. Слѣдовательно на каждую балку весь грузъ

$$P = 3 \times 0{,}5 \times 120 = 180 \text{ п.}$$

Требуется опредѣлить высоту балки h и ея ширину b.

При равномѣрно нагруженной балкѣ, свободно лежащей на опорахъ

$$M = \frac{Pl}{8}$$

въ данномъ случаѣ

$$M = \frac{180 \cdot 252}{8} = 5670 \text{ пуд.}$$

$$h = \sqrt[3]{\frac{M}{3}} = \sqrt[3]{\frac{5670}{3}} = \sqrt[3]{1890} = \infty 12$$

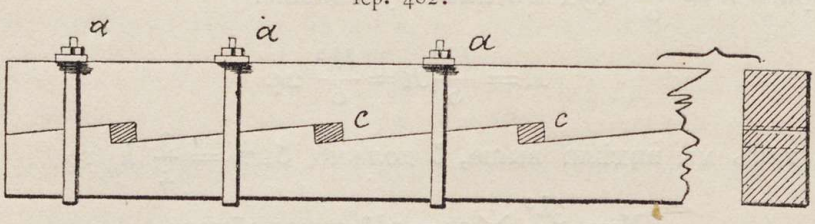
$$b = \frac{3h}{4} = \frac{3 \cdot 12}{4} = 9''.$$

Если размѣры балки д. б. выражены въ вершкахъ, то принимая $R = 72$ пудамъ на кв. вершокъ, а отношеніе $b : h = \frac{3}{4}$, имѣемъ:

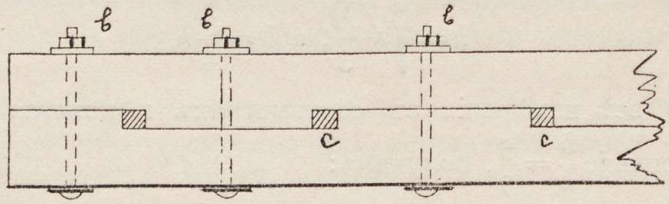
$$M = \frac{3h^3}{4 \cdot 6} 72 = 9h^3; \quad h = \sqrt[3]{\frac{M}{9}} \text{ вершк.}$$

Если требуются очень сильныя балки для значительныхъ пролетовъ и большихъ грузовъ, то въ виду дороговизны и трудности имѣть дере-

Чер. 462.



Чер. 463.



вянную балку необходимой высоты въ поперечномъ сѣченіи—ее дѣлаютъ составную, состоящую изъ двухъ или трехъ брусьевъ, наложенныхъ одинъ на другой (чер. 462, 463 и чер. 13 на листѣ 11) и связанныхъ другъ съ другомъ по длинѣ хомутами (a, a, a чер. 462) или болтами (b, b, b чер. 463). Кромѣ того, для противодѣйствія скользящимъ усиліямъ, возникающимъ

въ балкѣ при ея изгибѣ и направленнымъ параллельно нейтральному слою, сплачиваніе брусьевъ по длинѣ дѣлается не ровной поверхностью, а съ выступами (чер. 463) или зигзагами (чер. 462), съ введеніемъ шпонокъ c, c, c изъ болѣе твердаго матеріала или изъ болѣе твердаго дерева, напримѣръ, изъ дуба, клена и т. п.

Если составная балка не связана хомутами и не сплочена, какъ показано на чертежахъ, а просто состоитъ изъ брусьевъ, наложенныхъ одинъ на другой, то моментъ прочнаго сопротивленія поперечнаго сѣченія такой балки, состоящей изъ n числа брусьевъ будетъ равенъ:

$$nRW = n\frac{Rbh^2}{6}.$$

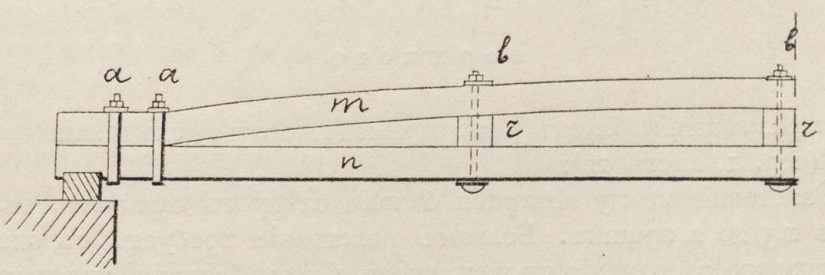
Если же брусья связаны хомутами или болтами, то моментъ сопротивленія равенъ:

$$n^2\frac{Rbh^2}{6}, \text{ т.-е. въ } n \text{ разъ больше.}$$

На чер. 13, листъ 11, показана балка, въ которой вмѣсто деревянныхъ шпонокъ введены металлическіе угольники d, d, d. Брусья, составляющіе балку, скрѣплены болтами толщиною $^1/_2$". (Способъ, употребляемый въ Америкѣ.)

На чер. 464 представлена балка, форма которой приближается къ формѣ бруса равнаго сопротивленія.

Чер. 464.



На концы балки надѣваются хомуты (aa), а продольнымъ распиломъ она раздѣляется на два бруска (mn), составляющихъ два пояса, между которыми вводятся распорки (rr) и болты (b, b). Разстояніе въ свѣту между поясами въ срединѣ балки дѣлается не болѣе $^1/_{25}$ пролета.

При такомъ устройствѣ балки, ея моментъ сопротивленія въ срединѣ значительно увеличивается, такъ какъ высота балки h входитъ въ выраженіе этого момента въ квадратѣ; получается тотъ же самый эффектъ, какъ и въ составной балкѣ, то-есть, увеличивая высоту балки въ n разъ, мы увеличиваемъ ея сопротивленіе въ n^2 раза.

Распилить балку вдоль и снабдить ее хомутами, болтами и распорками обойдется несомнѣнно дешевле, чѣмъ дѣлать составную балку.

§ 48.

b) **Размѣщеніе балокъ.** Обыкновенный способъ размѣщенія балокъ состоитъ въ томъ, что ихъ кладутъ поперекъ перекрываемаго помѣщенія и параллельно одна другой на разстояніи, средина отъ средины, $1^1/_2$ аршина. Высота балокъ, при такомъ разстояніи и при обыкновенной нагрузкѣ для жилыхъ зданій то-есть около 100 пудовъ на кв. саж., составляетъ $^1/_{21}$ пролета. Ширина же балки опредѣляется по ея высотѣ. Если балка обтесана на 4 канта, то ширина относится къ высотѣ какъ $^5/_7$; если балка обтесана на двѣ стороны, то ширина равна діаметру бревна (чер. 460). На основаніи этихъ соображеній составлена нижеслѣдующая таблица, въ которой для различныхъ пролетовъ отъ 3 до 14 аршинъ показаны размѣры поперечныхъ сѣченій балокъ въ вершкахъ, при чемъ d обозначаетъ діаметръ бревна, изъ котораго д. б. вытесана балка, h высота, а b ширина поперечнаго сѣченія.

Таблица XXXII.

Величина пролета l въ аршинахъ.								
	3	6	9	10	11	12	13	14
d	2,5	5	$7^1/_2$	8	9	10	11	12
h	2	4	6	$6^5/_8$	$7^1/_4$	8	$8^5/_8$	$9^5/_8$
b	$1^1/_2$	3	$4^3/_{16}$	$4^1/_8$	$5^1/_8$	$5^1/_2$	$6^1/_8$	$6^5/_8$
вершковъ.								

При размѣщеніи балокъ надо руководствоваться слѣдующими соображеніями (чер. 1, листъ 12):

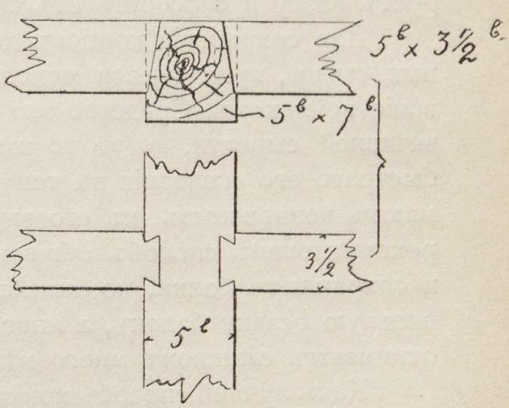
1) Разстояніе между центрами балокъ слѣдуетъ назначать въ предѣлахъ отъ 1,5 до 2 аршинъ. Бóльшее разстояніе требуетъ съ одной стороны—грузнаго заполненія промежутковъ между балками, толстыхъ переводовъ и подрѣшетки, съ другой—придаетъ всему покрытію нежелательную зыбкость. Кромѣ того, большіе промежутки между балками вызываютъ значительную нагрузку послѣднихъ, а слѣдовательно и увеличенія высоты ихъ поперечнаго сѣченія, что, утолщая непроизводительно покрытіе, влечетъ за собой лишніе расходы на каменную кладку стѣнъ. Строители, располагая балки на разстояніи отъ 3-хъ до 4-хъ аршинъ, не достигая никакой экономіи, рискуютъ имѣть провисшій потолокъ.

Балки располагаются на простѣнкахъ, но въ тоже время не слѣдуетъ стѣсняться оконными и дверными перемычками; послѣднія должны быть такихъ размѣровъ, чтобы вполнѣ надежно сопротивляться давленію балки, въ какомъ бы мѣстѣ она не располагалась. Въ случаѣ, если перемычки не могутъ быть сдѣланы достаточной толщины, оконные и дверные пролеты перекрываются желѣзными двутавровыми балками или рельсами.

2) У каменныхъ стѣнъ (чер. 1, л. 12) кладутъ полубалки *c*, *c*, *c*, необходимыя, какъ опоры, для накатника и чернаго пола. Такъ какъ на эти балки переходитъ только $^1/_2$ груза сравнительно съ другими балками, то толщина ихъ можетъ быть въ половину меньше; при этомъ высота остается та же, что и у главныхъ балокъ. Оставлять въ стѣнѣ горизонтальную борозду длл введенія въ нее концовъ накатника или досокъ—ни въ какомъ случаѣ не слѣдуетъ, такъ какъ этимъ ослабляется стѣна, а концы накатника быстро загниваютъ.

3) Если въ покрытіи имѣется пролетъ (люкъ для лѣстницы, дымовая труба и т. п.), то кладется ригель *a* (чер. 1, л. 12), при чемъ его слѣдуетъ вводить въ распоръ между двумя балками (чер. 465), не ослабляя послѣднихъ глубокими врубками. Гнѣздо д. б. сдѣлано нѣсколько наклонно и лапой. Если же ригель располагается близъ концовъ балокъ, гдѣ величина изгибающаго момента незначительна—нельзя опасаться ослабленія балки вырубкой въ ней гнѣзда, поэтому сопряженіе можетъ быть достаточно прочно.

Чер. 465.



4) Тамъ, гдѣ дерево соприкасается съ дымовой трубой, должна быть сдѣлана кирпичная раздѣлка, толщиною не менѣе 9 вершковъ отъ внутренней поверхности дымового канала до поверхности дерева. Въ Германіи требуется, чтобы разстояніе отъ наружной поверхности трубы до дерева было не менѣе 15 см. Въ Австріи требуется, кромѣ того, облицовка внутренней поверхности трубы черепицей, для перебивки швовъ между кирпичами.

5) Иногда выгоднѣе положить надъ двумя смежными пролетами (чер. 1, листъ 12 *M* и *N*), одну общую балку *bb*. Такая балка носитъ названіе неразрѣзной.

Въ фабричныхъ и заводскихъ зданіяхъ, въ виду значительныхъ пролетовъ, вдоль помѣщеній ставятся ряды колоннъ или столбовъ (чер. 2, листъ 12), на которые располагается продольный брусъ, служащій опорой для главныхъ поперечныхъ балокъ (*a*, *a*). Такъ какъ на фабрикахъ свѣтъ имѣетъ огромное значеніе, то оконныя отверстія подымаютъ почти до самаго потолка, что требуетъ расположенія балокъ ниже уровня перемычекъ. Въ такихъ случаяхъ главныя балки размѣщаются посрединѣ простѣнковъ, на разстояніи около $1^1/_2$ сажени одна отъ другой (чер. 2, л. 12), а между ними, на взаимномъ разстояніи около 1 арш., помѣщаются второстепенныя балки (*b*, *b*), которыя врубаются въ главную балку, какъ показано на (чер. 465), т.-е. устраиваются наклонныя гнѣзда и поперечныя балки вводятся въ распоръ. Поверхъ балокъ настилается поперекъ и вдоль зданія половая настилка; первая изъ $2^1/_2$ дюймовыхъ, а вторая изъ дюймовыхъ досокъ.

6) **Задѣлка концовъ балокъ.** Концы деревянныхъ балокъ задѣлываются въ каменныя стѣны вообще на величину, равную ея высотѣ, во всякомъ случаѣ не менѣе 6 вершковъ. Въ деревянныхъ строеніяхъ балки врубаются въ вѣнцы лапой. Въ томъ и въ другомъ случаѣ задѣлка концовъ не можетъ быть признана совершенно неподвижной, поэтому балки всегда расчитываются, какъ свободно лежащія на опорахъ.

7) Такъ какъ при возведеніи каменныхъ зданій балки служатъ одновременно и для внутреннихъ подмостей, то онѣ и укладываются по мѣрѣ возведенія этажей; такой пріемъ хотя и представляетъ несомнѣнную выгоду, сокращая расходы на постройку лѣсовъ, но съ другой стороны, концы балокъ, введенные въ сырую кладку, быстро загниваютъ. Въ нашемъ климатѣ, кромѣ того, глубокая задѣлка балокъ, въ особенности въ тонкихъ наружныхъ стѣнахъ, влечетъ за собой промерзаніе стѣнъ, а отъ этого концы балокъ прѣютъ и холодный воздухъ проникаетъ въ комнаты сквозь щели, образующія кругомъ балокъ при ихъ усыханіи. Въ свою очередь и комнатный воздухъ, попадая на холодный конецъ балки, конденсируетъ влагу и способствуетъ загниванію.

Для сохраненія концовъ деревянныхъ балокъ, задѣланныхъ въ каменныя стѣны, примѣняется осмолка концовъ ихъ густой смолой и обертываніе войлокомъ. Средство это хотя и предохраняетъ дерево отъ дѣйствія внѣшней сырости, но въ то же самое время нерѣдко служитъ причиной быстраго его сгниванія на томъ основаніи, что замазывая всѣ поры, отнимаютъ возможность къ его высыханію. Точно такъ же не можетъ быть рекомендованъ способъ обшивки концовъ досками, такъ какъ доски, хотя и сохраняютъ балки, но сами быстро сгниваютъ и влекутъ за собой неправильную осадку балокъ, а иногда и самой кладки. Кромѣ того, ящики эти отнимаютъ слишкомъ много мѣста и сильно ослабляютъ кладку стѣны.

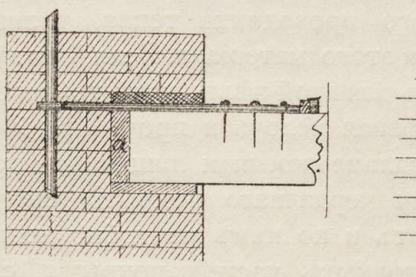
Какъ лучшій способъ можетъ быть рокомендованъ слѣдующій (чер. 466, 467 и 468): въ стѣнѣ оставляется гнѣздо вершка 3 шире балки и на $1^1/_2$ длиннѣе, въ которое вводится ея конецъ, располагаемый на смоленой, предварительно хорошо высушенной подкладкѣ. Когда балка уложена, то ее обкладываютъ съ боковъ и сзади сухимъ кирпичемъ (*a*, *a*); сверху же оставляется пустота, которая тоже впослѣдствіи закладывается сухимъ кирпичемъ. Этотъ способъ можно примѣнять и оставляя кругомъ балки только одну пустоту въ $^3/_4$ вершка. Когда зданіе выведено и приступаютъ къ чистой отдѣлкѣ его, тогда задѣлываютъ эту пустоту. Послѣдній способъ требуетъ меньшей ширины гнѣзда.

Обыкновенно предполагаютъ, что давленіе отъ балокъ передается на стѣну равномѣрно; но это не вѣрно, такъ какъ балки могутъ быть подвержены не одинаковой, а иногда и случайной временной нагрузкѣ. Поэтому весьма полезно подъ балки класть, вмѣсто отдѣльныхъ подкладокъ, общій прогонъ деревянный или металлическій. Но для этого требуется оставлять въ стѣнѣ горизонтальную борозду, что несомнѣнно ослабляетъ стѣну, поэтому такіе прогоны (мауерлаты) допускаются лишь въ томъ случаѣ, если стѣна имѣетъ обрѣзъ по крайней мѣрѣ шириною въ 3 вершка. Во всякомъ случаѣ, для равномѣрной передачи давленія отъ концовъ балки

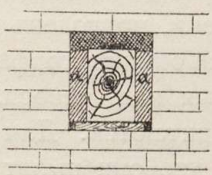
на кирпичную кладку, необходимо располагать деревянныя, смоляныя подкладки.

Для того, чтобы балки служили вмѣстѣ съ тѣмъ поперечными связями для продольныхъ стѣнъ строенія, а также для болѣе прочнаго укрѣпленія концовъ, къ послѣднимъ прикрѣпляютъ желѣзные якори или, такъ называемыя, анкера (чер. 466, 467 и 468). Эти укрѣпленія должны быть сдѣланы такъ, чтобы при перемѣнѣ балки не нужно было повреждать якорей. Чтобы захватить больше каменной кладки, анкерные пироны часто пропускаютъ до наружной поверхности стѣны, и имъ придаютъ формы розетокъ или видъ орнамента. Длина пирона не должна быть меньше 12 вершковъ.

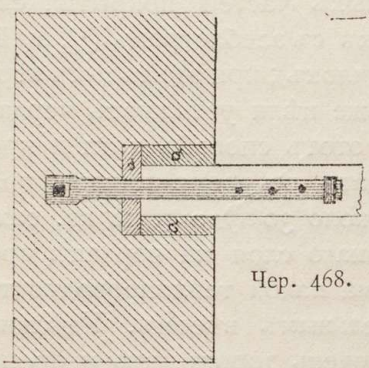
Чер. 466.



Чер. 467.



Чер. 468.



Употребленіе анкеровъ для жилыхъ строеній имѣетъ то неудобство, что они, какъ хорошій проводникъ холода, охлаждаютъ конецъ балки и этимъ способствуютъ образованію сырости, отчего концы балокъ обыкновенно скоро загниваютъ. Для избѣжанія этого можно якоря прикрѣплять не къ самимъ балкамъ, а къ ригелямъ, соединяющимъ двѣ балки между собою.

Въ виду случайныхъ и неопредѣленныхъ усилій, которымъ могутъ подвергаться анкера, размѣры ихъ не могутъ быть точно опредѣлены расчетомъ. Обыкновенно ихъ дѣлаютъ изъ полосового желѣза шириною отъ 2 до 3 д., а толщиною отъ $^3/_8$ до $^1/_2$ д.

§ 49.

c) **Заполненіе промежутковъ между деревянными балками.** Если бы мы устроили потолокъ, состоящій только изъ балокъ и поверхъ ихъ досчатой настилки, то тепло и звукъ совершенно свободно проникали бы изъ этажа въ этажъ. Такая конструкція допустима лишь для нежилыхъ строеній. Въ зданіяхъ жилыхъ какъ между-этажныя покрытія, такъ и чердачныя д. б. устроены насколько возможно непроницаемыми: первыя—для передачи тепла и звука, а вторыя—для передачи тепла. Кромѣ того, между-этажныя покрытія д. б. непроницаемы для жидкости. Именно эти цѣли лежатъ въ основаніи всѣхъ способовъ устройства заполненій между деревянными балками.

Самое простое чердачное покрытіе жилого строенія можетъ состоять изъ сплошной настилки поверхъ балокъ досками, пластинами или тонкими

бревнами (накатникомъ). На чер. 4, листъ 12, показанъ поперечный разрѣзъ (*A*) и продольный (*B*) такого покрытія съ показаніемъ настилки: *a*—изъ пластинъ, сплоченныхъ по длинѣ четвертью, и *b*—изъ накатника, отесаннаго на два канта и сплоченнаго въ пазъ.

Если потолокъ служитъ для жилаго помѣщенія, то поверхъ наката или пластинъ устраивается смазка, которая дѣлается слѣдующимъ образомъ: *a*) всѣ неровности заглаживаются глиной, при чемъ, такъ какъ она при высыханіи трескается, то трещины нѣсколько разъ замазываются глиной, смѣшанной съ пескомъ. Вмѣсто глины лучше употреблять для той же цѣли алебастровый растворъ. Такъ какъ гипсъ при затвердѣваніи увеличивается въ объемѣ, то онъ плотно заполнитъ всѣ щели и неровности. *b*) Сверхъ смазки наносится слой дурного проводника тепла, толщина котораго зависитъ отъ употребляемаго для этого матеріала. Всякій сыпучій матеріалъ, до извѣстной степени, пригоденъ для этой цѣли, какъ-то: песокъ, сухая легкая земля, древесныя опилки, торфяная мелочь и проч., при этомъ вещества легкія и несгораемыя или невоспламеняемыя и лищенныя органическихъ примѣсей, предпочитаются. Для чердачнаго покрытія сыпучіе матеріалы неудобны потому, что они пылятъ и по нимъ неудобно ходить. Для чердаковъ, въ особенности для наклонныхъ частей покрытія, слой дурного проводника дѣлается изъ смѣси опилокъ съ алебастромъ ($^1/_2$ шайки жидкаго алебастроваго раствора на 3 шайки опилокъ); при этомъ 2-хъ вершковый слой совершенно достаточенъ. Для той же цѣли устилаютъ чердакъ кирпичемъ половнякомъ плашмя на глинѣ; но этотъ способъ хотя и предохраняетъ отъ воспламененія деревянный накатъ во время пожара, представляетъ, однако, довольно грузную смазку (около 30 пудовъ на кв. саж.).

Весьма удобный матеріалъ для изоляціоннаго слоя на чердакѣ представляютъ пробковыя плиты, обладающія весьма малой теплопроводностью (коэффиціентъ послѣдней—0,007) и незначительнымъ вѣсомъ. Удѣльный вѣсъ плитокъ равенъ 0,23. Матеріалъ этотъ очень дорогъ, что и препятствуетъ его распространенію. Ниже будутъ указаны болѣе подробно различныя матеріалы для изоляціи потолочныхъ покрытій.

§ 50.

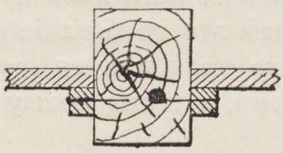
d) **Междуэтажныя покрытія въ жилыхъ строеніяхъ**, соотвѣтственно своему назначенію, имѣютъ болѣе сложную конструкцію, заключая въ себѣ потолокъ, чистый полъ и матеріалы, служащіе для сопротивленія проникапію тепла и звука и непроницаемые для жидкости.

Въ жилыхъ строеніяхъ чистый полъ обыкновенно не настилается непосредственно на балки, а первоначально располагаются переводы или дѣлается подрѣшетка изъ тонкихъ бревенъ подъ щитовый паркетный полъ. Переводы кладутся на разстояніи не болѣе $1^1/_2$ аршинъ одинъ отъ другого; подрѣшетка же дѣлается, располагая переводы вдоль и поперекъ, на разстояніи ровно въ 1 аршинъ одинъ отъ другого и врубая ихъ другъ въ друга въ $^1/_2$ дерева; получается деревянная рѣшетка, лежащая на балкахъ. Паркетный щитъ, имѣющій 2 аршина въ сторонѣ квадрата, уклады-

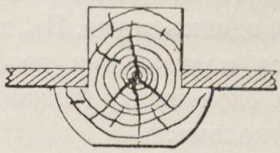
вается какъ разъ надъ четырьмя отверстіями этой рѣшетки (см. статью о паркетныхъ полахъ).

Черный полъ или накатъ служитъ для поддержанія смазки и помѣщается между балками. Онъ можетъ располагаться: 1) на черепичныхъ брускахъ, имѣющихъ въ поперечномъ сѣченіи около 1 кв. в. (чер. 469) и прибитыхъ, черезъ каждые 6 вершковъ, гвоздями вдоль балки; 2) на оста-

Чер. 469.



Чер. 470.

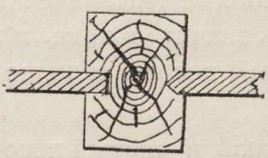


вленныхъ въ балкѣ черепахъ (четвертяхъ) чер. 470 и 3) входитъ въ пазы, вырубленные вдоль балки въ средней ея части, соотвѣтствующей нейтральной оси, а слѣдов. не принимающей участіе въ сопротивленіи изгибу (чер. 471, 472).

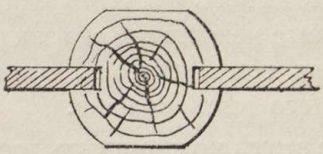
На чертежѣ 5, листъ 12, представленъ поперечный (*A*) и продольный (*B*) разрѣзы наиболѣе распространенной въ Москвѣ конструкціи междуэтажнаго деревяннаго покрытія. Здѣсь пластинный накатъ, сплоченный по длинѣ въ четверть, лежитъ концами на брускахъ, прибитыхъ въ уровень съ нижнею поверхностью балокъ.

Снизу такой накатъ вмѣстѣ съ балками представляетъ одну горизонтальную плоскость, обыкновенно оштукатуренную по войлоку или по соло-

Чер. 471.



Чер. 472.



меннымъ матамъ, подбитыми дранью или же по тростниковой ткани. Солома и тростникъ предпочитаются войлоку, нерѣдко весьма загрязненному и даже носящему въ себѣ споры заразныхъ болѣзней. Кромѣ того, войлокъ представляетъ весьма благопріятную среду для развитія моли.

Сверхъ балокъ расположены переводы *K*, *K* изъ тонкихъ бревенъ, отесанныхъ на два канта. Эти переводы необходимы для подготовки совершенно горизонтальной поверхности для чистаго пола и уменьшенія пролетовъ, надъ которыми онъ настланъ. Если чистый полъ состоитъ изъ паркета, то взамѣнъ переводовъ устраивается подрѣшетка.

Неровности чернаго пола выравниваютъ алебастромъ или глиной, а сверхъ нее насыпаютъ дурной проводникъ тепла (*p*). Весь грузъ чистаго пола и временной нагрузки передается на балки; черный же полъ несетъ

только грузъ смазки. Пластины въ подобныхъ случаяхъ представляютъ дешевый и вполнѣ цѣлесообразный матеріалъ.

Такая конструкція, довольно хорошо удовлетворяя требованіямъ малой теплопроводности, не вполнѣ отвѣчаетъ, однако, условіямъ наименьшей звукопроводности и непроницаемости для жидкости.

Чтобы избѣжать звукопроводности, необходимо прежде всего не допускать по толщинѣ покрытія непрерывно соприкасающихся другъ съ другомъ деревянныхъ частей, а раздѣлять ихъ перекладками изъ какого-либо другого матеріала, такъ какъ дерево—самый лучшій проводникъ звука. Въ данномъ случаѣ это требованіе отчасти удовлетворяется подкладками изъ асфальтоваго толя *mm*, *nn* (чер. 5) въ два или въ три слоя между балками и переводами, а также между послѣдними и чистымъ поломъ.

Если для засыпки накатовъ служитъ мелкій песокъ, то вѣсъ 1 кв. саж. такого покрытія, не считая вѣса балокъ, выразится равнымъ, приблизительно, въ 120 пудовъ.

§ 51.

е) **Смазка и засыпка черныхъ половъ.** Мы остановимся нѣсколько подробнѣе на выборѣ матеріаловъ для смазки и засыпки накатовъ, такъ какъ это представляетъ для жилыхъ строеній особенную важность, какъ въ смыслѣ непромокаемости, непроницаемости для звука и тепла, такъ точно и въ гигіеническомъ отношеніи. Загрязненная засыпка черныхъ половъ влечетъ за собой болѣзни жильцовъ и быстрое сгниваніе всѣхъ деревянныхъ частей.

Чистый, мелкій песокъ, для этой цѣли представляетъ очень хорошій матеріалъ. Обладая весьма незначительной тепло- и звукопроводностью онъ вмѣстѣ съ тѣмъ одинъ изъ наиболѣе гигіеническихъ матеріаловъ. Главные недостатки его заключаются въ значительномъ вѣсѣ единицы объема и въ томъ, что онъ пылитъ. Крупный песокъ меньше пригоденъ, такъ какъ его вѣсъ больше.

Но не вездѣ можно имѣть достаточно мелкій и чистый песокъ, поэтому въ городахъ его обыкновенно съ бо́льшей выгодой замѣняютъ просѣяннымъ строительнымъ мусоромъ отъ разборки старыхъ строеній. Этотъ почти ничего не стоющій матеріалъ легче самаго мелкаго песку и также дурно проводитъ тепло и звукъ. Но при всемъ этомъ онъ обладаетъ крупнымъ гигіеническимъ недостаткомъ, такъ какъ содержитъ въ себѣ различнаго рода загрязненія, накопившіяся годами въ старомъ строеніи, зародыши растительныхъ и животныхъ паразитовъ, а можетъ быть и болѣзней и т. п.; все это вмѣстѣ съ мусоромъ переносится въ новое зданіе.

Въ одинаковой степени не желательна, болѣе всего у насъ распространенная, засыпка накатовъ растительной землей, хотя бы и сухой, такъ какъ въ ней тоже содержится много органическихъ, способныхъ къ разложенію примѣсей. Изслѣдованія профессора Эммериха въ Мюнхенѣ доказали весь вредъ подобнаго рода матеріаловъ, а профессоръ Нуссбаумъ

(Das Wohnhaus, стр. 658) считаетъ необходимымъ запретить ихъ употребленіе законодательнымъ путемъ.

Все сказанное нисколько не относится къ строительному мусору, остающемуся при постройкѣ новыхъ строеній. Онъ точно такъ же состоитъ изъ песку, извести, мелкихъ частицъ кирпича и т. п. и обладаетъ ничтожной теплопроводностью; но разница въ томъ, что эта смѣсь ни чѣмъ не загрязнена.

Дробленый каменно-угольный шлакъ представляетъ легкій и дурно проводящій тепло и звукъ матеріалъ и былъ бы однимъ изъ лучшихъ матеріаловъ для засыпки межпотолочныхъ пространствъ, если бы не обладалъ въ такой степени гигроскопичностью и не содержалъ бы солей калія. Послѣднія, вмѣстѣ съ гигроскопической влагой, которую шлакъ упорно удерживаетъ, представляетъ, по Robert Hartig, очень благопріятную среду для развитія нѣкоторыхъ грибковъ и паразитовъ, уничтожающихъ дерево.

Измельченный или гранулированный шлакъ доменныхъ печей, получаемый, какъ извѣстно, въ видѣ крупнаго песка путемъ дѣйствія струи холодной воды на расплавленную массу шлаковъ, совершенно чистъ и для засыпки потолковъ вполнѣ пригоденъ.

Такое же назначеніе можетъ имѣть и, такъ называемая, шлаковая шерсть, получаемая дѣйствіемъ сильнаго дутья воздуха на струю, вытекающихъ изъ домны, расплавленныхъ шлаковъ; при этомъ получается масса, состоящая изъ тонкихъ стеклянныхъ волоконъ, обладающая ничтожной тепло- и звукопроводностью.

Такое заполненіе безусловно лишено всякихъ органическихъ примѣсей, но, по словамъ профессора Нуссбаума, можетъ обнаруживать непріятный запахъ, если содержитъ сѣрнокислую известь, которая отъ дѣйствія сырости и углекислоты воздуха, освобождаетъ, хотя въ очень незначительномъ количествѣ, сѣрнистый водородъ; не слѣдуетъ, однако, забывать: 1) что шлаковая шерсть примѣняется въ совершенно сухомъ состояніи, то-есть неблагопріятномъ для разложенія сѣрно-кислой извести; 2) что примѣсь послѣдней можетъ быть лишь въ томъ случаѣ, если употребляемый каменный уголь содержитъ сѣру, и, наконецъ, 3) что шлаковую шерсть, передъ употребленіемъ ея въ дѣло, можно оставить нѣкоторое время пролежать на открытомъ воздухѣ, тогда она совершенно лишается этого недостатка.

Торфяная мелочь, торфяной порошокъ, сфагнумъ (болотный торфъ), какъ матеріалы незначительнаго вѣса и обладающіе плохой тепло- и звукопроводностью могутъ быть съ успѣхомъ примѣняемы для засыпки подпольныхъ пространствъ въ междуэтажныхъ покрытіяхъ. Широкое распространеніе торфа въ нашемъ отечествѣ, а также и незначительная стоимость, дѣлаютъ его доступнымъ для самой экономной стройки.

Торфъ, а въ особенности сфагнумъ, не только сами по себѣ не вредны въ гигіеническомъ отношеніи, но даже могутъ служить, какъ хорошее дезинфекціонное средство противъ гніенія и вообще заразныхъ началъ.

Недостатки торфянаго вещества заключаются, во-первыхъ, въ его

гигроскопичности, и разъ впитавшаяся влага—съ трудомъ его оставляетъ. Въ такомъ состояніи торфъ можетъ способствовать развитію грибка, вредно дѣйствующаго на дерево. Этотъ фактъ, впрочемъ, еще не вполнѣ доказанъ; наоборотъ, есть примѣры совершенно безвреднаго пребыванія торфа между двумя деревянными обшивками въ продолженіи десятковъ лѣтъ.

Второй недостатокъ торфа гораздо существеннѣе—торфъ принадлежитъ къ числу горючихъ матеріаловъ, поэтому онъ во всѣхъ отношеніяхъ цѣлесообразенъ лишь для покрытій, въ которыхъ дерево совершенно отсутствуетъ.

Профессоръ Нуссбаумъ пробовалъ пропитывать торфяную мелочь известковымъ молокомъ съ цѣлью сдѣлать ее невоспламеняемой, но хотя его лабораторные опыты и увѣнчались полнымъ успѣхомъ, примѣненіе же на практикѣ этого способа оказалось настолько неудобнымъ и затруднительнымъ, что приходится отъ него отказаться.

Однимъ изъ лучшихъ матеріаловъ для засыпки накатовъ является инфузорная земля (трепелъ, кизельгуръ), о которой было уже сказано выше при описаніи покрытій изъ трепельнаго кирпича.

Инфузорная земля невоспламеняема и несгораема. Заключая въ себѣ массу воздуха, она очень легка: 1 кубическій метръ вѣситъ около 430 кг., тогда какъ даже самый мелкій песокъ вѣситъ отъ 1600 до 2000 кг. 1 куб. метръ. Теплопроводность этого матеріала на 10—12% меньше чѣмъ золы; онъ сильно задерживаетъ звукъ и въ своемъ естественномъ видѣ, безъ всякаго прокаливанія—совершенно чистъ и не содержитъ никакихъ органическихъ примѣсей.

D-r R. Koch (извѣстный бактеорологъ) производилъ цѣлый рядъ опытовъ и нашелъ, что въ 1 куб. см. инфузорной земли можно встрѣтить лишь 3—4 бактеріи.

При смѣшеніи этого матеріала съ питательнымъ бульономъ, зараженнымъ холерными, тифозными и гнойными бациллами—первыя погибали тотчасъ же, а вторыя и третьи на восьмой день послѣ замѣшиванія.

Что касается способности впитывать въ себя влагу, то по опытамъ того же ученаго, мы имѣемъ слѣдующія данныя, показывающія содержаніе воды въ процентахъ, какъ инфузорной земли, такъ и другихъ матеріаловъ:

	Кизельгуръ.	Строит. мусоръ.	Зола.	Сухой песокъ.
Въ состояніи естеств. влажности .	7,6	1,7	1,13	0,13
Смоченный до насыщенія	223	27	86,5	17,5

Изъ этой таблицы можно заключить, что кизельгуръ будетъ оставаться совершенно сухимъ при такихъ условіяхъ, при которыхъ другой сыпучій матеріалъ, какъ, напримѣръ, песокъ, насквозь пропитается водой.

Это явленіе, а также и медленность процесса пропитыванія водой, происходитъ благодаря пористости инфузорной земли, въ которой объемъ промежутковъ равенъ 86%; поэтому сухая инфузорная земля можетъ служить хорошимъ высушивающимъ средствомъ для тѣхъ частей строеній, которыя ее окружаютъ, то-есть балокъ, накатовъ, половъ и проч.

Сравнительныя испытанія теплопроводности сыпучихъ матеріаловъ, употребляемыхъ для засыпки подполья, D-r Koch производилъ слѣдующимъ образомъ: желѣзная трубка, наполненная водой, нагрѣтой до 45° С, вставлялась въ другую такую же трубку большаго діаметра такъ, что между первой и второй оставалось кольцеобразное пространство, шириною въ 2 см., которое и заполнялось испытуемымъ матеріаломъ, при этомъ въ теченіи 11 м. вода охладилась:

Въ трубкѣ съ:	Кизельгуромъ,	стр. мусоромъ,	золой,	пескомъ,	воздух.
до	39°	33,3°	35,8°	34,3°	37,2°

Такимъ образомъ и въ этомъ отношеніи инфузорная земля даетъ результаты наиболѣе благопріятные.

Кизельнуръ примѣняется въ его естественномъ видѣ, частью распавшимся въ тонкій порошокъ, частью въ видѣ крупинокъ и насыпается на черный накатъ, предварительно залитый алебастромъ, слоемъ около 2 дюймовъ.

Пробковые обрѣзки или стружки, какъ отбросы на пробковыхъ заводахъ, представляютъ незначительную стоимость и, какъ дурной проводникъ тепла и звука, весьма пригодны для засыпки потолочныхъ накатовъ. Чтобы уменьшить воспламеняемость, пробковые обрѣзки мѣшаютъ съ известковымъ растворомъ и наносятъ на поверхность наката слоемъ около 4—5 дюймовъ.

Такое же примѣненіе имѣютъ и древесныя опилки, которыя тоже смѣшиваются съ алебастромъ или известью (какъ это было указано выше, стр. 384).

Въ заключеніе скажемъ, что при всемъ вниманіи и осторожности строителя, есть условія, которыя всякую смазку и засыпку способны сдѣлать вредной, носящей въ себѣ заразу, независимо отъ матеріала, изъ котораго состоитъ эта засыпка. Эти неблагопріятныя и, къ сожалѣнію, почти неизбѣжныя условія заключаются въ загрязненіи междуэтажнаго заполненія рабочими во время производства работъ не только мочей, но и фекальными массами.

Ни увѣщанія, ни угрозы, ни штрафы въ этомъ отношеніи не приносятъ никакой пользы, въ особенности при постройкѣ многоэтажныхъ зданій.

Какъ мѣры, противодѣйствующія этому злу, указываются: 1) какъ можно скорѣй устраивать людскіе ретирады, не уничтожая отдѣльно устроенныхъ и достаточно просторныхъ ретирадъ на дворѣ; 2) ставить въ этажахъ временныя выносныя бадьи, какъ писсуары, и 3) устраивать смазку и насыпку изоляціоннаго слоя одновременно съ настилкой чистаго пола, чтобы засыпка наката не оставалась открытой.

Послѣдній пріемъ можетъ быть выполненъ лишь при условіи совершенной сухости матеріаловъ для смазки и засыпки (инфузорная земля, пробковая стружка, сухая торфяная мелочь, просѣянный строительный мусоръ и т. п.). Замѣчено между прочимъ, что чѣмъ цѣннѣе засыпанный матеріалъ, тѣмъ меньше случаевъ его загрязненія рабочими.

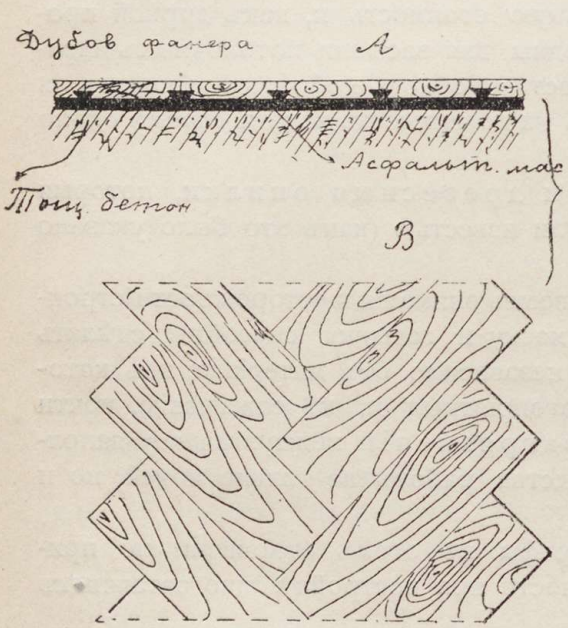
На чер. 6, листъ 12 представленъ потолокъ другого типа сравнительно съ предшествовавшимъ. Здѣсь мы видимъ, что деревянныя лаги *K*, *K*, служащія основаніемъ для чистаго пола, погружены въ песокъ и расположены близъ главныхъ балокъ, съ цѣлью передать нагрузку на концы досчатаго наката, лежащаго на брускахъ *m*, *m*. Непроницаемость потолка для жидкости достигается покрытіемъ наката и балокъ асфальтовымъ толемъ.

Чистый полъ состоитъ изъ тесоваго настила, служащаго подготовкой для дубоваго паркета (такъ называемаго „Спеціала“) въ видѣ дубовыхъ фанеръ толщиною отъ $^1/_2$ до $^3/_4$ дюйма. Фанеры или прибиваются къ тесу шпильками, сплачиваясь одна съ другой посредствомъ гребня и шпунта или сажаются въ слой асфальтовой мастики.

Снизу потолокъ подшитъ тесомъ (чер. 6, л. 12), подбитъ соломеннымъ матомъ и оштукатуренъ.

Описанный потолокъ, хотя и принадлежитъ къ типу сгораемыхъ, удовлетворяетъ, однако, всѣмъ остальнымъ требованіямъ междуэтажныхъ покрытій для жилыхъ зданій. Въ немъ достигается: 1) теплонепроницаемость слоями дерева, въ видѣ тесовой подшивки, чернаго пола, тесовой настилки по лагамъ и выстилки дубовой фанеры, слоемъ штукатурки и соломенныхъ матовъ, воздушной прослойкой, слоемъ асфальтоваго толя и, наконецъ, слоемъ песку; 2) звуконепроницаемость отдѣленіемъ дерева чистаго пола отъ всей остальной конструкціи, песчанымъ слоемъ и прослойкой толя; 3) непроницаемость для воды достигается той же прослойкой асфальтоваго толя.

Чер. 473.



Требованіе гигіены удовлетворяется употребленіемъ матеріаловъ совершенно лишенныхъ органическихъ примѣсей или какихъ-либо загрязненій.

Принимая во вниманіе, что такія покрытія слоемъ штукатурки защищены до извѣстной степени и отъ воспламененія, ихъ можно рекомендовать, какъ одну изъ лучшихъ конструкцій.

Примѣчаніе. Взамѣнъ тесовой выстилки по лагамъ *KK* (чер. 6, листъ 12), еще удобнѣе и цѣлесообразнѣе располагать на песокъ или строительный мусоръ—слой асфальтовой мастики, а въ него сажать дубовыя фанеры, располагаемыя „въ елку“, какъ показано на чертежѣ 473 (въ вертикальн. разрѣзѣ *A* и въ планѣ *B*).

Здѣсь фанеры, стыкаясь другъ съ другомъ, образуютъ шпунтъ въ видѣ лапы, заполненной асфальтомъ, что крѣпко удерживаетъ фанеру.

На чер. 7, листъ 12, представленъ поперечный разрѣзъ потолка, въ которомъ звуконепроницаемость достигается введеніемъ между главными балками (*a*, *a*), промежуточныхъ, болѣе тонкихъ балокъ *b*, поддерживающихъ только тесовую подшивку и штукатурку, то-есть грузъ, равный приблизительно 10 пуд. на кв. саж., весь же остальной грузъ, какъ чернаго, такъ и чистаго половъ, а также смазки и временной нагрузки передается на главныя балки значительно бо́льшаго поперечнаго сѣченія. Сверхъ балокъ расположены переводы, по нимъ настланъ тёсъ, а затѣмъ слой асфальтовой мастики и дубовой фанеры или же прямо по переводамъ простой щитовый полъ.

Такъ какъ въ этой конструкціи на слой засыпки чернаго пола не передается никакого груза, то это засыпка можетъ состоять вмѣсто песка или строительнаго мусора—изъ болѣе легкаго матеріала, какъ напримѣръ, инфузорной земли, золы, торфа и т. п., что даетъ возможность устройства наката изъ тонкаго теса и этимъ весь потолокъ сдѣлать значительно легче.

Изъ приведеннаго краткаго описанія *), какъ несгораемыхъ такъ и деревянныхъ потолочныхъ покрытій, можно видѣть, что современная техника располагаетъ въ настоящее время довольно разнообразнымъ строительнымъ матеріаломъ, пользуясь которымъ, можно устроить эти, весьма важныя части жилыхъ строеній, вполнѣ цѣлесообразно.

Къ сожалѣнію на практикѣ, въ большинствѣ случаевъ, мы видимъ лишь шаблонные пріемы давно отставшіе отъ современной науки и далеко неудовлетворяющіе даже самымъ элементарнымъ требованіямъ. Въ особенности по отношенію къ деревяннымъ покрытіямъ, наиболѣе распространеннымъ.

При постройкѣ обывательскихъ домовъ преобладаетъ торопливость, желаніе, какъ можно скорѣй выстроить, при чемъ нѣтъ времени подумать о раціональной конструкціи частей зданій; лишь бы не задержать работу. Очевидно, что такое производство работъ ненормально и ведетъ не къ прогрессу архитектурной техники, а къ ея упадку.

§ 52.

f) **Внѣшняя отдѣлка потолковъ.** Что касается внѣшней художественной отдѣлки поверхности потолковъ, то она можетъ быть очень разнообразна.

Вообще говоря, гладко оштукатуренные потолки, скрывающіе всю конструкцію покрытія, представляютъ довольно скучный, однообразный видъ и вмѣстѣ съ тѣмъ видъ не внушающій увѣренности въ прочности и устойчивости этого потолка. Невольно долженъ являться вопросъ: чѣмъ и какъ держится это плоское покрытіе, по внѣшности похожее на каменное? Достаточно ли оно прочно? Но, привычка, а главное, увѣренность, что за этимъ слоемъ штукатурки или за обшивкой, скрывается конструкція вполнѣ

*) Подробности можно найти во многихъ сочиненіяхъ, такъ напр.: „Термокинетика“—П. Сальмановича; das Wohnhaus Chr. Nussbaum; Handbuch der Architectur—Raumbegrenzende Constructionen. 2 B. 3 Heft., и проч.

соотвѣтствующая условіямъ устойчивости и прочности, отгоняютъ всякое опасеніе.

Въ прежнее время, какъ заграницей, такъ и у насъ въ старину, потолки строились съ совершенно открытой конструкціей. Въ домахъ съ богатой отдѣлкой это примѣняется и теперь, при чемъ конструкція все-таки маскируется филенками, ложными второстепенными балками, галтелями и проч.

Можно оставить потолокъ въ совершенно открытомъ видѣ нисколько не мѣняя его конструкціи, не вводя лишь подшивки и украшая нѣсколько его части. Такъ, на чер. 8, листѣ 12, показанъ въ разрѣзѣ такой потолокъ, безъ подшивки, въ которомъ нижнія поверхности открытыхъ балокъ украшены галтелями, а досчатый, чисто остуганный, накатъ обложенъ деревянными калевками и богетомъ.—Во всемъ остальномъ, конструкція остается та же самая, что и предшествовавшихъ типовъ, разница лишь въ томъ, что досчатая настилка подъ дубовый полъ, расположена не на переводахъ (чер. 5 и 7, листъ 12), а прибита къ подкладкамъ *K*, *K*, лежащимъ поверхъ балокъ на прослойкахъ изъ асфальтоваго толя.—Такое устройство возможно при разстояніи между осями балокъ не болѣе $1^1/_2$ арш. и половой настилки подъ паркетъ не изъ теса, а изъ досокъ толщиною $1^1/_4$ в.

Нижняя, открытая поверхность потолка можетъ быть покрыта лакомъ, окрашена масленой краской подъ дубъ или орѣхъ или же раздѣлана рисункомъ и разными колерами (потолки въ русскомъ стилѣ).

Украшеніе оштукатуренныхъ потолковъ можетъ быть достигнуто раздѣленіемъ ихъ различными тягами, въ видѣ фальшивыхъ балокъ, кессонами, выступами и проч., вообще путемъ подражанія (имитаціи) деревянному открытому потолку, а также украшены лѣпною работою и живописью. Для послѣдней въ особенности удобны открытыя горизонтальныя поверхности (плафоны).

§ 53.

Чистые полы. а) Переходя къ описанію чистыхъ половъ, прежде всего укажемъ на тѣ условія, которымъ они должны удовлетворять:

1) Поверхность всякаго пола должна быть горизонтальна, какъ наиболѣе удобная для ходьбы.

2) Полъ долженъ стойко сопротивляться стиранію; отъ этого зависитъ его долговѣчность и красивый, опрятный видъ.

3) Онъ долженъ быть безъ щелей, не впитывать и не пропускать воду, а также не пропускать пыли. Весьма важна въ гигіеническомъ отношеніи возможность промыванія пола водой или натиранія воскомъ.

4) Поверхность пола должна быть гладкая, но не настолько, чтобы была опасность поскользнуться.

5) Для жилыхъ домовъ полъ долженъ состоять изъ матеріаловъ, дурно проводящихъ тепло, въ особенности въ тѣхъ помѣщеніяхъ, гдѣ люди работаютъ или пребываютъ долгое время въ сидячемъ или стоячемъ положеніи, безъ ходьбы, напр., въ церквахъ, театрахъ, классахъ, конторахъ,

присутственныхъ мѣстахъ, частныхъ квартирахъ и проч. Наоборотъ, въ коридорахъ, вестибюляхъ, лѣстницахъ и проч.—это требованіе не имѣетъ значенія. Примѣромъ совершенно нецѣлесообразнаго въ этомъ отношеніи пола можетъ служить полъ изъ чугунныхъ или желѣзныхъ плитъ, какъ это можно еще встрѣтить и теперь въ нѣкоторыхъ старинныхъ церквахъ и общественныхъ зданіяхъ. Такіе полы, а къ нимъ надо причислить и каменные, даже при температурѣ выше комнатной, даютъ впечатлѣніе совершенно холодной поверхности и служатъ причиною простуды ногъ, ревматизма и т. п.

Наконецъ, 6) полы должны удовлетворять общимъ требованіямъ, на основаніи которыхъ несгораемые матеріалы предпочитаются.

Къ сожалѣнію, надо сознаться, что ни одинъ изъ имѣющихся въ нашемъ распоряженіи строительныхъ матеріаловъ не отвѣчаютъ вполнѣ вышеприведеннымъ требованіямъ.

Во всякомъ случаѣ слѣдуетъ предпочитать тѣ изъ нихъ, которые наиболѣе приближаются, при достаточной прочности, къ требованіямъ гигіены.

По матеріалу чистые полы можно раздѣлить на три рода: 1) деревянные, 2) каменные, главнымъ образомъ изъ искусственнаго камня, и 3) полы изъ разныхъ смѣшанныхъ матеріаловъ.

b) **Деревянные чистые полы**. Хотя деревянные полы и сгораемы, но они имѣютъ такъ много достоинствъ и удобствъ сравнительно со всѣми другими родами половъ, что до сихъ поръ ихъ распространеніе самое обширное. Дерево обладаетъ упругостью, дурно проводитъ тепло, очень теплоемко, хорошо сопротивляется стиранію, въ особенности нѣкоторые его сорта, даетъ возможность имѣть значительныя поверхности безъ сопряженій и хорошо принимаетъ окраску и натирку воскомъ. Кромѣ того, оно легко обрабатывается въ различныя формы и даетъ самый красивый и, такъ сказать, пріятный полъ. Рядомъ съ этимъ можно указать на весьма важный недостатокъ дерева, какъ матеріала для чистыхъ половъ, а именно: подъ вліяніемъ сырости и сухости оно то р а з б у х а е т ъ, то у с ы х а е т ъ, въ особенности въ направленіи перпендикулярномъ къ волокнамъ, вслѣдствіе чего полъ получаетъ трещины и дѣлается проницаемымъ и для пыли, и для воды.

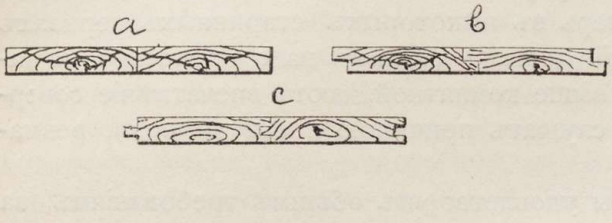
Для избѣжанія этого недостатка полы должны быть сдѣланы изъ сухаго лѣса, зашпатлеваны и окрашены масляной краской или покрыты горячей олифой. Дубовые полы, паркеты, натираются воскомъ.

Простой дощатый настилъ по балкамъ или переводамъ сильно усыхаетъ и даетъ щели; доски могутъ быть или прифугованы другъ къ другу (чер. 474 a), сполочены въ четверть (b) или въ пазъ и шпунтъ (c). Послѣднее соединеніе наиболѣе прочное и непроницаемое.

Надо замѣтить, что доски при усушкѣ дѣлаются съ краевъ тоньше, чѣмъ въ срединѣ, и коробятся по ширинѣ, обращаясь выпуклостью къ сердцевинѣ (чер. 475); поэтому для того, чтобы настилъ былъ по возможности непроницаемъ для воды,—доски слѣдуетъ настилать сердцевиной

внизъ; при такомъ настилѣ коробленыя доски будутъ изображать желобки (чер. 475), въ которыхъ вода будетъ задерживаться и постепенно испаряться.

Чер. 474.



Чер. 475.

Дощатый полъ лучшаго качества получается при употребленіи узкихъ и сухихъ досокъ, съ выпиленной сердцевиной.

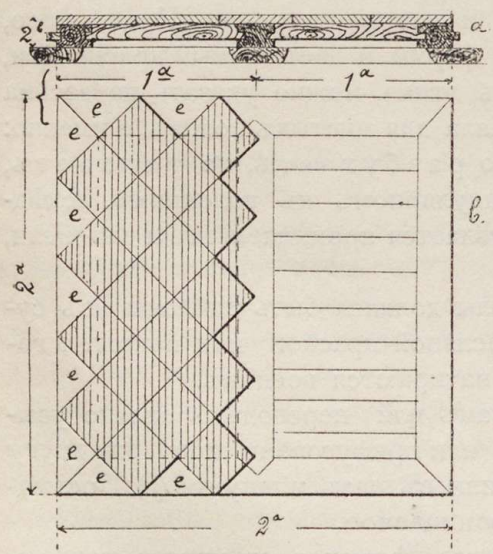
Столярные дощатые полы дѣлаются изъ отдѣльныхъ щитовъ, состоящихъ изъ 4—5 узкихъ сосновыхъ досокъ, другъ къ другу прифугованныхъ и склеенныхъ клеемъ. Кромѣ того, доски соединяются шпонками, а щиты другъ съ другомъ—вставными шипами.

При устройствѣ такого щитового пола сперва приготовляется и укладывается вокругъ всего помѣщенія, у стѣнъ, дощатая рама.—Рама имѣетъ шпунтъ, въ который вкладываются концы щитовъ, образуя, такимъ образомъ, гребень.

Щиты располагаются на переводы, но первый годъ еще не пришиваются къ нимъ, чтобы имѣть возможность черезъ годъ, когда появятся щели, сбить щиты и въ образовавшуюся отъ усушки щель ввести, на клею, деревянную рейку.

Затѣмъ полъ шпатлюется, окрашивается масляной краской и когда просохнетъ, то покрывается англійскимъ лакомъ. Собственно лакъ и противодѣйствуетъ стиранію: какъ только лакъ сотрется, такъ немедленно сходитъ и окраска.

Чер. 476.



За послѣднее время, вмѣсто окраски, на щитовые полы стали наклеивать, обыкновеннымъ клейстеромъ, тонкія бумажныя обои (выбирая рисунокъ подъ дубъ или ясень), которые затѣмъ покрываются, также какъ и крашеные полы, упомянутымъ лакомъ.

Очевидно, что здѣсь слой краски замѣненъ слоемъ бумаги.

Паркетные полы, называемые также штучными, дѣлаются двухъ родовъ: щитовые и такъ называемые „спеціалъ“. Первые (чер. 476 a и b) имѣютъ видъ квадратныхъ щитовъ, размѣровъ 2 арш. въ сторонѣ квадрата.

Самый щитъ называется фундаментомъ, дѣлается изъ сухого сосноваго дерева и состоитъ изъ рамы со средникомъ, въ которыхъ вынуты

пазы; въ нихъ загоняются узкія доски меньшей толщины, чѣмъ рама. Такимъ образомъ получается правильная плоскость, которую съ внѣшней поверхности окончательно остругиваютъ особымъ стругомъ, оставляющимъ мелкія борозды. На эту поверхность и наклеиваютъ, различной геометрической формы, фанеры изъ дуба или какого-либо иного твердаго дерева. Щиты располагаются и привинчиваются винтами къ особой подрѣшеткѣ изъ необрѣзныхъ толстыхъ досокъ или пластинъ, расположенныхъ въ клѣтку, подъ прямымъ угломъ, въ одной плоскости и на взаимномъ другъ отъ друга разстояніи въ 1 арш. (чер. 476 а). Съ внѣшей стороны рамы фундамента сдѣланы тоже пазы, въ которые, при соединеніи одного щита съ другимъ, вставляются рейки. Уложивъ одну паркетину, въ пазъ вставляютъ рейку и пригоняютъ слѣдующую и т. д.

Каждый щитъ привозится на постройку безъ крайнихъ фанеръ (е, е, е...) и когда щиты уложены и прибиты, то недостающія фанеры наклеиваются, и паркетъ получаетъ видъ общей поверхности, которая окончательно выстругивается и затѣмъ натирается воскомъ.

Въ мѣстахъ сопряженія деревянныхъ половъ со стѣнами образуется щель, которая закрывается деревянной галтелью, называемой плинтусомъ. При обыкновенныхъ полахъ плинтуса имѣютъ 3″ высоты, а при паркетинахъ не болѣе $1''/_2$.

Если между деревяннымъ поломъ и смазкою имѣется пустота, то не слѣдуетъ забывать оставлять въ углахъ помѣщеній въ полу небольшія отверстія и закрывать ихъ рѣшетками; это необходимо для провѣтриванія подполья *).

Паркетный полъ несомнѣнно можетъ считаться лучшимъ изъ деревянныхъ половъ, но зато и самымъ дорогимъ. Смотря по рисунку паркета, цѣна его за квадратную сажень очень различна, начиная отъ 18 руб. и до 150 руб.

Паркетъ „спеціалъ“ представляетъ болѣе дешевую конструкцію дубоваго пола. Какъ было указано выше (чер. 6, л. 12), для его устройства необходима подготовка въ видѣ сплошного дощатаго настила изъ сухихъ $1^1/_2$ дюймовыхъ досокъ; на немъ располагаютъ и къ нему прибиваются шпильками дубовыя фанеры, въ видѣ узкихъ и короткихъ прямоугольныхъ дощечекъ ($4'' \times 12$) толщиною въ $^3/_4''$ и укладываемыя въ елку (чер. 473 *B*). Каждая дощечка имѣетъ съ одной стороны пазъ, а съ другой—гребень.

„Спеціалъ“, уложенный по асфальтовой мастикѣ (чер. 473 *A* и *B*) имѣетъ то преимущество, что даетъ совершенно непроницаемый полъ. Такое устройство наиболѣе подходящее для несгораемыхъ желѣзо-бетонныхъ покрытій, въ которыхъ основаніе для асфальтоваго слоя уже готово въ видѣ горизонтальной бетонной поверхности.

Весьма важно раціональное устройство половъ въ нижнихъ этажахъ, то-есть расположенныхъ надъ грунтомъ. Въ подобныхъ случаяхъ должны быть приняты мѣры для сохраненія дерева отъ гніенія.

---

*) Эти отверстія не нужны лишь въ томъ случаѣ, если засыпкой накатовъ служитъ пыльный матеріалъ, какъ-то: инфузорная земля, зола, очень мелкій песокъ.

Прежде всего надо обратить вниманіе на подполье, которое, если не засыпано, то ни въ какомъ случаѣ не должно быть совершенно разобщено съ наружной атмосферой и лишено провѣтриванія. Въ цоколѣ, во внутреннихъ продольныхъ и поперечныхъ стѣнахъ подполья, должны быть оставлены отверстія въ видѣ отдушинъ, въ наружныхъ стѣнахъ, на зиму закрываемыхъ двойными крышками, съ промежуткомъ, забитымъ соломой, а на лѣто, съ наступленіемъ первыхъ теплыхъ дней, оставляемыхъ совершенно открытыми до поздней осени, съ цѣлью наибольшаго провѣтриванія и просушиванія подполья.

Устройство самаго пола, если онъ деревянный, дѣлается совершенно такъ же, какъ и междуэтажнаго покрытія; разница лишь въ томъ, что накатъ кладется „неразрѣзной“, поверхъ балокъ; на накатъ располагаютъ переводы, въ разстояніи 1 арш. одинъ отъ другого, для настилки щитоваго пола во фризъ или же устраивается подрѣшетка для паркета.

Поверхъ наката дѣлается смазка и насыпается слой дурного проводника.

Изъ подполья, то-есть между грунтомъ и накатомъ, должны быть устроены вытяжки въ печи или въ каналы, проведенные въ толщинѣ внутреннихъ стѣнъ и выходящіе сверхъ крыши въ видѣ трубъ.

Но на практикѣ весьма затруднительно достигнуть надлежащей вентиляціи подполья и, въ большинствѣ случаевъ, накаты сохраняются не долго; первый ремонтъ, который приходится производить въ зданіи, заключается въ замѣнѣ сгнившихъ накатовъ, балокъ и переводовъ подъ полами нижняго этажа. Дѣло въ томъ, что въ плохо провѣтриваемомъ подпольѣ, какъ бы чисто оно ни было, все же собирается почвенный воздухъ и сырость, что и даетъ главнымъ образомъ благопріятныя условія для гніенія. Въ особенности это опасно, если дерево имѣетъ споры грибка Merullius lacrimans, при наличности котораго и отсутствіи въ подпольи оживленной вентиляціи, дерево пропадаетъ въ теченіе года, а иногда и нѣсколькихъ мѣсяцевъ.

Въ виду всего изложеннаго лучше обходиться совсѣмъ безъ подполья, которое лучше засыпать чистымъ сухимъ пескомъ, и на немъ располагать лаги для устройства по нимъ деревяннаго пола какой угодно конструкціи.

На чертежѣ 9, листъ 12, показано устройство пола безъ употребленія наката, а лишь однихъ переводовъ. Для этого необходимо снять растительный слой земли и засыпать подполье пескомъ. Предполагая возвысить полъ надъ уровнемъ земли по крайней мѣрѣ на 12 вершк., слой песка получается въ $8^1/_2$ вершковъ, слѣдовательно на каждую сажень его потребуется 0,18 куб. саж. Затѣмъ, на пескѣ разсыпаютъ и утрамбовываютъ слой тощаго бетона или строительнаго мусора, на который и укладываются лаги или переводы въ разстояніи 1 аршина одинъ отъ другого, подложивъ подъ нихъ мѣстами сухіе кирпичи плашмя. Это необходимо для того, чтобы деревянныя лаги не прикасались къ сырому бетону.

По лагамъ настилается щитовый полъ во фризъ или настилъ съ дубовой фанерой или же устраивается подрѣшетка и дѣлается щитовый паркетный полъ. Въ полу необходимо оставлять продушины (*a*), и изъ под-

полья—вытяжки (*b*), направленныя или въ печь, или въ особые каналы, заложенные въ толщинѣ внутреннихъ стѣнъ зданія. Такимъ образомъ въ подпольѣ будетъ всегда теплый воздухъ.

Чтобы избѣжать совершенно дерева, оставляя лишь дубовую или сосновую фанеру, и достигнуть вмѣстѣ съ тѣмъ еще большей долговѣчности пола, по песчаной насыпи устраиваютъ подготовку изъ хорошо утрамбованнаго щебеночнаго бетона, по немъ располагаютъ слой асфальтовой мастики, на которую и накладываютъ, крѣпко прижимая, дубовую фанеру, какъ это показано на чертежѣ 473 *A* и *B*. Но такой полъ будетъ все-таки нѣсколько холоднѣй (теплопроводнѣе), чѣмъ предшествовавшей конструкціи.

Въ гинекологическихъ клинникахъ Московскаго университета полы въ нижнихъ этажахъ устроены почти такъ, какъ показано на чер. 9, листъ 12. Разница лишь въ томъ, что для предотвращенія проникапія почвеннаго воздуха въ подполье, поверхъ слоя тощаго бетона, расположенъ асфальтовый слой въ $^3/_4$″.

c) **Каменные полы**. Устройство половъ изъ плитокъ естественнаго или искусственнаго камня, напримѣръ, изъ мрамора, изъ гончарныхъ или цементныхъ лещадокъ, заключается въ томъ, что на предварительно подготовленномъ и прочно утрамбованномъ основаніи изъ тощаго бетона, располагаютъ тонкій слой (около $^1/_2$ д.) цементнаго раствора (составъ 1 часть цемента, 3 части песку), въ который и вдавливаютъ лещадки.—Если же полъ устраивается на несгораемомъ междуэтажномъ покрытіи, то основаніе для него уже имѣется въ видѣ бетоннаго или кирпичнаго свода или желѣзнобетоннаго покрытія. Остается только выравнять внѣшнюю поверхность сводовъ насыпкой песка, строительнаго мусора или тощаго бетона и на немъ основать лещадочный полъ.

Полы выстилаются изъ плитъ, имѣющихъ самый разнообразный рисунокъ форму и цвѣтъ.

Недостатки этихъ половъ, какъ уже было указано выше, состоятъ въ ихъ звуко—и теплопроводимости и малой теплоемкости; въ виду же ихъ очень красиваго вида и безспорныхъ достоинствъ, главнымъ образомъ несгораемости, прочности, непроницаемости, примѣненіе ихъ весьма желательно.—Въ послѣднее время за границей ихъ стали устраивать съ нагрѣваніемъ особыми каналами, по которымъ циркулируетъ горячій воздухъизъ калориферовъ. Нагрѣтые до температуры около 30 C°, они не производятъ впечатлѣнія холодныхъ половъ, напротивъ, въ такомъ состояніи могутъ служить даже нагрѣвательной поверхностью для отопленія помѣщенія. Полъ изъ плитъ „митлях ъ“, съ подогрѣваніемъ паровымъ отопленіемъ устроенъ между прочимъ въ 1896 г. въ Москвѣ въ такъ называемыхъ „Сандуновскихъ баняхъ“, въ помѣщеніи бассейна для купанья.

Къ поламъ изъ сплошной несгораемой или невоспламеняемой массы относятся полы цементные, мозаичные, асфальтовые и проч. Мы не будемъ останавливаться на описаніи ихъ производства работъ, а скажемъ только, что для всѣхъ этихъ половъ, во избѣжаніе ихъ неравномѣрной

осадки и появленія трещинъ, необходимо устройство хорошаго основанія изъ плотно утрамбованнаго слоя (толщиною не менѣе 6—10 дюймовъ) изъ тощаго бетона со щебнемъ, а если грунтъ слабъ, то и предварительная насыпка песку.

Главный недостатокъ половъ изъ минеральной массы, ихъ теплопроводимость, вызвалъ новыя изобрѣтенія такихъ составовъ, которые, будучи несгораемыми, приближаются по своей малой теплопроводности къ дереву. Такъ за послѣднее время появились полы изъ ксилолита, папіеролита, эфбеолита и проч. Всѣ они составляютъ смѣсь древесныхъ опилокъ съ различными минеральными веществами: магнезіальнымъ цементомъ (хлоръ—окись кальція), жидкимъ стекломъ и проч. Практика еще недостаточно выяснила достоинства этихъ половъ.

Крыши со стропилами.

Ст. 6. Крыши со стропилами.

§ 54.

Крыши. Внѣшняя поверхность потолочнаго или сводчатаго покрытія зданія не можетъ оставаться открытой, такъ какъ на ней будетъ задерживаться дождевая вода и снѣгъ; эту поверхность необходимо защитить непроницаемой и непромокаемой оболочкой, которая бы служила надежнымъ приспособленіемъ для отвода воды.

Такое приспособленіе называется крышею зданія и для нѣкоторыхъ нежилыхъ строеній (пакгаузовъ, сараевъ и проч.) служитъ единственнымъ покрытіемъ зданія. Въ южныхъ странахъ и въ мѣстности, гдѣ дожди рѣдки, крыши могутъ быть плоскими, съ самымъ незначительнымъ уклономъ, но все же состоятъ изъ непроницаемой оболочки. Такія крыши носятъ названіе террасъ и служатъ вмѣстѣ съ тѣмъ какъ открытое помѣщеніе ничѣмъ не защищенное или покрытое шатромъ.

Въ нашемъ климатѣ, наоборотъ, крыши должны имѣть значительные уклоны, обусловливающіе быстрый стокъ воды.

Крыши вообще можно разсматривать какъ состоящія изъ двухъ главныхъ частей: изъ непроницаемой оболочки, называемой кровлей, и той конструкціи, которая принимаетъ на себя грузъ кровли и называется стропилами.

Пространство между кровлей и внѣшней поверхностью потолочнаго покрытія называется чердакомъ.

Разсмотримъ первоначально формы крышъ.

Плоскія крыши, въ видѣ террасъ, устраиваются непосредственно на верхней поверхности потолка или свода; слѣдовательно, чердака не имѣютъ.

За послѣднее время, вмѣстѣ съ распространеніемъ бетонно-желѣзныхъ горизонтальныхъ покрытій (о которыхъ было сказано выше) и въ нашемъ умѣренномъ климатѣ стали устраивать такія же почти горизонтальныя крыши, состоящія въ томъ, что на внѣшнюю поверхность бетонно-желѣзнаго покрытія наносятъ непроницаемый слой изъ цемента или асфальта, который и служитъ кровлей. Вся крыша обносится барьеромъ,

который задерживаетъ воду и такимъ образомъ получается бассейнъ, который зимой превращается въ слой льда, предохраняющій потолокъ отъ быстрой потери тепла. На подобную конструкцію имѣются уже нѣсколько привилегій, какъ-то Wilhelm Schad, Henningsen и друг. Насколько подобныя крыши примѣнимы въ нашемъ климатѣ, еще недостаточно обслѣдовано.

Къ типу плоскихъ крышъ относятся и такъ называемыя древесно-цементныя кровли. Онѣ устраиваются на сплошной, съ подъемомъ около $^1/_{40}$ отъ пролета, дощатой (платформѣ) палубѣ, на которую первоначально насыпаютъ тонкій слой песка (толщиною около $^1/_4$ д.), а на него располагаютъ 4 слоя бумаги, пропитанной древеснымъ цементомъ. Сверхъ 4-го слоя бумаги (чер. 477), послѣ предварительной смазки древеснымъ цементомъ, насыпаютъ слой мелкаго сухаго песка, толщиною въ $^1/_2$ д.; на него располагаютъ слой крупнаго песка въ $^3/_4$ д. и наконецъ слой толщиною въ $1^1/_2$ д. крупнаго гравія, смѣшаннаго съ глиной или жидкимъ известковымъ растворомъ (около $^1/_{10}$ объема всего слоя). На свѣсахъ крыши (чер. 477), бумагу располагаютъ такъ, чтобы первые три слоя

Чер. 477.

слегка выступали за свѣсъ крыши, а четвертый слой перекрывалъ нижележащіе ряды бумаги; затѣмъ ряды перегибаются, какъ показано на чер. 477, и прибиваются къ торцамъ палубы гвоздями. Кромѣ того, бумажная настилка прикрѣпляется упорными брусками (*a*), служащими для удержанія песчанаго слоя на крышѣ. Для стока воды въ нижней части брусковъ дѣлаются небольшіе вырѣзы, на разстояніи 6—8 дюймовъ другъ отъ друга.

Что касается до состава древеснаго цемента, то это есть смѣсь дегтя, каменно-угольной смолы и сѣры, при чемъ, такъ какъ его производство находится исключительно въ рукахъ нѣсколькихъ фабрикантовъ, которые уклоняются отъ сообщенія пропорцій, въ какой смѣшаны эти составныя части, то точный его составъ не опредѣленъ. По Бэдекеру употребительный составъ слѣдующій:

3 пуда дегтя,
2,36 „ каменно-угольной смолы,
0,61 „ сѣры.

Всѣ эти составныя части должны быть хорошо перемѣшаны въ одну равномѣрную массу.

Главныя преимущества древесно-цементныхъ крышъ заключаются: во-1-хъ, въ безусловной непроницаемости, во-2-хъ, въ безопасности въ пожарномъ отношеніи, въ-3-хъ, въ дурной теплопроводимости и, въ-4-хъ, въ долговѣчности. Хотя эти достоинства и очень важны, но принимая во вниманіе значительный вѣсъ этихъ крышъ (не менѣе 15 пудовъ кв. с.) и нѣкоторыя другія неудобства, древесно-цементныя крыши не получили широкаго примѣненія на практикѣ, въ особенности въ нашемъ отечествѣ. Это устройство по сравненію съ другими способами обходится значительно дороже, требуетъ очень внимательной и копотной работы и благопріятной погоды (ясной и невѣтряной). Кромѣ того, необходимый для крыши матеріалъ пріобрѣтается съ большими затрудненіями; его необходимо выписывать изъ-за границы, а вмѣстѣ съ нимъ и дорогихъ иностранныхъ мастеровъ. Недоброкачественный матеріалъ и небрежная и неумѣлая работа—почти совершенно лишаютъ этотъ родъ крышъ всѣхъ вышеприведенныхъ достоинствъ.

Мы уже упоминали, что крыши обыкновеннаго устройства состоятъ изъ двухъ главныхъ частей: кровли и стропилъ. Послѣднія служатъ для поддержанія кровли, сопротивленія напору вѣтра, грузу снѣга и проч., словомъ, это есть сопротивляющаяся часть крыши.

Чердакъ, или помѣщеніе подъ крышей, освѣщается окнами, устроенными или во фронтонахъ, или въ самой кровлѣ; послѣднія называются слуховыми окнами и служатъ какъ для свѣта, такъ равно и для провѣтриванія чердака.

Кромѣ климатическихъ условій, на форму крышъ имѣетъ важное вліяніе матеріалъ, изъ котораго дѣлаются кровли: чѣмъ плотнѣе соединяются составныя части кровли, тѣмъ отложе могутъ быть ея скаты. Точно такъ же вліяютъ на устройство крышъ форма и величина зданій, ихъ назначеніе, положеніе относительно другихъ зданій въ городахъ, экономическія и эстетическія условія, опасность отъ огня и проч.

Для того чтобы дождевая вода и растаявшій снѣгъ удалялись скорѣе съ крыши и не протекали на чердакъ,—кровлѣ придаютъ видъ скатовъ наклонныхъ къ наружнымъ стѣнамъ; вода, скопляющаяся внизу этихъ скатовъ, отводится посредствомъ водосточныхъ желобьевъ и трубъ.

Лучшая форма для ската—наклонная плоскость; кривая поверхность представляетъ затрудненія при устройствѣ стропилъ и кровли, а потому употребляется рѣдко. Такимъ образомъ наружная поверхность крыши составляется изъ одной, двухъ и бо̀льшаго числа наклонныхъ плоскостей.

Уголъ наклоненія скатовъ (крутизна) имѣетъ большое вліяніе, съ одной стороны, на скорость отведенія воды, съ другой—на стоимость крыши. Чѣмъ круче крыша, тѣмъ скорѣй она отводитъ воду и не даетъ ей разрушительно дѣйствовать на кровельный матеріалъ; но, вмѣстѣ съ увеличеніемъ уклона крыши, увеличивается и потребное количество матеріала для ея устройства. Эта разница такъ ощутительна, что, напр., при углѣ въ 45^0 требуется сравнительно съ горизонтальной плоскостью въ $1^1/_2$, а при углѣ въ 60^0—въ 2 раза болѣе матеріала. Въ видахъ благоразумной экономіи скаты слѣдуетъ дѣлать настолько малыми, насколько дозволяетъ матеріалъ.

Для уклоновъ, свойственныхъ каждому матеріалу, существуютъ предѣлы, которыхъ не слѣдуетъ переступать изъ опасенія сдѣлать крышу излишне дорогой или недолговѣчной. Крыши съ крутыми скатами, кромѣ большей цѣнности, имѣютъ и другія неудобства: онѣ грузны, требуютъ большого количества матеріала для устройства стропилъ и кровли и представляютъ большую поверхность для напора вѣтра. Но вмѣстѣ съ тѣмъ крутыя кровли болѣе долговѣчны и даютъ болѣе удобные чердаки.

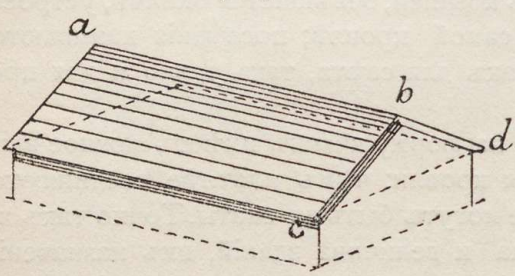
Каждая изъ наклонныхъ плоскостей, составляющихъ верхнія поверхности крыши, называется кровельнымъ скатомъ.

§ 55.

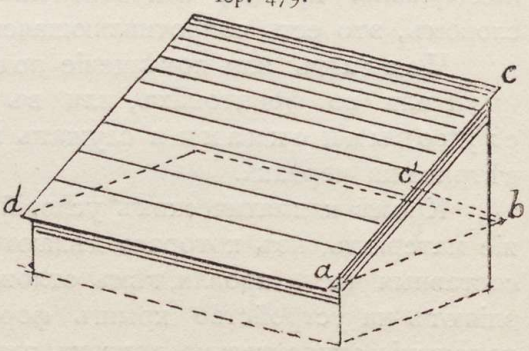
Названіе крыши зависитъ отъ числа и формы скатовъ.

Двускатная крыша (чер. 478) состоитъ изъ двухъ наклонныхъ плоскостей, взаимно пересѣкающихся въ горизонтальной прямой $a\,b$, называемой конькомъ крыши. Разстояніе отъ конька крыши до ея основанія называется подъемомъ крыши.

Чер. 478.



Чер. 479.



Треугольныя оконечности стѣнъ, расположенныя по концамъ крышъ $c\,b\,d$, какъ было уже сказано выше, называются фронтонами или щипцами.

Односкатная крыша (чер. 479) можетъ быть разсматриваема какъ половина двускатной, которой конекъ расположенъ на продолженіи одной изъ наружныхъ стѣнъ.

Четырехскатная крыша, или шатровая крыша (чер. 480), составляется изъ двускатной крыши, концы которой срѣзаны наклонными плоскостями, направленными подъ тѣмъ же уклономъ, какъ и главные скаты. Получаемые при этомъ треугольные скаты ($a\,b\,c$) называются взлобками или вальками.

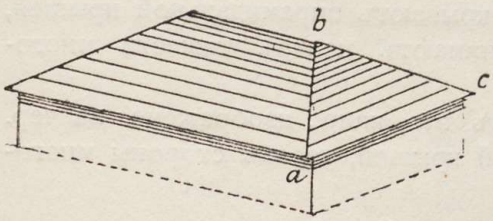
Въ односкатной крышѣ дождевая вода отводится только въ одну сторону къ линіи ad и потому здѣсь ея скопляется вдвое больше, чѣмъ въ двускатной крышѣ. На практикѣ такая крыша примѣняется лишь въ тѣхъ случаяхъ, въ которыхъ необходимо отвести воду на одну сторону строенія.

Шатровая крыша больше другихъ имѣетъ наружныхъ выпуклыхъ реберъ, что увеличиваетъ работу и усложняетъ устройство стропилъ и

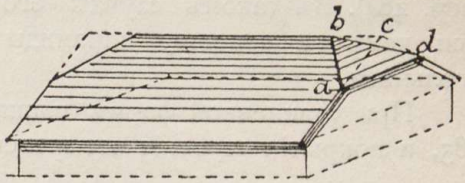
покрытій нѣкоторыми кровельными матеріалами. Взлобки *a b c* (чер. 480) этой крыши производятъ распоръ въ точкахъ *a* и *c*. Чердачное помѣщеніе освѣщается съ бо́льшимъ затрудненіемъ, чѣмъ въ двускатной и односкатной крышахъ. Къ выгодѣ шатровой крыши относится лучшее распредѣленіе дождевой воды и, сверхъ того, меньшая поверхность стѣнъ.

Изъ разсмотрѣнныхъ крышъ двускатная считается лучшей; она имѣетъ болѣе удобствъ и менѣе недостатковъ сравнительно съ другими. Освѣ-

Чер. 480.



Чер. 481.

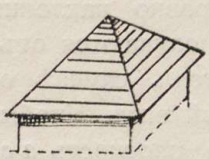


щеніе чердака этой крыши производится посредствомъ оконъ, помѣщенныхъ во фронтонахъ; въ шатровой же крышѣ для этой цѣли нужно дѣлать слуховыя окна или люки, что не всегда удобно.

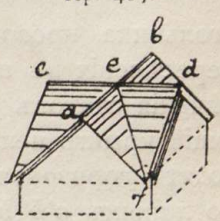
Что касается до поверхности разсматриваемыхъ крышъ, то, при одинаковыхъ планахъ строенія и углѣ наклоненія скатовъ, величины поверхностей будутъ одинаковы. Дѣйствительно, линія *ac* ската односкатной крыши (чер. 479) равна отрѣзкамъ $ac' + c'b$; точно такъ же, дополняя шатровую крышу до двускатной, легко убѣдиться въ равенствѣ поверхностей этихъ крышъ. Изъ этого можно заключить, что для всѣхъ трехъ типовъ крышъ требуется одинаковое количество кровельнаго матеріала.

Полувальковая крыша (чер. 481) часто употребляется въ экономическихъ постройкахъ. Она получается изъ двускатной крыши, отъ которой снята часть *a c d* и вмѣсто ея сдѣланы трехугольные скаты *a b d*, носящіе названіе полувальковъ.

Чер. 482.



Чер. 483.



Если планъ зданія квадратный, то шатровая крыша переходитъ въ пирамидальную (чер. 482); всѣ скаты этой крыши будутъ одинаковаго вида и величины. Если планъ зданія — правильный многоугольникъ, то крыша получаетъ видъ правильной многосторонней пирамиды.

При круглой формѣ плана получается коническая крыша.

Многощипцовая крыша (чер. 483) можетъ также служить покрытіемъ для зданія, имѣющаго въ планѣ форму квадрата или правильнаго многоугольника. Верхнія линіи *ab* и *cd* взаимнаго пересѣченія скатовъ представляютъ коньки; входящіе же углы по линіямъ *e f* образуютъ разжелобки. При этомъ на всѣ стороны будутъ выходить не скаты, а фронтоны или щипцы.

Эти крыши хотя и красивы на видъ, но не практичны, такъ какъ въ разжелобкахъ (входящіе углы) скопляется снѣгъ, затекаетъ вода и способствуетъ скорому изнашиванію крыши.

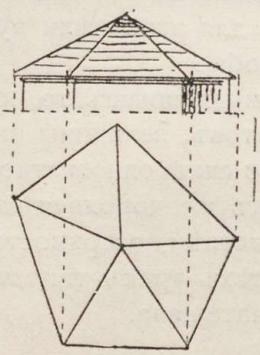
Цилиндрическія крыши вообще употребляются очень рѣдко; онѣ получили свое начало вслѣдствіе расположенія кровли непосредственно на цилиндрическихъ сводахъ.

Строенія неправильнаго въ планѣ вида прекрываются слѣдующимъ образомъ:

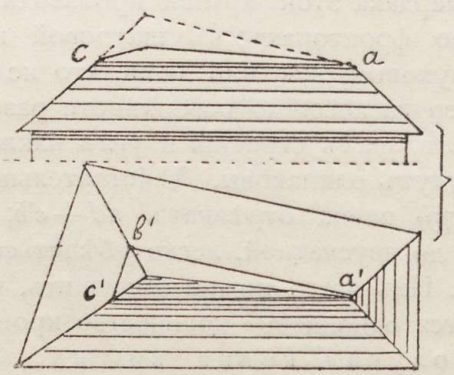
Положимъ, что строеніе имѣетъ видъ неправильнаго многоугольника (чер. 484). Въ такомъ случаѣ его перекрываютъ пирамидальной крышей, при чемъ за вершину пирамиды принимаютъ центръ тяжести многоугольника.

При удлиненной формѣ плана, какъ это, напр., изображено на чер. 485, и покрытіи строенія четырехскатной крышей, черезъ стороны много-

Чер. 484.



Чер. 485.



угольника проводятъ равно наклонныя плоскости, при чемъ линіи ихъ пересѣченія въ планѣ получаются отъ раздѣленія угловъ пополамъ. Пересѣченія скатовъ въ этомъ случаѣ образуютъ наклонный конекъ, придающій крышѣ некрасивый видъ. Чтобы избѣжать этого, черезъ (.) a, проводятъ горизонтальную плоскость $a\,c$, которая пересѣкается со скатами по линіямъ $a'\,b'$, $b'\,c'$ и $c'\,a'$, параллельнымъ направленіямъ наружныхъ стѣнъ и образующимъ въ планѣ треугольникъ $a'\,b'\,c'$. Эту горизонтальную площадку покрываютъ плоской пирамидальной крышей такъ, чтобы не было видно снизу; тогда крыша со всѣхъ сторонъ будетъ казаться съ горизонтальнымъ конькомъ.

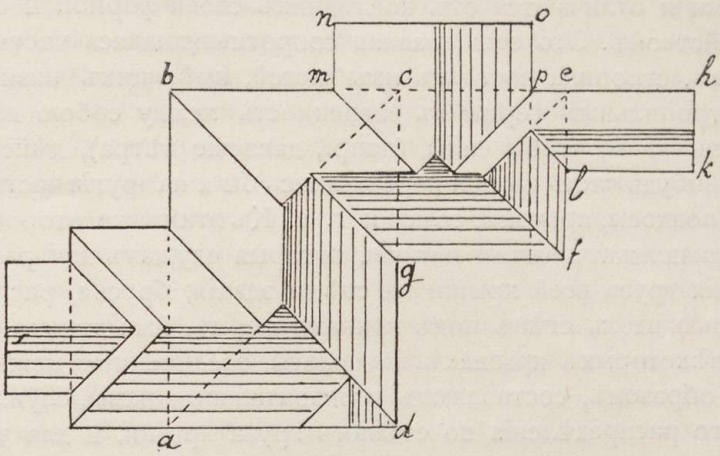
Шпицами называются коническія пирамидальныя, а иногда и многощипцовыя крыши, подъемъ которыхъ значительно больше необходимаго для стока воды. Щипцы употребляются для покрытія башенъ, колоколенъ, церквей и вообще возвышенныхъ частей зданія. Употребленіе ихъ зависитъ отъ эстетическихъ требованій.

Не всегда планъ строенія имѣетъ видъ простого прямоугольника; въ большинствѣ случаевъ мѣстныя условія, удобства внутренняго расположенія, увеличеніе строенія пристройками, придаютъ плану строенія до-

вольно сложную форму, тогда и самое покрытіе получается болѣе сложнымъ.

Предположимъ, что мы имѣемъ форму плана, показанную на чер. 486. Въ такомъ случаѣ, соотвѣтственно выступамъ и пристройкамъ, мы раздѣляемъ его на отдѣльные прямоугольники, обозначенные буквами и частью

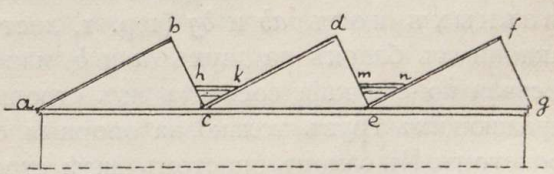
Чер. 486.



пунктирными линіями; затѣмъ, задавшись одинаковымъ для всѣхъ скатовъ наклономъ, покрываемъ прямоугольники *abcd* и *cgfe* шатровыми, а прямоугольники *mnop* и *elhk*—двускатными крышами и т. д. и строимъ пересѣченія скатовъ, раздѣляя углы пополамъ, Такимъ образомъ мы получаемъ покрытіе, въ которомъ всѣ скаты для воды совершенно правильны.

Зубчатая крыша есть видоизмѣненіе двускатной (чер. 487) и состоитъ изъ ряда зубцовъ, у которыхъ скаты имѣютъ неодинаковые уклоны. Такія крыши устраиваются на фабрикахъ и заводахъ для полученія верхняго свѣта, такъ какъ въ каждомъ зубцѣ одна сторона, болѣе крутая (*bc*, *de*, *fg*),—свѣтлая и состоитъ изъ стеклянныхъ рамъ, а другая, болѣе, пологая (ab, cd, ef),—темная, т.-е. покрыта кровельнымъ матеріаломъ. Очевидно, что при такомъ расположеніи скатовъ, чтобы не застаивалась вода необходимо между зубцами устроить разжелобки (*hkc*, *mne*), состоящіе изъ двухъ пологихъ скатовъ.

Чер. 487.



§ 56.

Стропила. Мы уже упоминали, что крыша обыкновеннаго устройства состоитъ изъ двухъ главныхъ частей: кровли и стропилъ. Послѣднія служатъ для поддержанія кровли съ грузомъ снѣга, дождевой воды, давленіемъ вѣтра (въ виду наклоннаго положенія кровли) и, наконецъ, времен-

ной случайной нагрузки людьми. Въ сложности весь этотъ грузъ, какъ мы увидимъ ниже, составляетъ довольно значительную величину, что при большихъ пролетахъ требуетъ подчасъ довольно сильной и сложной конструкціи. Мы ограничимся разсмотрѣніемъ лишь несложныхъ стропильныхъ системъ, наиболѣе употребительныхъ на практикѣ.

Главныя составныя части стропилъ суть: стропильныя формы, которыя въ конструкціи крышъ имѣютъ одинаковое значеніе съ потолочными балками и отличаются отъ послѣднихъ своей формой и болѣе сложнымъ устройствомъ. Это есть главная сопротивляющаяся часть стропилъ. Кромѣ фермъ, стропила состоятъ изъ частей, имѣющихъ назначеніе привести всѣ стропильныя фермы въ зависимость между собою или въ неизмѣнную связь такъ, чтобы силы, (напр., давленіе вѣтра), дѣйствующія на одну какую-нибудь часть крыши передавались бы и на другія части; сюда принадлежатъ: подкосы, прогоны, связи и т. п. Къ этимъ же второстепеннымъ частямъ принадлежатъ также и такія, которыя служатъ для равномѣрнаго распредѣленія груза всей крыши на стѣны зданія; брусья, расположенные съ этой цѣлью вдоль стѣнъ подъ концами фермъ, называются мауерлатами. Въ нѣкоторыхъ крышахъ мауерлаты, соединенные между собой неизмѣннымъ образомъ, составляютъ горизонтальныя рамы, служащія, кромѣ равномѣрнаго распредѣленія по стѣнамъ груза крыши, и для уничтоженія распора наклонныхъ частей стропилъ. Наконецъ, части стропилъ, служащія для передачи груза кровли на фермы, или части, служащія для прикрѣпленія и расположенія болѣе или менѣе мелкаго матеріала кровли, составляютъ обрѣшетку; во многихъ случаяхъ обрѣшетка представляетъ изъ себя сплошной дощатый настилъ.

По матеріалу стропила раздѣляются на деревянныя—изъ бревенъ, брусьевъ и досокъ; металлическія — изъ желѣза и чугуна, и смѣшанныя—изъ дерева, желѣза и чугуна.

По конструкціи стропила можно раздѣлить на два вида: наклонныя и висячія. Первыя состоятъ изъ двухъ наклонныхъ стропильныхъ ногъ *ab* и *bg* (чер. 1, листъ 13), расположенныхъ въ видѣ наклонныхъ балокъ на двухъ (*a* и *b*) или нѣсколькихъ (*a*, *e* и *b*) опорахъ. Висячая конструкція состоитъ изъ стропильныхъ фермъ (чер. 2, листъ 13), передающихъ грузъ только на опорныя стѣны и какъ бы висящихъ надъ пролетомъ. Въ самомъ простомъ видѣ стропильная ферма висячей системы состоитъ изъ двухъ стропильныхъ ногъ *ac* и *cb* (чер. 2) и затяжки *ab*, въ концы которой врублены или закрѣплены концы стропильныхъ ногъ. Такимъ образомъ система эта представляетъ изъ себя замкнутый треугольникъ.

Чѣмъ значительнѣе перекрываемый пролетъ, тѣмъ сложнѣе стропильная конструкція, которая бываетъ очень разнообразна и заключается, главнымъ образомъ, въ способѣ укрѣпленія стропильныхъ ногъ для большаго ихъ сопротивленія изгибу.

При изученіи наиболѣе употребительныхъ способовъ устройства стропилъ мы примемъ за основаніе раздѣленіе ихъ по конструкціи и по матеріалу.

I. Деревянныя стропила.

§ 57.

а) Стропила наслонной системы.

По преимуществу устраиваются изъ дерева.

Въ обыкновенныхъ жилыхъ домахъ, подраздѣленныхъ капитальными стѣнами на отдѣльныя помѣщенія, всегда возможно имѣть подпорныя точки, расположенныя вдоль по средней линіи строенія. При такихъ условіяхъ, при устройствѣ крышъ, почти всегда избирается наслонная система стропилъ, какъ наиболѣе дешевая, простая и прочная.

Если мы имѣемъ строеніе съ внутренней капитальной стѣной, идущей вдоль посрединѣ его, то для устройства системы наслонныхъ стропилъ, надъ этой капитальной стѣной на чердакѣ выводятъ каменные столбы (чер. 3, л. 13, *a*—поперечный, *b*—продольный разрѣзы) при разстояніи ихъ между собою, смотря по мѣстнымъ условіямъ, отъ $1\frac{1}{2}$ до 4 саж. Поверхъ ихъ располагаютъ прогонъ *c* и, если разстояніе между столбами приближается къ предѣльному, то этотъ прогонъ подпирается подкосами *g* и *g* (см. продольный разрѣзъ *b*).

По наружнымъ стѣнамъ, близъ ихъ внутренней поверхности, кладутся мауерлаты *e* и *e*, на которые опираются стропильныя ноги; верхніе концы послѣднихъ должны быть соединены неподвижно и врублены въ прогонъ *c*.

Стропильныя ноги, соотвѣтствуя размѣрамъ обрѣшетки, обыкновенно располагаются на разстояніи около 1 саж. одна отъ другой.

При обыкновенныхъ размѣрахъ продажныхъ бревенъ и брусьевъ длина свободной части стропильной ноги не должна быть болѣе 2 саженъ; если же длина ноги превышаетъ эту норму, то ее подпираютъ, какъ это показано на чер. 3, подкосомъ *d*, упертымъ въ прогонъ *f*, или укрѣпляютъ другимъ какимъ-либо образомъ, чтобы предупредить изгибъ.

На каменные столбы, для огражденія прогона *c* отъ сырой каменной кладки и для болѣе равномѣрной передачи давленія на столбъ, укладываются подкладки изъ сухого, просмоленнаго дерева.

На чер. 1, л. 13, показанъ примѣръ устройства стропилъ наслонной системы, въ которой средины стропильныхъ ногъ подперты не подкосомъ, а расположены на прогонахъ, лежащихъ на каменныхъ столбахъ, поставленныхъ на поперечныхъ стѣнахъ зданія.

Вмѣсто каменныхъ столбовъ можно употребить и деревянныя стойки, основанныя на стѣнахъ, на колоннахъ или же на концахъ потолочныхъ балокъ. Нижніе концы стоекъ вводятся въ общій продольный прогонъ, расположенный вдоль чердака.

Наслонная система стропилъ въ особенности удачно примѣняется для фабричныхъ зданій, всегда имѣющихъ значительную ширину хотя и безъ внутреннихъ продольныхъ стѣнъ, но съ рядами колоннъ, расположенныхъ вдоль зданія.

На чер. 4 и 5, л. 13, въ продольномъ и поперечномъ разрѣзѣ представлены стропила, коихъ фермы передаютъ, воспринимаемый ими грузъ,

не только на наружныя стѣны, но и на внутренніе ряды колоннъ; точно такъ же, какъ и въ предшествовавшихъ примѣрахъ (чер. 1 и 3) въ воспринятіи груза крыши принимаютъ участіе, какъ наружныя стѣны, такъ и внутреннія продольныя и поперечныя.

Какъ видно изъ чер. 4 и 5, чердачное покрытіе фабрики устроено изъ несгораемыхъ матеріаловъ и состоитъ изъ такъ наз. англійскаго способа покрытія *), т.-е. изъ желѣзныхъ двутавровыхъ балокъ, идущихъ поперекъ зданія и стыкающихся на колоннахъ. На главныя балки расположены второстепенныя тоже двутавровыя, но меньшаго поперечнаго сѣченія, балочки, промежутки между которыми заполнены цементно-бетонной массой. Вдоль чердака, соотвѣтственно рядамъ колоннъ, уложены деревянные брусья (*m*, *m*), на которые, черезъ каждыя двѣ сажени, поставлены вертикальныя стойки (*mn*), врубленныя въ горизонтальный брусъ шипами. На верхушки стоекъ нарублены прогоны *e* и *f*, которые, въ виду значительныхъ разстояній между стойками, подперты подкосами (чер. 5), чѣмъ пролеты уменьшены до половины.

На внутреннемъ обрѣзѣ наружныхъ стѣнъ укладываютъ мауерлаты вокругъ всего зданія. Такимъ образомъ, двѣ стропильныя ноги, взаимно опирающіяся своими вершинами, составляютъ ферму и располагаются на четырехъ точкахъ *c*, *e*, *f*, *d*. Этимъ можно бы закончить всю конструкцію, такъ какъ она вполнѣ опредѣляетъ форму двускатной крыши, но въ виду того, что въ точкахъ *c* и *e* отъ дѣйствія изгибающей силы и груза стропильныхъ фермъ будетъ проявляться распоръ—въ точкѣ *e*, равный $\frac{Q}{2}$ *Cotg.* α, а въ точкѣ *c* равный P *Sin* α *Cos* α, если α = углу наклоненія стропильной ноги къ горизонту, Q—нагрузка на часть стропильной ноги *eb*, а P—на часть *ce*, то для противодѣйствія этимъ горизонтальнымъ усиліямъ, а также для надлежащей устойчивости стоекъ *mn* вводятся схватки *ck*, *ld* и *ef*, состоящія каждая изъ двухъ толстыхъ досокъ (чер. 5), соединенныхъ болтами. Съ лѣвой стороны чертежа 4, листъ 13, стропильная нога сопрягается съ горизонтальнымъ брусомъ *co*, зубомъ и шипомъ, какъ это показано детально на чер. 6 того же листа, и притянута болтомъ, расположеннымъ перпендикулярно къ поверхности стропильной ноги. Брусъ *co* сращивается съ двумя горизонтально на ребро положенными досками *ok* въ видѣ схватокъ, защемляющія конецъ бруска *oc* и стойку *mn*.

Изъ чер. 6 видно, что сращиваніе бруска *co* со схватками достигается двумя болтами съ желѣзными шайбами.

Съ правой стороны чер. 4 показана другая конструкція, поясненная на чер. 8 вертикальнымъ разрѣзомъ по лин. *gh* (чер. 4); здѣсь конецъ стропильной ноги непосредственно обхватывается схватками *ld* и связывается съ ними болтами; можно примѣнять или тотъ или другой способъ, причемъ первый способъ даетъ болѣе совершенное сопряженіе.

Описанныя фермы наслонной системы могутъ быть поставлены на разстояніи 2 саженъ одна отъ другой; но такъ какъ подрѣшетка подъ

*) См. чер. 6, листъ 9.

кровлю состоитъ изъ брусковъ толщиною не болѣе 1—1¼ верш., то такое значительное разстояніе повлекло бы за собой прогибъ брусковъ отъ тяжести кровли и груза, на ней лежащаго, въ виду чего, для уменьшенія разстоянія между стропилами, вводятся еще промежуточныя стропильныя ноги (*rs*, *tu* чер. 5), состоящія только изъ двухъ наклонныхъ брусьевъ, не вводя въ конструкцію схватокъ. Такъ какъ мауерлатъ хорошо скрѣпленъ со всей системой стропилъ въ главныхъ фермахъ, то этого совершенно достаточно, чтобы противодѣйствовать небольшому распору отъ промежуточныхъ стропильныхъ ногъ.

Для устройства спуска кровли и настѣннаго желоба надъ карнизомъ къ боку стропильной фермы, прибивается доска *q* (чер. 6, 7, 8), срѣзанная нѣсколько подъ меньшимъ угломъ къ горизонту чѣмъ стропила, вслѣдствіе чего крыша получаетъ здѣсь переломъ и переходитъ къ болѣе пологому скату.

Наслонная система стропилъ даетъ возможность устройства совершенно открытаго чердака въ средней части. Поперечные размѣры брусьевъ показаны на чертежахъ въ вершкахъ.

На чер. 9, 10 и 11, листъ 13, представлены въ поперечномъ и продольномъ разрѣзахъ стропила такой же системы, перекрывающія фабричное строеніе шириною внутри 84 фута.

Здѣсь стропильныя ноги въ видѣ наклонныхъ брусьевъ *bc* и *bd*, кромѣ взаимнаго упора въ вершинѣ, поддерживается каждая тремя опорами, изъ коихъ внутреннія опоры состоятъ изъ рядовъ вертикальныхъ стоекъ, соотвѣтствующихъ рядамъ колоннъ въ этажѣ. Стойки соединены другъ съ другомъ насадками и схватками вдоль строенія; поперечная же связь между столбами и ихъ надлежащая устойчивость достигается введеніемъ поперечныхъ схватокъ *ce*, *ef*, *gm*, *kk*. Главныя фермы располагаются на разстояніи 2 саженъ одна отъ другой, а въ промежутки между ними (чер. 10), на тѣ же продольные брусья, кладутся стропильныя ноги *rs*, *rs* (чер. 10) безъ всякихъ поперечныхъ скрѣпленій, какъ наклонныя балки, свободно лежащія на опорахъ. Для продольной связи между столбами служатъ схватки *m* и *n*.

Въ виду значительной длины стропильной ноги (около 7 саж.) она можетъ быть составная, причемъ достаточно прочное сращиваніе достигается замкомъ (чер. 11), стянутымъ двумя болтами.

На черт. 1, листъ 14, изображена стропильная ферма, примѣняемая при весьма значительной ширинѣ фабричнаго зданія съ четырьмя рядами колоннъ. При такихъ условіяхъ устраивать висячую ферму и передавать весь грузъ крыши только на двѣ наружныя стѣны представляется невыгоднымъ; необходимо ввести въ сопротивленіе этому грузу и внутренніе ряды колоннъ, что въ данномъ случаѣ достигается распредѣленіемъ нагрузки на промежуточныя точки *c* и *d*.

Стропильныя фермы ставятся на разстояніи отъ 14 до 16 футовъ (чер. 2, продольный разрѣзъ), смотря по разстоянію между срединами оконныхъ простѣнковъ, а сверхъ стропильныхъ ногъ въ точкахъ *e*, *f*, *a*, *b*, *g*, *h*, *k*— кладутся горизонтальные прогоны, на которые располагаются второстепен-

ныя стропильныя ноги меньшаго поперечнаго сѣченія и на разстояніи не болѣе 1 саж. одна отъ другой. По нимъ уже устраивается обрѣшетка подъ желѣзную кровлю (чер. 3).

Если кровельный матеріалъ мелокъ и тяжелъ, то уклонъ скатовъ и размѣры поперечнаго сѣченія рѣшетинъ измѣняются. Такъ какъ въ большинствѣ случаевъ въ нашемъ отечествѣ самая доступная по своей стоимости, легкая и удобная несгораемая кровля—изъ листоваго желѣза, то всѣ системы стропилъ, которыя мы будемъ разсматривать ниже, предполагаются для желѣзной кровли.

Итакъ, стропильная ферма (чер. 1, листъ 14) воспринимаетъ грузъ кровли въ точкахъ *e*, *f*, *a*, *b*, *g*, *h*, *k*, причемъ грузъ въ точкахъ *e* и *k* уничтожается сопротивленіемъ опоръ; въ точкахъ *f* и *h* передается на сжатіе подкосовъ *fc* и *hd* и частей *ef* и *hk* стропильныхъ ногъ. Въ точкѣ *m* (деталь изображена на чер. 3) стропильная нога опирается на прогонъ *m*, идущій перпендикулярно чертежу и нарубленный на рядъ стоекъ *cm* и, наконецъ, въ точкѣ *b* вертикально дѣйствующее усиліе разлагается на двѣ составляющія по направленію стропильныхъ ногъ. Здѣсь же мы видимъ новую часть стропильной фермы — *bn*, называемую б а б к о й, къ которой подвѣшаны схватки *mn* и на вершинѣ которой располагается коньковый брусъ (деталь чер. 4, листъ 14). Стропильныя ноги, кромѣ врубки зубомъ и шипомъ, соединяются съ бабкой двумя желѣзными накладками, связанными болтами.

Размѣры поперечныхъ сѣченій брусьевъ показаны на чертежѣ 3 въ сантиметрахъ.

Для предупрежденія прогиба схватокъ *ec* и *dk* подъ нихъ въ мѣстахъ *r* и *s* подложены деревянные чураки въ видѣ подкладокъ.

Если необходимо имѣть свободный чердакъ, то наслонная система стропилъ можетъ быть устроена, какъ показано на чер. 5. Ширина строенія соотвѣтствуетъ обыкновенному городскому многоэтажному дому для квартиръ, т.-е. отъ 7 до 8 саж. Здѣсь стропильныя ноги лежатъ на пяти продольныхъ прогонахъ *a*, *b*, *c*, *d*,*e*, и зъ коихъ *a* и *e* расположены на внутреннихъ обрѣзахъ наружныхъ стѣнъ; *b* и *d*—нарублены на деревянныя стойки *ff*; прогонъ же *c* въ конькѣ крыши лежитъ на каменныхъ столбахъ *h* ,возведенныхъ на каменныхъ продольныхъ стѣнахъ. Столбы эти могутъ и не быть въ одной плоскости съ деревянными стойками *ff*, которыя вмѣстѣ съ главными стропильными фермами устанавливаются по длинѣ строенія на разстояніи отъ 2 и болѣе саженъ одна отъ другой. Между главными фермами располагаются промежуточныя стропильныя ноги, опираясь на тѣ же пять прогоновъ, какъ наклонныя балки.

Въ этой конструкціи наслонныхъ стропилъ мы видимъ слѣдующія особенности: во-1-хъ, въ виду расположенія каменной продольной стѣны посрединѣ зданія, крыша является къ одному боку несимметричной, съ разными уклонами скатовъ. Во-2-хъ, такъ какъ дымовыя трубы и вытяжные каналы располагаются обыкновенно въ продольной внутренней каменной стѣнѣ и выводятся на чердакъ и сверхъ крыши, то коньковый брусъ лежитъ не на столбѣ, а сбоку, на особомъ выступѣ. Въ-3-хъ, укрѣпленіе

вертикальныхъ стоекъ достигается ригелемъ k и подкосами s, s; послѣдніе упираются въ поперечные брусья g, g, однимъ концомъ задѣланные въ стѣны, а другимъ врубленные въ продольные прогоны n, n. Въ эти же поперечные брусья g, g врубаются шипами и вертикальныя стойки f, f.

Схватки o, o связываютъ подкосъ съ концомъ стропильной ноги.

Для избѣжанія прогиба ригеля k, k, вслѣдствіе значительной его длины, вводятся подкосы m, m. Равнымъ образомъ такими же подкосами слѣдуетъ подпирать и прогоны b и d, если разстоянія между главными фермами болѣе 2-хъ саженъ.

Такіе чердаки въ частныхъ домахъ служатъ сушильнями для бѣлья и должны быть снабжены слуховыми окнами для надлежащаго освѣщенія и провѣтриванія.

Стропила односкатной крыши, примѣняемой нерѣдко въ городскихъ постройкахъ, могутъ быть очень удобно устроены наслонной системы, какъ это показано на чер. 12 и 13, листъ 13. Въ первомъ случаѣ грузъ стропильныхъ ногъ передается на два прогона, изъ коихъ верхній нарубается на деревянныя стойки, прислоненныя къ каменному брандмауеру, а нижній исполняетъ назначеніе мауерлата. Кромѣ того, имѣется подкосъ и схватка.

На чер. 13 того же листа представлена система стропилъ, примѣняемая въ томъ случаѣ, когда необходимо удобное чердачное помѣщеніе.

Недостатокъ этихъ стропилъ состоитъ въ томъ, что большая часть груза крыши передается на средину потолочныхъ балокъ, что должно быть принято во вниманіе при расчетѣ самихъ балокъ. При этомъ продольный прогонъ является необходимымъ для передачи давленія крыши по возможности на большее число балокъ.

Что касается вообще до передачи давленія крыши на потолочныя балки, то хотя это и упрощаетъ конструкцію стропилъ, однако неудобства такого пріема прежде всего выражаются въ сотрясеніяхъ, испытываемыхъ балками отъ перемѣнной нагрузки въ зависимости отъ давленія вѣтра; въ особенности вліяютъ порывы вѣтра. Послѣдствіемъ этихъ сотрясеній являются трещины на штукатуркѣ потолковъ.

§ 58.

Опредѣленіе размѣровъ частей стропилъ наслонной системы.

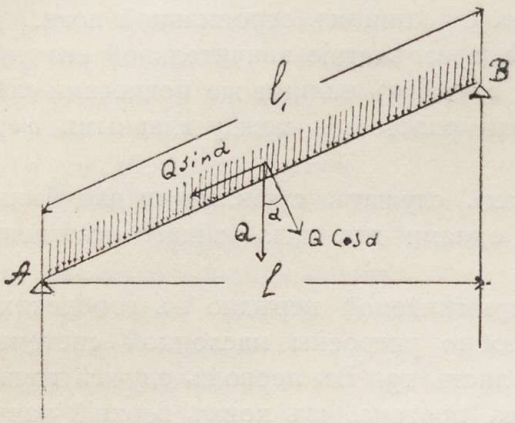
Стропильныя ноги въ наслонной системѣ разсчитываются, какъ наклонныя балки, нагруженныя равномѣрно, причемъ, принимая за пролетъ горизонтальное разстояніе между опорами, наибольшій сгибающій моментъ выражается той же самой формулой, какъ и для балки, лежащей горизонтально; въ этомъ легко убѣдиться на основаніи слѣдующихъ соображеній:

Положимъ, что Q (чер. 488) есть равнодѣйствующая груза, равномѣрно распредѣленнаго на балкѣ AB, наклонной къ горизонту подъ угломъ α; l_1 — длина балки, а l — горизонтальная проекція этой длины.

Сила Q разложится на двѣ составляющія $Q \sin \alpha$ и $Q \cos \alpha$, изъ коихъ послѣдняя будетъ сгибать балку, и моментъ изгиба M выразится, какъ извѣстно,

$$M = \frac{Q \cos \alpha \, l_1}{8}.$$

Чер. 488.



Но

$$l_1 = \frac{l}{\cos \alpha}.$$

Поэтому

$$M = \frac{Q \cos \alpha}{8 \cos \alpha} = \frac{Q\, l}{8}.$$

Слѣдовательно, наклонъ балки не имѣетъ вліянія на величину сгибающаго момента; онъ опредѣляется такъ же, какъ и для балки, лежащей горизонтально при длинѣ ея равной l и грузѣ Q.

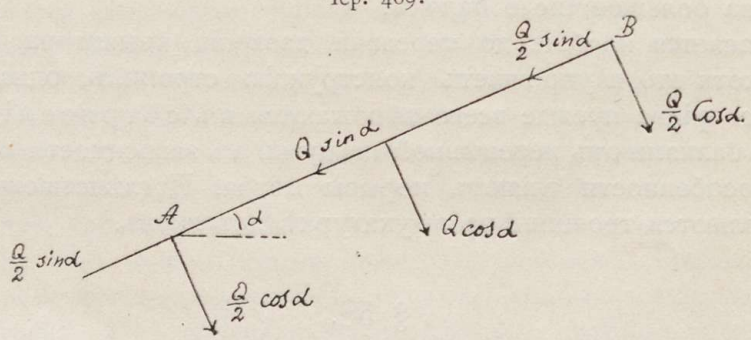
Составляющая $Q \sin \alpha$ (чер. 488), направленная по оси стропильной ноги, стремится сдвинуть ее внизъ и если въ точкѣ A она уперта, а въ точкѣ B закрѣплена, то этимъ сопротивленіемъ уравновѣшивается сила $Q \sin \alpha$. На это слѣдуетъ обратить вниманіе при устройствѣ наслонныхъ стропилъ.

Грузъ, дѣйствующій на балку, распредѣляется на каждую изъ опоръ A и B по $\frac{Q}{2}$; эта сила (чер. 489) разложится на двѣ составляющія:

1) $\frac{Q}{2} \cos \alpha$, направленную перпендикулярно къ положенію стропильной ноги и

2) $\frac{Q}{2} \sin \alpha$, направленную параллельно положенія стропильной ноги.

Чер. 489.



Каждая изъ этихъ двухъ наклонныхъ силъ можетъ быть разложена на 2 составляющія — горизонтальную и вертикальную. При этомъ мы получимъ (чер. 490): по вертикальному направленію сумму двухъ усилій, дѣйствующихъ внизъ, и равныхъ

$$\frac{Q}{2} \cos^2 \alpha + \frac{Q}{2} \sin^2 \alpha = \frac{Q}{2} (\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha) = \frac{Q}{2},$$

а по горизонтальному направленію двѣ равныя и другъ другу противоположныя силы:

$$\frac{Q}{2} \sin \alpha \,.\, \cos \alpha - \frac{Q}{2} \cos \alpha \,.\, \sin \alpha,$$

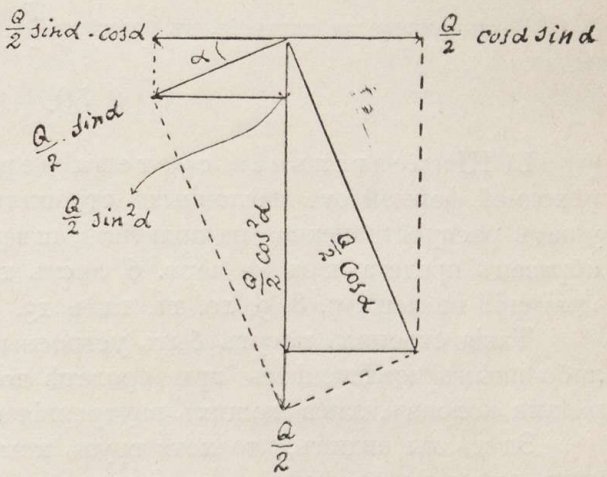
т. к. силы эти взаимно уравновѣшиваютъ, то верхній конецъ балки распора не проявляетъ. Это вполнѣ ясно видно и изъ графическаго построенія на чер. 490.

То же самое относится и къ нижнему концу балки.

Слѣдовательно, въ точкахъ A и B дѣйствуютъ только вертикальныя силы $\frac{Q}{2}$ и никакого распора не будетъ.

Если же стропильная нога въ вершинѣ будетъ не расположена, а уперта въ горизонтальный брусъ или въ вертикальную стойку или стѣну, то она проявитъ распоръ.

Чер. 490.



Для примѣрнаго расчета возьмемъ наслонную ферму, представленную на чер. 4, листъ 13, и изобразимъ ее схематически на чер. 491.

Положимъ, что вся ферма загружена равномѣрнымъ грузомъ и что на часть стропильной ноги bc дѣйствуетъ равнодѣйствующая Q, а на часть ab — равнодѣйствующая P; тогда на точки a, b, c переходятъ усилія:

На точку a сила $\frac{P}{2}$

„ „ b „ $\frac{P}{2}+\frac{Q}{2}$

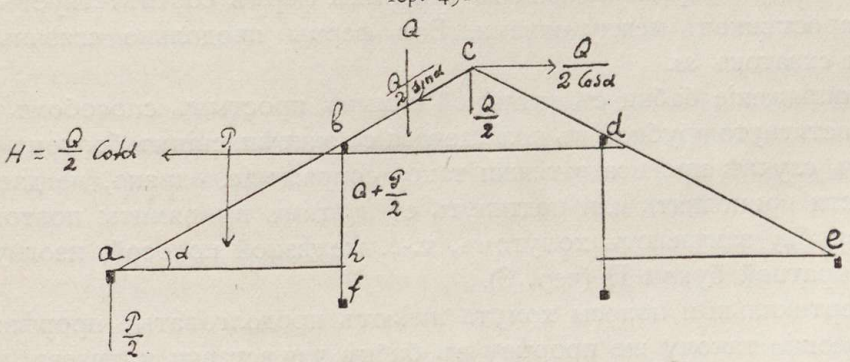
„ „ c „ $\frac{Q}{2}$

Сгибающіе моменты M и M_1 равны

$$M=\frac{Pl}{8},\ M_1=\frac{Ql_1}{8}.$$

Въ точкѣ c сила $\frac{Q}{2}$ разложится на горизонтальную $\frac{Q}{2\cos\alpha}$ и по направленію стропильной ноги на $\frac{Q}{2\sin\alpha}$. Первая уничтожается дѣйствіемъ равной и противопо-

Чер. 491.



ложной силы отъ другой стропильной ноги, а вторая, т.-е. $\frac{Q}{2\sin\alpha}$, перенесенная въ точку b, разложится на усиліе $H=\frac{Q\cdot\cos\alpha}{2\sin\alpha}=\frac{Q}{2}\,Cotg.\,\alpha$, которое будетъ дѣйствовать на растяженіе схватокъ bd и на вертикальную силу $\frac{Q\sin\alpha}{2\sin\alpha}=\frac{Q}{2}$. Кромѣ того, на эту же точку переходитъ давленіе $\frac{Q}{2}$; слѣдовательно, на точку b отъ верхней части стро-

пильной ноги *bc* будетъ переходить давленіе $\frac{Q}{2}+\frac{Q}{2}=Q$; а все давленіе на стойку *bf* равно $\frac{P+Q}{2}$.

Слѣдовательно, схватка *bd* при этой конструкціи необходима и работаетъ на растяженіе. Въ точкѣ *a* распоръ выразится равнымъ:

$$\frac{P}{2}cot.\,\alpha$$

Вертикальное же давленіе, въ размѣрѣ $\frac{P}{2}$, воспринимается мауерлатомъ.

§ 59.

b) Шпренгельная система деревянныхъ стропилъ. Переходной формой отъ наслонныхъ стропилъ къ висячимъ является, очень у насъ распространенная на практикѣ, шпренгельная система, которой образецъ представленъ на черт. 6, листъ 14, съ различными деталями сопряженій на черт. 7, 8, 9, 10, 11, 12, и 13.

Такія стропила могутъ быть устроены надъ фабричнымъ или какимъ-либо инымъ помѣщеніемъ при пролетѣ до 10 саж., раздѣленномъ двумя рядами колоннъ, замѣняющихъ внутреннія продольныя стѣны.

Здѣсь мы видимъ, что хотя грузъ крыши передается, кромѣ наружныхъ стѣнъ, и на колонны, но пролеты между стѣнами и колоннами перекрываются шпренгелями, которые, въ свою очередь, и передаютъ грузъ крыши на эти опоры. Шпренгеля состоятъ изъ бабки *g*, двухъ подкосовъ *k*, *k* и общей обоимъ шпренгелямъ затяжки *mn*, проходящей насквозь по длинѣ всей фермы; въ срединѣ затяжка сращена и служитъ для настила.

Шесть продольныхъ прогоновъ (*a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*) расположены на вершинахъ шести вертикальныхъ столбовъ, укрѣпленныхъ горизонтальными схватками и служатъ, какъ и въ предшествовавшей системѣ стропилъ, опорами для стропильныхъ ногъ, размѣщенныхъ на разстояніи не болѣе 1 саж. одна отъ другой; расположеніе же главныхъ фермъ соотвѣтствуетъ срединамъ простѣнковъ между окнами. Всѣ фермы продольно связаны двумя парами схватокъ *ss*.

Сопряженіе бабки съ затяжкой самымъ простымъ способомъ можетъ быть достигнуто врубкой въ полъ дерева съ закрѣпленіимъ болтомъ (чер. 7).

Въ случаѣ провиса затяжки такое сопряженіе, однако, не даетъ возможности приподнять или подтянуть ее и этимъ выпрямить; поэтому простую врубку замѣняютъ хомутомъ, т.-е. желѣзной полосой, изогнутой въ видѣ обратной буквы П (чер. 8).

Вертикальныя полосы хомута имѣютъ продолговатые прорѣзы, соотвѣтствующіе такому же прорѣзу въ бабкѣ для вставки клиньевъ, которые можно подбивать и этимъ подтягивать затяжку. Дѣйствіе клиньевъ понятно изъ чер. 11.

Еще удобнѣе хомутъ замѣнить двумя, вертикально расположенными, желѣзными полосами, прикрѣпленными къ бабкѣ тремя болтами (чер. 10). Нижніе концы полосъ удлинены въ видѣ винтовой нарѣзки; на нихъ надѣвается, какъ шайба, горизонтальная накладка поперекъ затяжки и завин-

чивается гайками; подвинчивая гайки, можно достигнуть тѣхъ же результатовъ. Въ обоихъ случаяхъ бабка входитъ въ затяжку шипомъ, который, однако, не опускается на всю глубину гнѣзда, а оставляется запасъ для подъема затяжки въ случаѣ провисанія.

Такая же шпренгельная система стропилъ можетъ быть устроена надъ пролетомъ безъ всякихъ колоннъ, какъ это показано на чер. 3, листъ 15. Здѣсь имѣется шпренгельная о двухъ стойкахъ (*dh* и *ek*) балка *a*, *d*, *e*, *f*, которая и составляетъ главную сопротивляющуюся часть стропильной фермы; на ней, а также и на стойкахъ *a* и *f*, установленныхъ на концахъ балки *af*, располагаются продольные прогоны *p*, *b*, *c*, *r*, на которыхъ лежатъ стропильныя ноги.

Три пары горизонтальныхъ схватокъ приводятъ всю систему въ бо́льшую связь и устойчивость въ случаѣ односторонней нагрузки.

Въ вершинѣ (*s*) фермы, продольнаго прогона нѣтъ и стропильныя ноги взаимно другъ въ друга опираются, при чемъ врубка дѣлается въ $^1/_2$ дерева и скрѣпляется или деревяннымъ нагелемъ или болтомъ.

Такія фермы, перекрывая пролетъ около 7 саженъ, располагаются на разстояніи отъ $1^1/_2$ до 2 саженъ одна отъ другой, а между ними, опираясь на прогоны, укладываются второстепенныя стропильныя ноги въ разстояніи не болѣе 1 саж. одна отъ другой.

Сопряженіе бабокъ съ затяжкой (въ точкѣ *h*) показано на чер. 7, 8, 9 и 10, листъ 14; подкосъ сопрягается съ затяжкой (въ точкахъ *a* и *f*) посредствомъ зуба и шипа (чер. 11, листъ 14 *A* и *B*) и, кромѣ того, скрѣпляется болтомъ. Въ точкѣ *d* соединяются три бруса: ригель, подкосъ и бабки. Сопряженіе это детально представлено на чер. 14, листъ 14, изъ котораго видно, что для большей связи врубки скрѣпляются двумя накладками (о трехъ отросткахъ), соединенныхъ другъ съ другомъ болтами.

§ 60.

c) **Висячая система деревянныхъ стропилъ.** Эта система устраивается надъ помѣщеніями, не имѣющими, кромѣ наружныхъ стѣнъ, никакихъ другихъ опоръ въ видѣ внутренныхъ, поперечныхъ и продольныхъ стѣнъ или рядовъ колоннъ. Стропильныя фермы опираются только на наружныя стѣны и какъ бы висятъ надъ пролетомъ; отсюда и названіе ихъ—висячія.

Какъ было уже упомянуто, самаго простого вида, такія стропильныя фермы состоятъ изъ двухъ стропильныхъ ногъ *ac* и *cb* (чер. 2, листъ 13) и затяжки *ab*.

Усилія въ такой трехугольной фермѣ распредѣляются слѣдующимъ образомъ: предположимъ, что мы имѣемъ стропильную ферму *acb* (чер. 492). Если $2Q$ составляютъ всю нагрузку на стропильную ферму, то въ вершинѣ *c* будетъ дѣйствовать сила Q, а усиліе, дѣйствующее на верхній конецъ каждой изъ стропильныхъ ногъ въ точкѣ *c*, будетъ $= \frac{Q}{2}$; обозначая черезъ α уголъ наклоненія стропильныхъ ногъ къ горизонту и разлагая

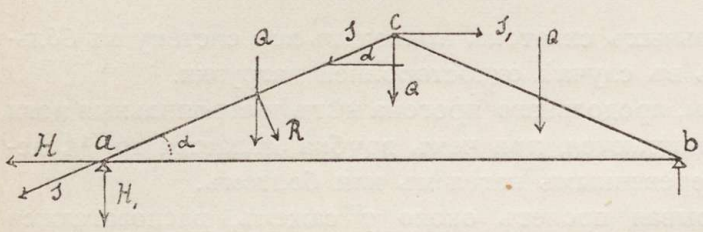
послѣднее усиліе (т.-е. $\frac{Q}{2}$) на двѣ, составляющія S и S_1 мы видимъ, что послѣдняя изъ нихъ уравновѣшивается противоположнымъ дѣйствіемъ такой же силы отъ другой стропильной ноги, а первая выведется изъ уравненія

$$\frac{Q}{2} = S \sin \alpha;$$

откуда

$$S = \frac{Q}{2 \sin \alpha} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1).$$

Чер. 492.



Сила эта будетъ сжимать стропильную ногу и, будучи приложена въ точкѣ a, разложится на двѣ, составляющія: H и H_1, изъ коихъ послѣдняя уравновѣшивается сопротивленіемъ опоры, а первая, т.-е. горизонтальная, дѣйствуетъ на растяженіе затяжки и равна:

$$H = S \cos \alpha = \frac{Q \cos \alpha}{2 \sin \alpha} = \frac{Q}{2} \operatorname{cotg} \alpha \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (2).$$

Отъ дѣйствія усилія Q на средину стропильной ноги получается сгибающее усиліе

$$R = Q \cos \alpha \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3).$$

Такимъ образомъ, мы видимъ, что стропильныя ноги подвергаются изгибу при сжатіи, а затяжки растяженію.

При этомъ, однако, слѣдуетъ замѣтить, что въ вершинѣ стропильныхъ ногъ дѣйствіе силы S и S_1 можетъ проявиться сжатіемъ волокнъ или скалываніемъ, смотря по характеру врубки.

Возмемъ численный примѣръ и опредѣлимъ размѣры поперечнаго сѣченія какъ затяжки, такъ и стропильныхъ ногъ, наклоненныхъ къ горизонту подъ угломъ $\alpha = 25^0$; предположивъ: 1) что разстояніе между стропильными фермами = 1 саж.; 2) что кровля предполагается желѣзная, слѣдов., вѣсомъ около 2 пудовъ кв. сажень; 3) давленіе вѣтра = 25 пуд. на кв. саж.; 4) давленіе снѣга = 18 пуд. и, наконецъ, собственный вѣсъ стропильной ноги (предполагая сѣченіе ея около $^1/_2$ кв. фута, принимая вѣсъ куб. фута дерева = 1 пуду) предположимъ = 3,5 пудамъ. Слѣдовательно, вѣсъ 1 кв. саж. получается

$$p = 2 + 25 + 18 + 3{,}5 = 48{,}5 \infty 50 \text{ пудовъ},$$

что составитъ на всю стропильную ногу, при ея длинѣ = 3 саж.

$$Q = 150 \text{ пудовъ}.$$

По уравненію 3-му, $R = Q \cos \alpha = 150 \times 0{,}91 = 136{,}5$ пуд.

„ „ 1-му, $S = \frac{Q}{2 \sin \alpha} = \frac{150}{2 \times 0{,}42} = 180$ пуд.

„ „ 2-му, $H = \frac{Q}{2} \operatorname{Cotg} \alpha = 75 \times 2{,}14 = 160{,}5$ п.

Сначала опредѣлимъ размѣры поперечнаго сѣченія стропильной ноги по отношенію къ сопротивленію изгибу, предполагая коэффиціентъ прочнаго сопротивленія дерева на изломъ = 24 пуд. на кв. д. и руководствуясь формулой

$$M\ max = 3h^3 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

$$M\ max = \frac{Rl}{8} = \frac{136 \times 252}{8} = 4184 = 3h^3,$$

$$h = \sqrt[3]{\frac{4184}{3}} = \sqrt[3]{1494} \infty 11{,}5 \text{ д.};$$

ширина

$$b = \frac{11{,}5 \times 3}{4} = 8{,}5 \text{ д.}$$

Площадь попереч. сѣченія $F = 98$ кв. д.

Кромѣ изгиба, стропильная нога подвергается еще сжатію отъ дѣйствія силы $S = 180$ пуд.

Для провѣрки можно руководствоваться таблицей Рондле (въ концѣ книги), изъ которой мы видимъ, что въ нашемъ случаѣ отношеніе $\frac{L}{D} = \infty 23$, а, слѣдовательно, произведя интерполяцію, мы получимъ сопротивленіе такого бруса на сжатіе равнымъ 13 пуд. на 1 кв. д., поэтому полученное сѣченіе надо увеличить на

$$\frac{180}{13} = 14 \text{ д.},$$

т.-е. мы получимъ въ сѣченіи $98 + 14 = 112$ кв. д.

Для округленности цифръ мы можемъ взять брусъ въ сѣченіи

$$12 \times 10 = 120 \text{ кв. д.}$$

Первоначально принятое нами сѣченіе было въ 98 кв. д., слѣдовательно, сжимающее усиліе S производило на каждый кв. дюймъ

$$\frac{180}{98} = 1{,}83 \text{ пуда},$$

что въ виду семикратной прочности, принятой для дерева преставляетъ величину незначительную; поэтому для обыкновенныхъ практическихъ цѣлей, при расчетѣ деревянныхъ стропилъ можно ограничиваться опредѣленіемъ размѣровъ поперечныхъ сѣченій стропильныхъ ногъ лишь на ихъ сопротивленіе изгибу.

На практикѣ нерѣдко приходится употреблять для стропилъ уже готовые, имѣющіеся въ продажѣ деревянные брусья, извѣстныхъ опредѣленныхъ поперечныхъ сѣченій; поэтому приходится разрѣшать вопросъ—какой длины можетъ быть стропильная нога безъ укрѣпленій при данныхъ поперечныхъ размѣрахъ ея.

Въ такомъ случаѣ, предполагая разстояніе между фермами въ 1 саж. и, руководствуясь формулой 4, мы имѣемъ:

$$3h^3 = \frac{150 \cos \alpha \cdot l}{8},$$

откуда

$$l = \frac{8 \cdot 3h^3}{150 \cdot \cos \alpha} = \frac{h^3}{6{,}25 \cos \alpha}.$$

Въ этой формулѣ размѣры въ дюймахъ.

Предположимъ, что $h = 10''$, что соотвѣтствуетъ наиболѣе распространенному и наиболѣе выгодному размѣру продажныхъ брусьевъ (т.-е. 6 верш.). Полагая $\alpha = 25^0$; получимъ:

$$l = \frac{1000}{6{,}25 \cdot 0{,}91} = 176'' = 2{,}1 \text{ саж.}$$

Изъ этого примѣра видно, что при обыкновенныхъ размѣрахъ стропильныхъ брусьевъ, длина неподкрѣпленной ноги не должна превышать 2 саж.

Что касается до затяжки ab въ нашемъ примѣрѣ, то, предполагая, что она несетъ грузъ потолка, для опредѣленія ея размѣровъ по отношенію къ сопротивленію изгибу, мы имѣемъ слѣдующіе данныя:

1) Длина затяжки 5,5 саж.

1) Собственный вѣсъ приблизительно 20 пудовъ.

3) Равномѣрно распредѣленный грузъ съ деревянной настилкой и временной нагрузкой $P = 220$ пуд.

Вставляя эти величины для наибольшаго сгибающаго момента M получимъ:

$$M = \frac{Pl}{8} = \frac{462'' \times 220}{8} = 12705.$$

$$3h^3 = 12705;$$

откуда

$$h = \sqrt[3]{\frac{12705}{3}} = 16{,}5 \text{ д.}$$

$$b = \frac{16{,}5 \times 3}{4} = 12{,}5 \text{ д.}$$

Площадь поперечнаго сѣченія $F = 12{,}5 \times 16{,}5 = 206$ кв. д.

Слѣдовательно, по отношенію къ растягивающему усилію $= H = 160$ пуд. (см. выше) при найденномъ поперечн. сѣченіи, на каждый кв. дюймъ распредѣляется еще усиліе $= \frac{160}{206} = 0{,}77$ пуда.

Такой ничтожной нагрузкой можно пренебречь въ виду семикратной надежности, принятой для сопротивленія дерева изгибу и расчитать затяжку только на изгибъ *).

Всѣ разнообразныя конструкціи стропилъ висячей системы отличаются другъ отъ друга способами укрѣпленія стропильныхъ ногъ и затяжекъ для противодѣйствія ихъ изгибу.

Къ деревяннымъ стропиламъ этого рода относятся такъ наз.: α) италіанская (Палладіева) система, сходная со шпренгельной; β) подкосная или трехугольная система; γ) многоугольная или нѣмецкая и δ) кружальная система.

Простѣйшій видъ укрѣпленія стропильныхъ ногъ заключается въ введеніи кромѣ затяжки ab (чер. 493) еще и ригеля cd. Если мы представимъ себѣ, что въ точкахъ c, e и d дѣйствуютъ сосредоточенные грузы Q и если уголъ наклоненія стропильной ноги къ горизонту равенъ α, то въ точкѣ c сила Q разложится на двѣ составляющія:

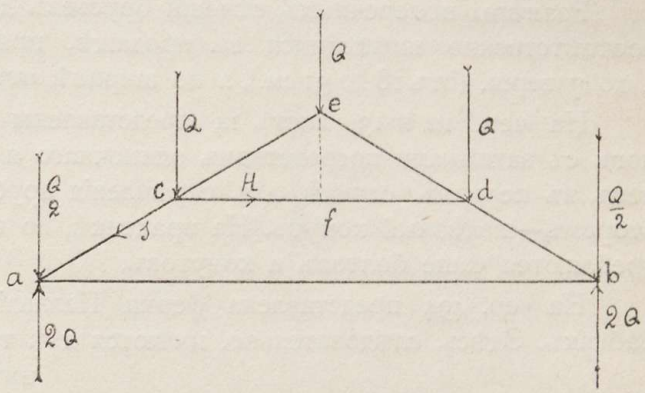
$$H = Q\,tg\,\alpha \text{ и } S = \frac{Q}{Sin\,\alpha}.$$

*) Обыкновенно для предупрежденія изгиба затяжки при пролетѣ болѣе 3-хъ саж. вводится вертикальный желѣзный болтъ или деревянная бабка.

Изъ коихъ первая будетъ сжимать ригель, а вторая — стропильную ногу; поэтому въ такой фермѣ ригель, хотя и направленъ параллельно затяжкѣ, но будетъ работать на сжатіе и для того, чтобы онъ отъ дѣйствія собственнаго вѣса не прогибался и тѣмъ не уменьшалъ бы своего сопротивленія на сжатіе, его необходимо подвѣшинѣ къ вершинѣ стропильныхъ ногъ деревянной бабкой или желѣзнымъ болтомъ (обозначено пунктиромъ).

Врубка концовъ ригеля въ стропильную ногу въ точкѣ *c* показано на на чер. 4, листъ 15, при чемъ конецъ ригеля отдѣльно изображенъ въ горизонтальной проекціи. Что же касается до сопряженія въ точкѣ *f*, т.-е. бабки съ ригелемъ, то это достигается по одному изъ способовъ, показанныхъ на чер. 7, 8 и 9, листъ 14.

Чер. 493.



Детали сопряженій деревянныхъ частей съ желѣзными будутъ показаны ниже при разсмотрѣніи смѣшанныхъ по матеріалу конструкціи стропилъ.

Если затяжка *ab* требуетъ, вслѣдствіе своей значительной длины, сращиванія, то оно можетъ быть достигнуто врубкой, показанной на чер. 498, скрѣплено болтами и накладками и подперта брускомъ, расположеннымъ вдоль чердака посрединѣ.

Деталь въ точкѣ *e*, сопряженія стропильныхъ ногъ съ бабкой, показано на чер. 1, листъ 15.

Описанная ферма можетъ быть расположена надъ пролетомъ въ 5—6 саж.

§ 61.

a) Въ Палладіевой системѣ главнѣйшая сопротивляющаяся часть фермы представляетъ одну или нѣсколько трапецій (чер. 5, листъ 15 и чер. 494 текстъ) и напоминаетъ шпренгель. Такъ на чер. 5 показаны стропила для пролета въ 6—7 саженъ. Здѣсь трапеція *a*, *b*, *c*, *d* состоитъ изъ двухъ подкосовъ *ab* и *cd*, ригеля *bc* и затяжки *ad*. Для предупрежденія прогиба послѣдней вводятся двѣ бабки *bk* и *cl*, къ которымъ, посредствомъ хомутовъ или врубокъ (см. чер. 7, 8, 9, листъ 14), подвѣшивается затяжка. Чтобы придать крышѣ форму, требуемую по проекту, въ видѣ двухъ скатовъ кладутся стропильныя ноги *se* и *re*, врубленныя въ затяжку зубомъ, а въ вершинѣ, сопрягающіяся простой накладкой. Такія фермы размѣщаются на разстояніи одной сажени одна отъ другой.

Сопряженіе частей въ точкахъ *a*, *k* и *b*—детально показаны на чер. 7, 8, 10, 12, 13 и 14, л. 14. Въ точкѣ *b* сходятся три бруса (чер. 14, листъ 14):

ригель, вершина бабки и подкосъ; послѣднее сопряженіе дѣлается врубкой зубомъ и шипомъ. Съ обѣихъ сторонъ сопрягаемыхъ брусьевъ располагается желѣзная накладка о трехъ отросткахъ для подкоса, бабки и ригеля. Обѣ накладки соединяются болтами. Накладки могутъ быть замѣнены и желѣзными скобами.

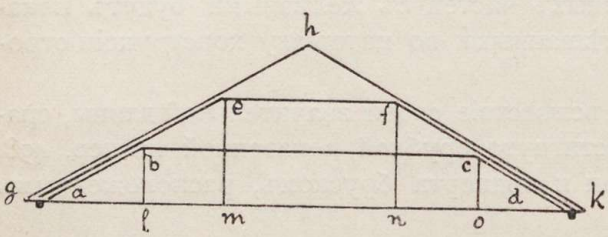
Въ вершинѣ стропилъ мы имѣемъ врубку двухъ наклонныхъ брусьевъ, что дѣлается простой накладкой въ $^1/_2$ дерева со скрѣпленіемъ желѣзнымъ болтомъ или деревяннымъ нагелемъ.

Размѣры поперечныхъ сѣченій брусьевъ для деревянныхъ стропилъ, соотвѣтственно имѣющимся въ продажѣ, принимаются по высотѣ отъ 4 до 7 верш. (отъ 18 до 31 см.), а по ширинѣ отъ 4 до 5 верш. (18—22 см.).

На чер. 12 и 13, листъ 14 представлены сопряженія стропильныхъ ногъ съ затяжками посредствомъ одиночнаго я двойнаго зуба и шипа, при чемъ въ первомъ случаѣ для скрѣпленія врубки примѣнена скоба, а во второмъ—желѣзный хомутъ. На практикѣ, во всѣхъ случаяхъ, скобы употребляются чаще болтовъ и хомутовъ.

На чер. 494 представлена ферма Палладіевой системы о четырехъ бабкахъ. Здѣсь, слѣдовательно, имѣются двѣ трапеціи *a, e, f, d* и *a, b, c, d*, имѣющія общую затяжку и какъ бы вставленныя одна въ другую, а поверхъ ихъ располагаются стропильныя ноги *gh* и *hk* для приданія крышѣ вида двускатной поверхности. Затяжка подвѣшена въ 4-хъ мѣстахъ (*l, m, n, o*).

Чер. 494.



Такъ какъ при обыкновенныхъ размѣрахъ брусьевъ бабки ставятся на разстояніи около 2 саж. одна отъ другой, то такія стропила могутъ быть устроены надъ пролетами отъ 10 до 12 саж.

Среднія бабки (*em* и *fn*) врубаются въ ригель *bc*, который ихъ пересѣкаетъ, въ полдерева, такъ какъ всѣ брусья фермы находятся въ одной плоскости. Затяжка *gk* можетъ состоять изъ частей, которыя сращиваются въ мѣстахъ подвѣса къ бабкамъ.

Если мы сравнимъ наслонную систему о двухъ стойкахъ (чертежъ 4, листъ 13) со шпренгельной и италіанской системой (чер. 3 и 5, листъ 15) съ двумя бабками, то увидимъ, что въ послѣднихъ двухъ системахъ бабки имѣютъ совершенно другое назначеніе сравнительно со стойками. Въ наслонной системѣ стойки служатъ опорами и работаютъ на сжатіе; въ шпренгельной и италіанской системѣ бабки совсѣмъ не принимаютъ участія въ сопротивленіи грузу крыши, а поддерживаютъ лишь затяжку, предупреждая ея изгибъ, т.-е производятъ небольшую работу на растяженіе.

Такъ, напр., усилія, дѣйствующія въ точкахъ *g* и *h* (чер. 5, листъ 15) разлагаются каждая на двѣ составляющія, изъ которыхъ одна направлена по наклонной сторонѣ трапеціи (напр., по *ab*), а другая—по ригелю *bc*.

Первая будетъ сжимать подкосъ ab, а вторая ригель—bc. Затяжка ad будетъ испытывать растяженіе.

Такъ, предположимъ, что на точки b и c (чер. 495) одновременно дѣйствуютъ равные грузы Q, Q, которыхъ составляющія, направленныя перпендикулярно къ положенію стропильной ноги, равна $R = Q\ Cos\ \alpha$. Это усиліе разложиться въ свою очередь на двѣ составляющія на $H = \frac{R}{sin\ \alpha}$ и на $S = \frac{R}{tg\ \alpha}$, сжимающія подкосъ и ригель.

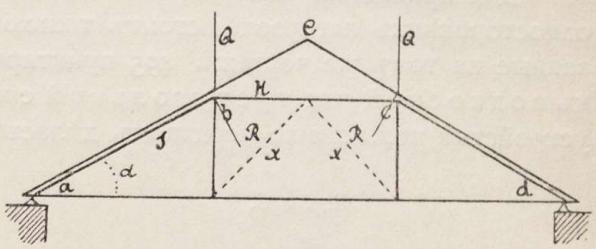
Размѣры поперечныхъ сѣченій этихъ брусьевъ, соотвѣтственно дѣйствующимъ на нихъ усиліямъ, легко выводятся, опредѣливъ минимальный моментъ инерціи (см. стр. 211) изъ формулы

$$J\ min = 83\ Hl^2$$
$$J_1\ min = 83\ Sl_1^2$$

Здѣсь H и S приняты въ тоннахъ, а l и l_1 въ метрахъ.

Если ширина бруса b, а вышина h, то

Чер. 495.



$$J\ min = \frac{hb^3}{12}.$$

Примѣръ. Положимъ, что $H = 4\ t.$; $l = 5$ м., тогда

$$J\ min = \frac{hb^3}{12} = 83 \times 4 \times 25 = 8300.$$

Если $h = 20$ см., то

$$b = \sqrt[3]{\frac{8300 \times 12}{20}} = 17 \text{ см.}$$

(Въ двухъ таблицахъ въ концѣ книгѣ показаны величины J_m, принимая $J_m = 100\ pl^2$ и при отношеніи $\frac{b}{h} = \frac{2}{3}$, а также при $h = b$).

Такимъ же образомъ опредѣляются размѣры поперечнаго сѣченія и для подкоса ab (чер. 495); хотя составляющая S всегда будетъ меньше H, но для удобства сопряженій обыкновенно принимаютъ одно и то же поперечное сѣченіе, какъ для ригеля такъ и для подкоса.

§ 62.

β) Подкосная или трехугольная система деревян. стропилъ.

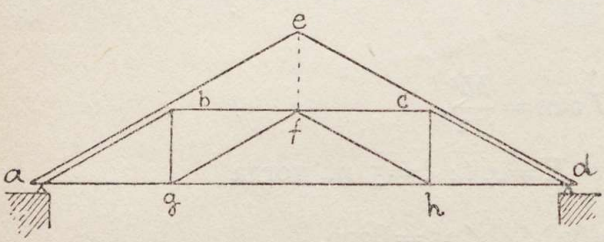
Разсмотрѣнныя нами стропила, какъ наслонныя, такъ и висячія, итальянской системы, принадлежатъ къ конструкціямъ статически неопредѣленнымъ и могутъ сопротивляться внѣшнимъ усиліямъ лишь при условіи равномѣрной и симметричной нагрузки. Въ случаѣ же односторонней нагрузки, напр., давленія вѣтра, эта конструкція не вполнѣ отвѣчаетъ своему

назначенію; такія стропила, не представляя замкнутой трехугольной системы при такихъ условіяхъ не могутъ передавать нагрузку на опоры безъ измѣненія своей геометрической формы.

Напримѣръ, по отношенію къ Палладіевой системѣ, въ которой главная сопротивляющаяся часть имѣетъ видъ трапеціи *a*, *b*, *c*, *d* (чер. 495), представимъ, что на эту трапецію дѣйствуетъ только одна сила *Q*, положимъ, правая. Грузъ этотъ не можетъ быть переданъ на опоры безъ измѣненія геометрической формы трапеціи, такъ какъ сила *H*, направленная по *bc* и приложенная въ (.) *c*, встрѣчаетъ брусъ *cd* подъ угломъ и будетъ его вращать около точки *d*, а брусъ *ab*—около точки *a*, вслѣдствіе чего форма трапеціи измѣнится и приметъ другой видъ.

Для приведенія системы въ состояніе неизмѣняемое, при дѣйствіи одностороннихъ нагрузокъ, стоитъ только ввести два подкоса *x* и *x*, показанные на томъ же чертежѣ 495 пунктирно; этимъ мы уже переходимъ къ подкосной или трехугольной системѣ. Очевидно, что при такомъ устройствѣ пользованіе чердакомъ дѣлается болѣе затруднительнымъ.

Чер. 496.



На чер. 496 схематически представлена такая ферма, состоящая изъ трапеціи *e b c d* (какъ въ палладіевой системѣ), двухъ бабокъ *gb* и *ch*, подверженныхъ сжатію и двухъ подкосовъ *gf* и *hf*.

Такая ферма представляется статически опредѣленной и, если въ точкахъ *a b e c d* расположить прогоны и на нихъ второстепенныя стропильныя ноги на разстояніи 1 саж. одна отъ другой, то въ этихъ точкахъ будутъ дѣйствовать сосредоточенные грузы и всѣ части стропильной фермы будутъ испытывать или растяженія или сжатіе, но не изгибъ. Если же не вводить прогоны, а обрѣшетить стропила подъ желѣзную или какую-либо иную кровлю, то нагрузка расположится равномѣрно по всей стропильной ногѣ и тогда послѣдняя, а также и подкосъ *ab* будутъ подвергнуты изгибу, а остальныя части или вытягиванію или сжатію.

Детали сопряженія деревянныхъ брусьевъ, составляющихъ стропильную ферму, остаются тѣ же, что и въ предшествовавшихъ случаяхъ.

На чер. 6, листъ 15, показана стропильная ферма трехугольной системы для пролета въ 5—6 саж. Она состоитъ изъ двухъ стропильныхъ ногъ *ac* и *cb*, затяжки *ab*, бабки *cf* и двухъ подкосовъ *fd* и *fc*, подпирающихъ стропильныя ноги въ предупрежденіе ихъ изгиба. Сопряженіе подкосовъ съ бабкой и со стропильными ногами показаны на чер. 2 и 7, листъ 15.

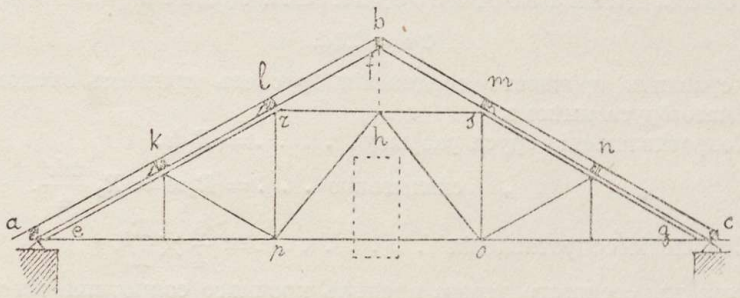
Стропила о трехъ бабкахъ трехугольной системы, для пролетовъ отъ 8 до 9 саж., изображены на чертежѣ 8, листъ 15. Въ такихъ фермахъ грузъ крыши въ значительной своей части передается подкосами *ed* и *fd* на средину стропильной затяжки, гдѣ она подвѣшана къ бабкѣ *dc*. Въ такой

фермѣ стропильныя ноги и подкосы испытываютъ сжатіе, а бабки и затяжки растяженіе.

Детали сопряженія частей показаны выше.

Стропила о четырехъ бабкахъ статически опредѣленной конструкціи, при которой внѣшнія усилія, дѣйствующія на ферму въ любомъ направленіи, передаются на опоры, не вызывая никакихъ измѣненій въ геометрической формѣ конструкціи, представлены схематически на чер. 497.

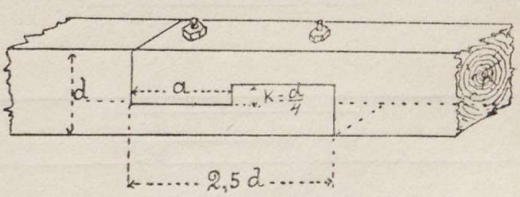
Чер. 497.



Эта ферма напоминаетъ шпренгельную систему, чер. 6, листъ 14, и передаетъ грузъ крыши на четыре опорныя точки *a*, *p*, *o*, *c*. но при этомъ стропила висятъ надъ пролетомъ и опираются только на двѣ наружныя стѣны.

Распоръ стропильныхъ ногъ уничтожается затяжкой *eg*, а ихъ прогибъ—брусками, расположенными по трехугольной системѣ. Въ точкахъ *p* и *o* затяжка подвѣшена къ бабкамъ и здѣсь можетъ быть устроено ея сращиваніе. Для этой цѣли вполнѣ пригодна самая простая врубка прямымъ замкомъ (чер. 498).

Чер. 498.



Размѣры врубки опредѣляются на основаніи слѣдующихъ соображеній: если мы имѣемъ два бруса, срощенные прямымъ замкомъ (чер. 498), то такое соединеніе можетъ разрушиться отъ скалыванія выступающей части врубки по площади *ae*, если *e* ширина бруса, и отъ снятія боковой грани *ke*; поэтому скалывающейся части надо дать такую длину, при которой сопротивленіе скалыванію площади *ae* было равно сопротивленію смятію *ke*.

Называя черезъ R_3 прочное сопротивленіе скалыванію и черезъ R_4—прочное сопротивленіе смятію дерева на кв. см., мы получимъ для опредѣленія длины *a*, уравненіе

$$R_3 ae = R_4 ke,$$

откуда

$$\frac{a}{k} = \frac{R_4}{R_3}.$$

На основаніи опытовъ надъ сосновымъ деревомъ можно принять:

$$R_3 = 10 \text{ кг., а } R_4 = 50 \text{ кг. на см}^2.$$

Толщину k принято, для предупрежденія ломкости, дѣлать въ $\frac{1}{4}d$, гдѣ d — высота поперечнаго сѣченія бруса, поэтому получимъ:

$$\frac{a}{k}=\frac{50}{10}=5,$$

а такъ какъ

$$k=\frac{d}{4},$$

то

$$a=\frac{5}{4}d.$$

Слѣдоват., длина всего соединенія будетъ

$$2a=2{,}5d.$$

Чтобы сравнить прочность соединенія брусьевъ прямымъ замкомъ съ прочностью цѣльнаго бруса имѣемъ:

Сопротивленіеніе бруса разрыву . . . . . $= R_1 de.$

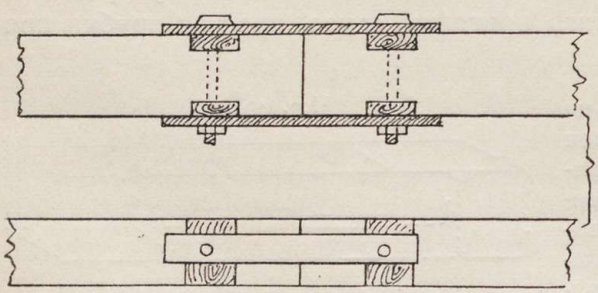
„ „ скалыванію . . . $= R_3 ae = R_3 \frac{5de}{4}.$

Отношеніе сопротивленій . . . . . $= \frac{5}{4} \times \frac{R_3}{R_1}.$

Принимая для сосноваго дерева предѣлъ прочнаго сопротивленія разрыву $R_1 = 62$ кг. на кв. см., получимъ для сопротивленія замка $\frac{5}{4} \cdot \frac{10}{62} = \infty \frac{1}{5}$ сопротивленія разрыву цѣльнаго бруса.

Поэтому, если есть возможность, то лучше для затяжки брать цѣльный брусъ или скрѣплять сращиваніе желѣзными накладками. Вмѣстѣ съ тѣмъ приведенныя соображенія указываютъ на то, что при длинныхъ затяжкахъ выгоднѣе примѣнять вмѣсто дерева болтовое желѣзо, что обыкновенно и дѣлается. Болѣе прочное сращиваніе съ помощью желѣзныхъ накладокъ показано на чер. 499.

Чер. 499.



На главныя фермы описаннаго вида (чер. 497) располагаются въ точкахъ a, k, l, b, m, n и c, продольные прогоны, которые нѣсколько врубаются въ стропильныя ноги (чер. 10 и 14, листъ 15) и кромѣ того удерживаются въ своемъ положеніи кобылками (a), прибитыми гвоздями.

На продольные прогоны, на разстояніи не болѣе 1 саж. одна отъ другой, кладутся второстепенныя стропильныя ноги (ab и bc чер. 497), по которымъ настилается обрѣшетка подъ кровельный матеріалъ.

§ 63.

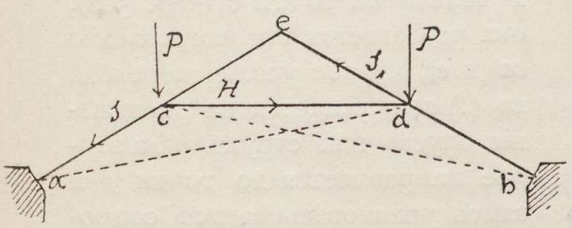
γ) **Многоугольная система деревянныхъ стропилъ.** Если перекрытіе помѣщеній не требуетъ потолка и стропила остаются совершенно откры-

тыми, какъ, напр., при устройствѣ нѣкоторыхъ заводскихъ или торговыхъ зданій, складовъ и проч. или желаютъ увеличить высоту помѣщенія не увеличивая высоты наружныхъ стѣнъ, то висячая система стропилъ дѣлается безъ затяжки и принимаетъ видъ многоугольной системы, т.-е. ограниченной снизу трехугольникомъ или многоугольникомъ.

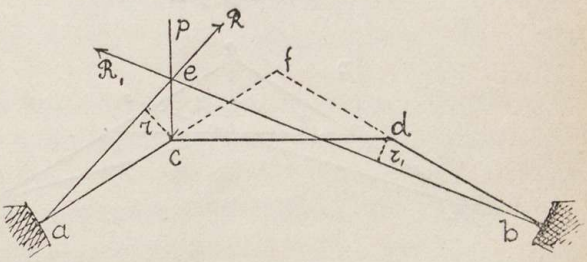
Самый простой видъ этаго типа стропилъ представляетъ статически неопредѣленная ферма (чер. 500), состоящая изъ двухъ стропильныхъ ногъ *ae* и *eb* и ригеля *cd*.

Въ такихъ фермахъ распоръ въ точкахъ *a* и *b* не уничтожается затяжкой, такъ какъ ее нѣтъ, а передается на опорныя стѣны, размѣры и конструкція которыхъ должны быть таковы, чтобы сопротивляться, какъ поступательному, такъ и вращательному движенію и передавать грузъ крыши безъ всякихъ поврежденій фундаменту. Чѣмъ больше высота опорныхъ стѣнъ отъ ихъ основанія до точки приложенія горизонтальныхъ усилій, тѣмъ большій опрокидывающій ихъ моментъ; поэтому стараются расположить концы стропильныхъ ногъ не на самую вершину стѣнъ, а по воз-

Чер. 500.



Чер. 501.



можности ниже, чтобы уменьшить этотъ моментъ. Кромѣ того, распоръ необходимо распредѣлять равномѣрно по длинѣ опорныхъ стѣнъ, для чего вдоль послѣднихъ на ихъ вершинѣ укладываются горизонтально брусья (мауерлаты), которые принимаютъ на себя распоръ и передаютъ его стѣнамъ.

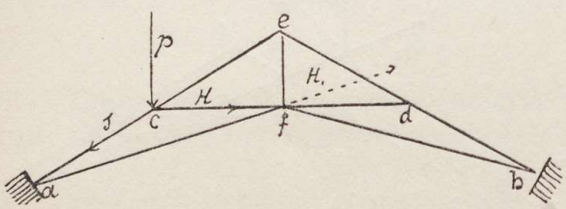
Если въ стропилахъ съ ригилемъ (чер. 500) мы будемъ разсматривать трапецію *a c d b*, какъ главную сопротивляющуюся часть фермы и если предположить, что въ *c* и *d* имѣются шалниры, а, слѣдоват., онѣ неспособны воспринимать моменты, то равновѣсіе возможно только при условіи дѣйствія въ этихъ точкахъ совершенно одинаковыхъ вертикальныхъ силъ *P* и *P*, расположенныхъ симметрично относительно вертикальной средней оси. Наоборотъ, при дѣйствіи силы *P* только въ одной изъ точекъ, наприм., въ точкѣ *c*, а въ *d* она равна нулю, то равновѣсіе невозможно, такъ какъ сила *H*, направленная по *cd*, встрѣтитъ силу S_1, направленную по бруску *db*, который составляетъ не продолженіе *cd*, а расположенъ къ нему подъ угломъ, поэтому сила *H* ни чемъ не уравновѣшивается.

Чтобы достигнуть равновѣсія и устойчивости стропильной фермы, необходимо точки *c* и *d* закрѣпить, сдѣлать невращающимися и способными воспринимать моменты; при такихъ условіяхъ, если въ (.) *c* дѣйствуетъ нагрузка *P* (чер. 501), то, разлагаясь въ какой-нибудь точкѣ *e* на двѣ составляющія по направленіямъ *ea* и *eb*, встрѣчаетъ противодѣйствіе опоръ *R* и R_1. Гдѣ собственно будетъ находиться точка *e*, намъ неизвѣстно; мы знаемъ только, что она должна быть по направленію силы *P*. Слѣдовательно, при принятомъ нами положеніи точки *e*, моментъ силы *R*, относи-

тельно точки c равенъ Rr, а моментъ силы R_1 относительно (.) d равенъ R_1r_1. Оба эти момента будутъ вращать части стропильныхъ ногъ ac и db около точекъ c и d и пока скрѣпленія въ этихъ точкахъ имѣютъ достаточное сопротивленіе вращенію—распора на стѣны не будетъ; онъ проявится лишь въ незначительной степени отъ дѣйствія силы, сгибающей брусокъ ac.

Хотя распоръ и уничтожается прочнымъ скрѣпленіемъ въ точкахъ c и d путемъ тщательной врубки, желѣзныхъ паковокъ и неразрѣзной, по всей своей длинѣ, стропильной ноги af, но во всякомъ случаѣ на это нельзя надѣяться вслѣдствіе усушки дерева. Для большей жесткости конструкціи и неизмѣняемости геометрической формы, точки c и d соединяются непосредственно съ опорными точками (чер. 500) брусками ad и cb и получается ферма, ограниченная снизу двумя наклонными поверхностями (Нѣмецкая система). Тѣмъ же требованіямъ удовлетворяютъ и стропила, показанныя на чер. 502, въ которыхъ точка f соединяется съ a и b. Такая ферма является уже геометрически и статически опредѣленной, какъ при равномѣрной и одинаковой, такъ и при несимметричной и неодинаковой нагрузкѣ, передавая грузъ на опоры. Въ случаѣ дѣйствія силы P только въ точкѣ c (чер. 502), она разлагается по направленію ca и cf; первое усиліе, переходя въ (.) a, передается на растяженіе бруска или струнъ af, а второе направляется до точки f и здѣсь уравновѣшивается сопротивленіемъ того же стержня af.

Чер. 502.



Такая ферма носитъ названіе Нѣмецкой.

На чер. 9, листъ 15, представлена стропильная ферма, въ которой затяжка служитъ вмѣстѣ съ тѣмъ и потолочной балкой. Стропила перекрываютъ пролетъ около 15 метровъ, при чемъ затяжка можетъ быть или подвѣшана посрединѣ къ стропильной бабкѣ желѣзной тягой или, какъ это показано на чертежѣ, подперта деревяннымъ прогономъ, лежащимъ на столбахъ. Въ обоихъ случаяхъ, въ виду значительной длины потолочной балки, она должна быть не цѣльная, а сращенная посрединѣ, при чемъ, такъ какъ эта балка, кромѣ изгиба испытываетъ и растяженіе, то слѣдуетъ обратить вниманіе на прочность сращенія и устроить его съ металлическими накладками и введеніемъ поперечныхъ дубовыхъ шпонокъ, какъ показано на чер. 499. Разсматриваемая ферма состоитъ изъ двухъ стропильныхъ ногъ cd и de чер. 9, листъ 15 подстропковъ cf и eg, (въ кои врубаются концы стропильныхъ ногъ), бабки dh и подкосовъ x и y; всѣ эти части вмѣстѣ съ затяжкой ab, находятся въ одной плоскости и схватываются двойными схватками: наклонными k и n и горизонтальными mm. Поверхъ стропильныхъ ногъ вдоль строенія располагаются семь продольныхъ прогоновъ c, o, p, d, r, s, e, удерживаемыхъ, на наклонной поверхности стропильныхъ ногъ, кобылками a (чер. 10, листъ 15). Стропильныя фермы размѣщаются на разстояніи до 2-хъ саженъ одна отъ другой, соотвѣтственно располо-

женію простѣнковъ между окнами; наклонные же брусья *tu* и *ut*, чтобы дать возможность устройства обыкновенной подрѣшетки подъ желѣзную кровлю, располагаются на разстояніи около 1 сажени одинъ отъ другого.

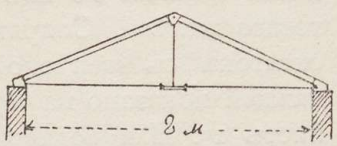
Такая система, сокращая расходы на устройство покрытія верхняго этажа, даетъ въ то же самое время совершенно открытый чердакъ.

§ 64.

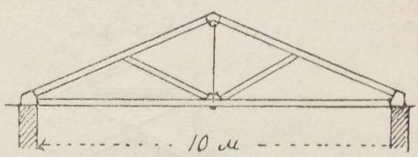
II. Смѣшанная конструкція стропилъ.

Во многихъ случаяхъ является выгоднымъ и болѣе удобнымъ нѣкоторыя части деревянныхъ стропилъ замѣнять металлическими, при чемъ части, подверженныя вытягиванію, дѣлаются изъ железа и дерева, а сжатію, изъ дерева и изъ чугуна. Вмѣстѣ съ тѣмъ чугунное литье даетъ возможность примѣнять коробки и башмаки при сопряженіяхъ концовъ деревянныхъ брусьевъ, что всегда надежнѣе и прочнѣе врубокъ, подвергающихся усушкѣ и измѣненіямъ.

Чер. 503.



Чер. 504.

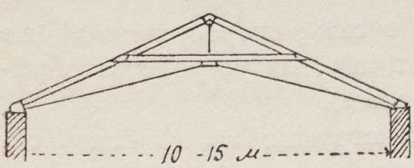


На чер. 503 до 508, представлены стропила смѣшанной конструкціи при пролетахъ отъ 8 до 20 метровъ.

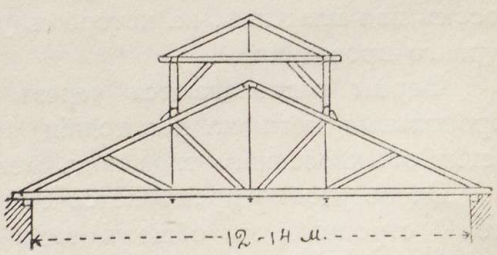
Двойными линіями на чер. обозначены деревянные брусья, а одиночными—желѣзные стержни.

На чер. 503 изображена самая простая ферма, висячей системы, въ которой двѣ стропильныя ноги деревянныя, а затяжка и бабка желѣзныя. Въ концахъ стропильныхъ ногъ и въ вершинѣ помѣщаются чугунныя коробки.

Чер. 505.



Чер. 506.



На чер. 504—всѣ части деревянныя за исключеніемъ бабки, состоящей изъ болтоваго желѣза.

Такъ называемая нѣмецкая система (чер. 505), о которой было уже упомянуто выше, имѣетъ двѣ стяжки и бабку болтоваго желѣза, а остальныя части деревянныя.

На чертежахъ 506, 507—изображены фермы смѣшанной конструкціи американской системы стропилъ, съ верхнимъ свѣтомъ въ видѣ фонаря. Чер. 508, представляетъ ферму раскосной системы.

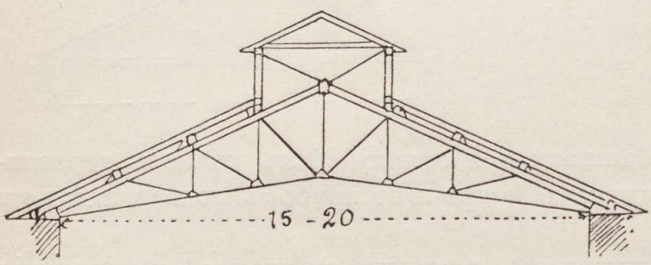
Детальное сопряженіе частей стропильныхъ фермъ смѣшанной конструкціи и опредѣленіе ихъ размѣровъ будутъ указаны ниже.

Для покрытія заводскихъ помѣщеній, складовъ и вообще строеній значительныхъ пролетовъ, открытыми стропилами, можетъ быть примѣнена смѣшанная ферма висячей конструкціи (чер. 11, листъ 15), въ которой только затяжка и часть бабки желѣзная, а остальныя части всѣ деревянныя.

Съ нижней стороны, деревянные брусья и схватки, составляющіе ферму, образуютъ многоугольникъ a, b, c, d, e, f.

Стропила состоятъ изъ двухъ стропильныхъ ногъ gh и hk, врубленныхъ концами въ мауерлаты g и k, послѣдніе расположены на стойкахъ n, вершины коихъ обхватываются двумя схватками, составляющими продолженіе затяжки be изъ болтоваго желѣза. Сопряженіе схватокъ съ желѣзной затяжкой показано на чер. 13, листъ 15. Для поддержанія каждой стропильной ноги вводится два подкоса ao и nc, подпирающіе ногу въ двухъ мѣстахъ. Отклоненіе подкоса nc во внутрь предупреждается введеніемъ двойныхъ схватокъ въ видѣ ригеля cd.

Чер. 507.



Затяжка подвѣшана къ бабкѣ h болтомъ h', какъ это показано на чер. 12, листъ 15.

Стропила могутъ быть подшиты снизу досками, что и показано на нашемъ чер. 11. Это придаетъ всему внутреннему помѣщенію болѣе законченный видъ.

Если помѣщеніе, перекрываемое этими стропилами, должно быть теплое, то, поверхъ подшитыхъ брусьевъ, располагается настилъ изъ толстыхъ досокъ или пластинъ, на которомъ устраивается смазка и насыпается слой дурнаго проводника.

Фермы располагаются черезъ каждыя 2 саж.; второстепенныя же стропильныя ноги на разстояніи не болѣе 1 саж., для устройства обрѣшетки обыкновеннаго типа подъ желѣзную кровлю.

Очень удобно примѣняется смѣшанная конструкція къ нѣмецкой системѣ стропилъ, въ общемъ видѣ указанныхъ на чер. 505, а детально изображенная на чер. 1, листъ 16. Стропила могутъ быть расположены надъ пролетомъ до 15—16 метр., онѣ состоятъ изъ деревянныхъ стропильныхъ ногъ, горизонтальнаго ригеля cd, въ видѣ двойныхъ схватокъ изъ толстыхъ досокъ, желѣзныхъ болтовыхъ тягъ ae и eb и такой же подвѣски ef изъ круглаго желѣза.

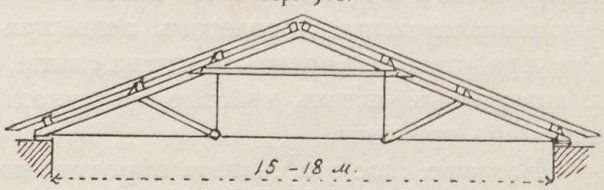
Въ вершинѣ стропильныя ноги сопрягаются посредствомъ особой чугунной коробки, детально изображенной на чер. 2, *A*, *B*, *C*, листъ 16. Черезъ коробку проходитъ болтъ, подхватывающій ригель и скрѣпляющій коньковый брусъ съ вершиною стропилъ.

Наиболѣе простой способъ сопряженія подвѣски *e f* со схватками ригеля и концами желѣзныхъ стяжекъ—детально показанъ въ фасадѣ, планѣ и разрѣзѣ на чер. 2, *A*, *B*, *C*, листъ 16.

Концы стропильныхъ ногъ упираются въ чугунные башмаки, лежащіе на каменныхъ стѣнахъ, при чемъ, какъ видно изъ чер. 3, листъ 16, болтъ проходитъ черезъ дерево стропильной ноги сквозь заднюю стѣнку башмака и завинчивается гайками. Просверливаніе дерева длинной цилиндрической скважиной, составляетъ слабую сторону этого скрѣпленія, поэтому удобнѣе устраивать такъ, какъ показано на чер. 7, того же листа.

Здѣсь стяжки оканчиваются развилиной, обхватывающей конецъ стропильной ноги. Развилина оканчивается проушинами, черезъ которыя, а также черезъ дыры, просверленныя въ двухъ вертикально поставленныхъ уголкахъ, проходитъ болтъ. Съ обѣихъ сторонъ конца стропильной ноги, для избѣжанія смятія, привинчиваются шурупами двѣ желѣзныя накладки. Конецъ стропильной ноги устанавливается на подкладочный камень.

Чер. 508.



Поверхъ стропильныхъ ногъ (чер. 1) располагаются продольные брусья на разстояніи 2 метровъ одинъ отъ другого, а на нихъ—или непосредственно настилается сплошной дощатый настилъ подъ соотвѣтственный кровельный матеріалъ или укладываются, съ промежутками до 1 саж., второстепенныя стропильныя ноги, къ которымъ прибивается обрѣшетка подъ желѣзную кровлю.

На чер. 4, листъ 16, показанъ образецъ стропильной фермы смѣшанной конструкціи съ двумя желѣзными подвѣсками и затяжкой; остальныя части деревянныя. Стропила располагаются надъ пролетомъ въ 8—9 саженъ и поддерживаютъ продольные брусья, на которыхъ лежатъ второстепенныя ноги, несущія обрѣшетку подъ желѣзную кровлю.

Если такія фермы перекрываютъ котельное помѣщеніе, мастерскія и т. п., то продольные брусья обшиваются снизу и сверху досками, какъ показано детально на чер. 6, листѣ 16. Нижняя дощатая обшивка обивается войлокомъ или соломенными матами и дранью и оштукатуривается, а верхній настилъ покрывается желѣзомъ.

Такія стропила будутъ вполнѣ опредѣленной треугольной системы, если добавить еще три желѣзныхъ стержня, какъ это показано на чер. 4, листъ 16, пунктирно по направленіямъ *a b*, *b c* и *b h*. Введя подвѣску ригеля *f g* болтомъ *b h*, мы получаемъ возможность воспользоваться ригелями для устройства теплаго горизонтальнаго потолка, расположивъ на его верхнюю поверхность накатъ изъ пластинъ съ надлежащей смазкой, а нижнюю по-

верхность обшить тесомъ и оштукатурить по войлоку. При такихъ условіяхъ внутренная наклонная подшивка досками по прогонамъ дѣлается лишь отъ *d* до *f* и отъ *e* до *g*.

Сопряженія частей строительной фермы въ точкахъ *d* и *a* показаны детально на чер. 5, листѣ 16, въ планѣ и въ двухъ разрѣзахъ.

Чугунный башмакъ *d* приспособленъ къ помѣщенію конца стропильной ноги и къ закрѣпленію съ помощью горизонтальнаго болта концовъ двойной болтовой затяжки *da*. Въ точкѣ *a*, сопрягаются концы двойной затяжки *da*, деревяннаго подкоса и двухъ желѣзныхъ стержней *af* и *ac*; если же система приведена въ треугольную связь, то и стержня *ab*, показаннаго пунктиромъ.

§ 65.

Американская система висячихъ стропилъ смѣшанной конструкціи.

Укрѣпленіе стропильныхъ ногъ въ этой системѣ достигается введеніемъ болтовъ и подкосовъ, что даетъ возможность устраивать перекрытія весьма значительныхъ пролетовъ, подвергая весь матеріалъ, составляющій ферму, работать или на изгибъ или на сжатіе, направленныя по оси стержней не вызывая въ частяхъ дѣйствіе неуравновѣшенныхъ и неопредѣленныхъ моментовъ вращенія.

Названіе свое эта система вѣроятно получила вслѣдствіе сходства съ мостовыми американскими фермами, состоящими изъ двухъ поясовъ, между которыми располагаются болты и подкосы; впрочемъ эта же система носитъ названіе англійской.

На чертежѣ 506 и 507 показаны схематически два примѣра такихъ стропилъ смѣшанной конструкціи надъ пролетами отъ 12 до 20 метр., съ верхнимъ свѣтомъ въ видѣ фонаря надъ конькомъ крыши. При равномѣрной симметричной или неравномѣрной и несимметричной нагрузкѣ такой фермы—подкосы всегда подвержены сжатію, а болты и затяжка растяженію.

Достаточно поверхностнаго взгляда, чтобы видѣть ясную и простую конструкцію этой системы, въ которой дерево и желѣзо размѣщены соотвѣтственно своимъ свойствамъ. Благодаря простотѣ и раціональности, эта конструкція, преимущественно передъ другими, примѣняется при устройствѣ металлическихъ стропилъ изъ желѣза и чугуна, т.-е. изъ болѣе дорогого, сравнительно съ деревомъ матеріала, такъ какъ она требуетъ наименьшей затраты этого матеріала.

Въ примѣрѣ, изображенномъ на чер. 506, стропильныя ноги, затяжки и подкосы—деревянные, а вертикальныя части изъ желѣзныхъ полосъ круглаго поперечнаго сѣченія. Во-второмъ примѣрѣ (чер. 507)—подкосы чугунные или желѣзные, затяжка тоже желѣзная и къ срединѣ нѣсколько приподнятая, что даетъ возможность, уменьшая длину подкосовъ, увеличивать этимъ ихъ сопротивленіе на сжатіе.

Подробности устройства американской стропильной фермы, смѣшанной конструкціи, показана на чер. 7, листъ 17, для пролета отъ 12 до 14 метр.

Такія стропила могутъ быть устроены надъ мастерскими, котельной, паровознымъ депо и т. п. Прочное сопряженіе покосовъ и болтовъ со стропильной затяжкой достигается съ помощью чугунной коробки (чер. 8, листъ 17), скрѣпленной съ затяжкой болтами. Въ вершинѣ стропилъ помѣщается коробка (чер. 9, *C*), сходная съ показанной на чер. 2, листѣ 16, разница лишь въ томъ, что здѣсь имѣются два двойныхъ ушка, съ которыми скрѣпляются тяги *x* и *y*, помѣщенныя въ фонарѣ.

Къ стропильной затяжкѣ, перекрывающей фонарь, струны *x* и *x* прикрѣпляются съ помощью болтовъ, какъ показано на чер. 9, *D*, листъ 17.

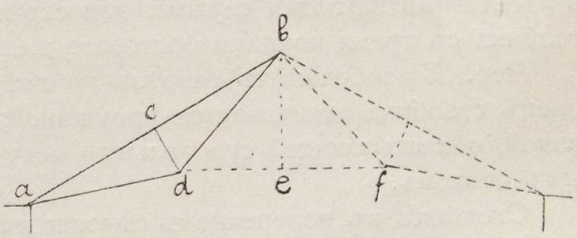
§ 66.

Растяжная система стропилъ смѣшанной конструкціи.

Для предупрежденія изгиба, стропильныя ноги въ растяжной системѣ укрѣпляются слѣдующимъ образомъ: предположимъ, что мы имѣемъ равномѣрно-нагруженную стропильную ногу *ab* (чер. 509); въ срединѣ ея, тамъ, гдѣ дѣйствуетъ наибольшій изгибающій моментъ, поставимъ въ плоскости ноги столбикъ или подпорку *cd* и соединимъ конецъ ея *d* съ концами *a* и *b* стропильной ноги струнной или желѣзной полосой. При такихъ условіяхъ подпорка будетъ сжата, а струна подвержена растяженію. Пока струна не измѣнитъ своей длины и точки *c* и *d* не перемѣстятся — стропильная нога не прогнется, такъ какъ она въ точкѣ *c* будетъ лежать, какъ на постоянной опорѣ и изгибающія ее усилія передадутся на концы стропильной ноги, гдѣ уничтожаются сопротивленіемъ сжатію.

Если мы двѣ, укрѣпленныя такимъ образомъ стропильныя ноги, соединимъ затяжкой *df* (чер. 509), то получимъ вполнѣ законченную ферму (какъ это показано пунктиромъ), непроизводящую никакого распора на стѣны. Такая ферма носитъ названіе растяжной системы или системы Polonceau.

Чер. 509.



Чтобы предупредить провисаніе затяжки, она подвѣшивается къ вершинѣ стропильныхъ ногъ тягой *be*.

Смотря по величинѣ перекрываемаго пролета и длинѣ стропильныхъ ногъ, система усложняется введеніемъ 2, 3 и болѣе подпорокъ, какъ это показано на чер. 510, *A*, *B*, *C* и *D*.

При устройствѣ смѣшанныхъ по матеріалу стропилъ по системѣ Полонсо—дерево служитъ для стропильныхъ ногъ, чугунъ и дерево для подпорокъ и желѣзо, въ видѣ круглыхъ или прямоугольныхъ полосъ, для струнъ.

На чер. 1, листъ 17, представлена такая ферма съ деталями, для пролетовъ отъ 12 до 15 м.

Уже одинъ изящный и правильный видъ этой фермы внушаетъ пол-

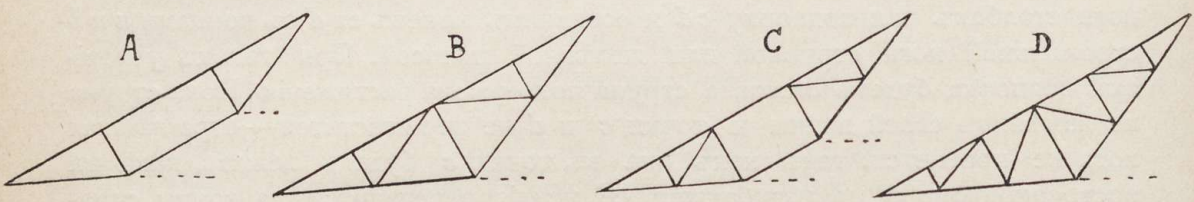
ное довѣріе къ ея прочности и неизмѣняемости подъ вліяніемъ груза. Детали сопряженія металлическихъ частей съ деревянными и между собой—просты и удобны.

Въ точкѣ *M* (чер. 1, листъ 17), кромѣ вертикальнаго подвѣса *R M*, затяжка встрѣчается еще съ концами горизонтальной продольной тяги, связывающей стропила по длинѣ. Изъ чер. 4 *A* и *B*, видно, что для сопряженія четырехъ горизонтальныхъ и одного вертикальнаго конца болтоваго желѣза, примѣнены два желѣзныхъ диска, между которыми проходятъ проушины сопрягающихся частей и свинчиваются болтами.

Въ вершинѣ стропильныхъ ногъ помѣщена чугунная коробка (чер. 3, *C* и *D*), снабженная шипомъ, на который насаживается коньковый прогонъ *d*, связывающій фермы по длинѣ.

Взамѣнъ чугунной коробки примѣняется и изогнутая желѣзная полоса *a*, *b*, *c* (чер. 6, на томъ же листѣ), которая привинчивается къ дереву болтами,

Чер. 510.



а къ ней, въ свою очередь, прикрѣпляются угольниками и заклепками двѣ вертикальныя желѣзныя доски, между которыми вставляются проушины трехъ тягъ.

Коньковый брусъ закрѣпляется угольниками и болтомъ.—Точно также двѣ желѣзныя накладки служатъ для скрѣпленія нижняго конца чугуннаго столбика съ тремя концами болтоваго желѣза (чер. 5, *E* и *F*).

Чер. *E* изображаетъ разрѣзъ по *x x*, изъ котораго видно, что этотъ конецъ столбика оканчивается проушиной; другой же его конецъ отлитъ вилкой, обхватывающей стропильную ногу и соединяющейся съ ней сквознымъ болтомъ.

Столбикъ въ поперечномъ сѣченіи имѣетъ видъ креста (чер. *g*).

Такія фермы, установленные на разстояніи до 4 метровъ одна отъ другой, поддерживаютъ продольные прогоны, на которыхъ располагаются второстепенныя стропильныя ноги, служащія для устройства надлежащей обрѣшетки, соотвѣтственно кровельному матеріалу.

§ 67.

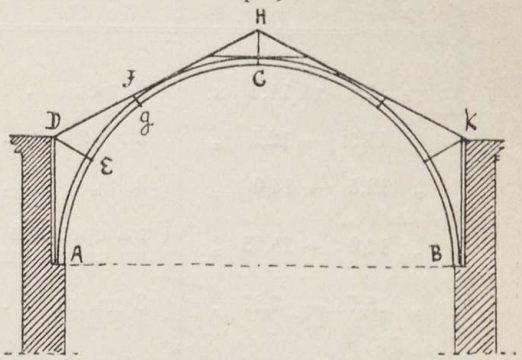
Кружальная система стропилъ.

Стропила, въ которыхъ главную часть составляетъ арка деревянная или металлическая,—могутъ быть отнесены къ кружальной системѣ, схематически изображенной на чер. 511.

Здѣсь, сопротивляющуюся часть, составляетъ полуциркульная арка *A C B*, сдѣланная изъ дерева и напоминающая кружальное ребро; откуда и названіе системы. Вообще матеріаломъ, наиболѣе удобнымъ для этихъ стропилъ, служитъ дерево и лишь въ рѣдкихъ случаяхъ—металлъ.

Иногда, впрочемъ, вводится затяжка *A B* изъ болтоваго желѣза, при чемъ однако чистый типъ кружальной фермы затяжки не имѣетъ.

Чер. 511.



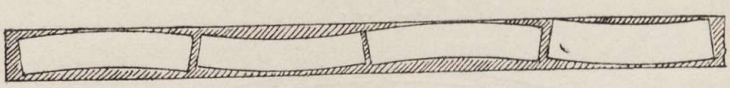
Поверхъ деревянной арки, въ одной плоскости съ нею, располагаютъ стропильныя ноги *DH* и *HK*, придающія покрытію видъ двускатной крыши.

Связь между кружаломъ и стропильными ногами достигается схватками *DE*, *FG*, *HC* и т. д., расположенными нормально къ кривой.

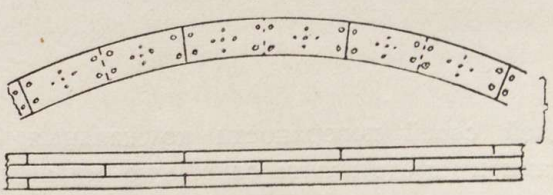
Криволинейная часть фермы изготовляется или изъ досокъ, поставленныхъ на ребро или плашмя. Въ первомъ случаѣ мы имѣемъ стропила системы „de l'Orme“, во второмъ „Emy“.

Для приготовленія фермы изъ досокъ, поставленныхъ на ребро, сперва, соотвѣтственно радіусу кривой, дѣлаются изъ досокъ толщиною $1^1/_4$ до 2 верш.,—к о с я к и (чер. 512), которые накладываютъ другъ на друга въ нѣсколько слоевъ (чер. 512 и 513), но такъ, чтобы стыки ихъ были въ перевязку, и сбиваются деревянными или желѣзными гвоздями, какъ это показано на чер. 513. Длина каждаго косяка зависитъ отъ радіуса кривизны и ширины досокъ изъ которыхъ они вырѣзаются. Сначала приготовляютъ шаблонъ, соотвѣтствующій косяку, и обчерчиваютъ его на по-

Чер. 512.



Чер. 513.



верхности доски (чер. 512). Затѣмъ, лишнія части обтесываютъ или опиливаютъ, причемъ получаются косяки длиною отъ $1^1/_2$ до 3 арш., смотря по ширинѣ доски, которая впрочемъ должна давать возможность выпилить косякъ шириною не менѣе 4 верш.

Толщина и число дощатыхъ слоевъ въ каждой фермѣ увеличиваются соотвѣтственно величинѣ пролета и можетъ быть взята изъ слѣдующей таблицы *).

Таб. XXXIII.

Пролетъ.	Число досокъ.	Толщина доски.
Отъ 7,5 до 11,5 м.	2 доски	4 см.
„ 11,5 — 12,5 „	2 „	5 „
„ 12,5 — 14,0 „	3 „	4 „
„ 14,0 — 15,75 „	въ срединѣ 1	6 „
	по сторонамъ по 1 . . .	4 „
„ 15,75 — 17,27 „	3 доски	6 „

Разстояніе между стропилами принимается отъ 3,5 до 4 метровъ.

Недостатокъ этихъ стропилъ заключается во-1-хъ, въ томъ, что не имѣя затяжки, онѣ проявляютъ распоръ, который передается на стѣны. Поэтому стѣны должны имѣть надлежащее утолщеніе и чѣмъ ниже точка *A*, чер. 511 (приложенія распора) тѣмъ большее сопротивленіе окажутъ опоры; во-2-хъ,—вырѣзая изъ досокъ отдѣльные косяки, мы частью перерѣзаемъ продольныя волокна дерева, что уменьшаетъ его сопротивленіе.

Кружальныя формы по системѣ „Emy“, составляются тоже изъ досокъ, но уже изъ цѣльныхъ и расположенныхъ горизонтально одна на другую (чер. 514). Доски стыкаются въ перевязку и связываются другъ съ другомъ въ одно цѣлое или въ одинъ криволинейный брусъ, помощью хомутовъ и болтовъ, какъ показано на чертежѣ. Въ схематическомъ видѣ ферма представляетъ такой же видъ, какъ и предшествовавшая система (чер. 511).

Чер. 514.

Если съ нижней своей поверхности кружальныя стропила должны быть обшиты досками и представлять сплошную цилиндрическую поверхность, то они размѣщаются на небольшихъ разстояніяхъ (отъ 0,8 до 1,5 м.) и при этомъ получается весьма красивое и прочное покрытіе при значительныхъ пролетахъ.

*) G. Wanderley, стр. 235.

Введеніе въ ферму, для уничтоженія распора, желѣзной затяжки совершенно портитъ видъ и стѣсняетъ помѣщеніе.

Главный недостатокъ дерева, какъ матеріала для стропилъ, его сгораемость. Что касается долговѣчности, то хотя, въ этомъ отношеніи, оно и уступаетъ металлу, но мы знаемъ, что находясь постоянно въ сухомъ помѣщеніи, закрытомъ отъ дождевой влаги—дерево не только не теряетъ своей прочности, но, наоборотъ, съ теченіемъ времени, твердость его увеличивается. Стропила на чердакѣ находятся именно въ этихъ благопріятныхъ условіяхъ и опытъ показалъ, что по прошествіи ста и болѣе лѣтъ ихъ дерево дѣлается такъ крѣпко, что его какъ говорится „не беретъ топоръ“. Лишь тѣ части на которыя дѣйствуетъ влага, какъ, напр., концы стропильныхъ ногъ и затяжекъ, а такъ же и тѣ, которыя подвергались вліянію дождя и снѣга, располагаясь близъ слуховыхъ оконъ—сохраняются не долго.

При разборкѣ деревянныхъ стропилъ старыхъ зданій встрѣчается нерѣдко именно такое крѣпкое дерево. Фактъ этотъ склонны объяснять тѣмъ, что въ старину былъ лѣсъ лучшаго качества, чѣмъ въ наше время. Но подобныя предположенія не вѣрны и ни на чемъ не основаны. Во времена глубокой древности, какъ это видно, напримѣръ, изъ совѣтовъ Витрувія, дерево, находясь при обыкновенныхъ условіяхъ на открытомъ воздухѣ, такъ же быстро пропадало. Свайныя постройки до историческихъ временъ, открытыя въ швейцарскихъ озерахъ, сохранились, конечно, не потому, что въ тѣ далекія времена было дерево особаго качества, а потому, что, благодаря постоянному пребыванію подъ водой, оно консервировалось и не разлагалось. Точно такъ же сохраняются многіе сорта дерева, въ томъ числѣ и хвоя, находясь постоянно въ сухомъ помѣщеніи, доступномъ провѣтриванію.

Итакъ, чтобы увеличить долговѣчность деревянныхъ частей стропильныхъ фермъ, нужно стараться прикрывать ихъ, какъ можно, тщательнѣе отъ вліянія дождя и снѣга, т.-е. позаботиться о непроницаемости кровли и правильныхъ стоковъ дождевой и снѣговой воды.

Сгораемость дерева, опасность его въ пожарномъ отношеніи устраняется гораздо труднѣй. Правда, есть составы (большею частью неорганическія соли) для пропитыванія дерева, которые дѣлаютъ его *невоспламеняемымъ*, но эти способы до сихъ поръ обходятся такъ дорого, что не окупаютъ затратъ и на практикѣ не примѣняются. Тамъ, гдѣ требуется огнестойкое покрытіе, выгоднѣе устроить стропила металлическія.

§ 68.

III. Стропила металлическія.

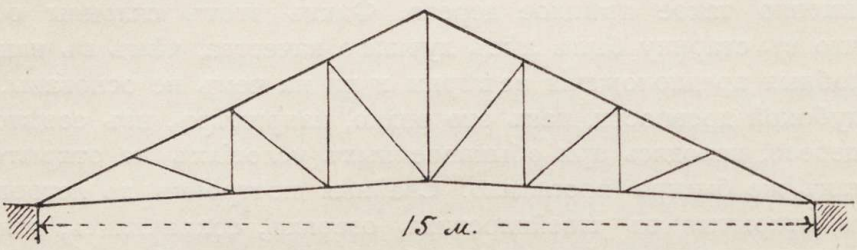
Строго говоря, хотя желѣзо и не воспламеняется, и не даетъ пищи для огня во время пожара, но не слѣдуетъ забывать, что въ сильномъ жару (болѣе 800°) оно размягчается, теряетъ свою крѣпость и прогибается отъ лежащей на немъ тяжести. Главнымъ образомъ это угрожаетъ тѣмъ постройкамъ, которыя вмѣщаютъ въ себѣ значительныя количества горю-

чаго матеріала, какъ напр., товарные склады, амбары и т. п. Такія строенія должны быть покрыты или сплошнымъ сводомъ, или несгораемымъ потолкомъ, въ которомъ если и есть желѣзо, то изолированное слоемъ цемента или обожженной глины, какъ было указано въ статьѣ о потолочныхъ покрытіяхъ.

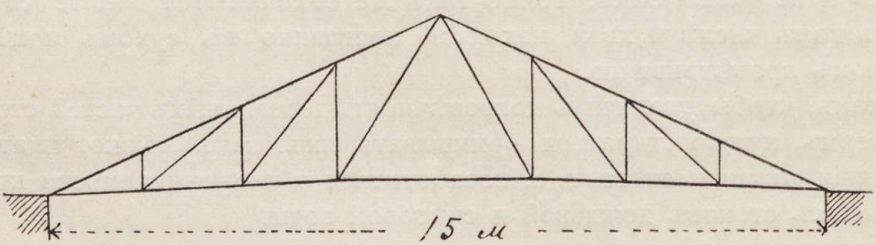
Металлическая конструкція стропилъ впервые появилась въ концѣ 18-го столѣтія во Франціи.

Въ 1785 году архитекторъ Ango въ Boulange построилъ желѣзныя стропила надъ пролетомъ въ 6,5 м. Затѣмъ примѣненіе чугуна и желѣза стало входить въ конструкцію стропилъ, главнымъ образомъ, во Франціи и Англіи и выразилась въ своей полной разработкѣ въ 1850 году въ прекрасно выполненномъ архитекторомъ Cubitt покрытіи главнаго зданія на 1-й всемірной выставкѣ въ Лондонѣ.

Чер. 515.



Чер. 516.



Къ числу первыхъ желѣзныхъ конструкцій, появившихся во Франціи еще въ 1830 г., принадлежитъ весьма изящная и остроумно придуманная система инженера Polonceau, о которой уже было упомянуто выше при разсмотрѣніи стропилъ растяжной системы и смѣшанной конструкціи.

Въ настоящее время, благодаря усовершенствованіямъ въ прокаткѣ желѣзныхъ полосъ различныхъ поперечныхъ сѣченій какъ по формѣ, такъ и по размѣрамъ, а главное—удешевленію этого матеріала—желѣзная конструкція стропилъ стала болѣе доступной и получила широкое примѣненіе на практикѣ даже при постройкѣ обыкновенныхъ городскихъ домовъ, не говоря уже о болѣе или менѣе значительныхъ монументальныхъ зданіяхъ.

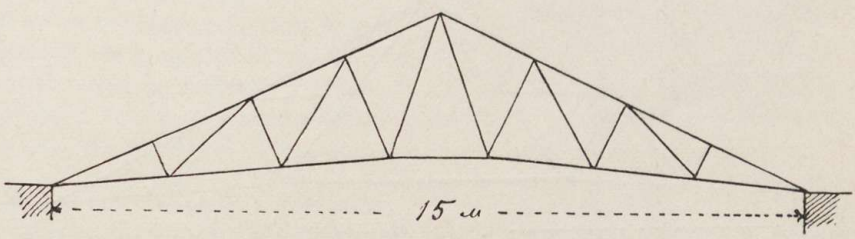
Металлическія стропила устраиваются почти исключительно висячей системы различныхъ конструкцій.

По сравненію съ деревянными, при покрытіи значительныхъ пролетовъ, металлическія стропила въ большихъ населенныхъ центрахъ обходятся не только не дороже, но даже дешевле.

Подробное изученіе и проектированіе желѣзныхъ стропилъ входитъ въ особый курсъ, поэтому я считаю возможнымъ ограничиться здѣсь разсмотрѣніемъ лишь тѣхъ примѣровъ стропилъ, которыя чаще всего приходится примѣнять на практикѣ, а именно:

1) Американская или англійская система (чер. 515), о которой было уже упомянуто выше (чер. 506, 507 и чер. 7, листъ 17). Она состоитъ изъ стропильныхъ ногъ и затяжки (замѣняющихъ какъ бы нижній и верхній поясъ американской раскосной балки), а между ними располагаются вертикально поставленные стержни и подкосы, при чемъ уклонъ послѣднихъ направленъ къ срединѣ стропильной фермы. Это направленіе подкосовъ (діагоналей) служитъ отличительнымъ признакомъ англійской системы.

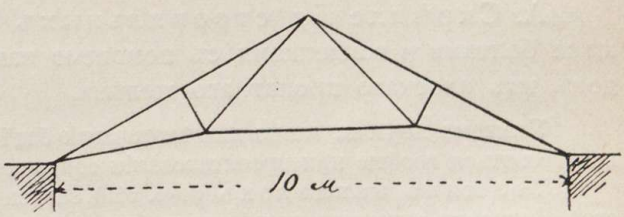
Чер. 517.



2) Бельгійская конструкція (чер. 516 и 517), сходная съ американской, характеризуется обратнымъ направленіемъ наклона подкосовъ, т.-е. отъ средины фермы къ ея концамъ. Такъ называемые вертикальные стержни расположены или отвѣсно (чер. 516), или нѣскольно наклонно, нормально къ стропильной ногѣ (чер. 517).

3) Растяжная система (Polonceau) самой простой конструкціи представлена на чер. 518 и на чер. 519 болѣе сложнаго вида для пролетовъ болѣе 15 м., съ поддержкой стропильной ноги въ трехъ мѣстахъ, тремя столбиками.

Чер. 518



4) Русская (сѣтчатая) система покрытія инженера В. Г. Шухова въ общемъ видѣ состоитъ изъ металлической сѣтки криволинейной формы, расположенной на опорахъ и стянутой затяжкой *AB* (см. чер. 559).

Все покрытіе удерживается въ равновѣсіи безъ помощи дополнительныхъ частей въ видѣ стропильныхъ фермъ, прогоновъ и пр. При пролетахъ болѣе 12 м., кромѣ горизонтальной затяжки, вводятся таковыя и въ другихъ плоскостяхъ, какъ это показано на чертежѣ наклонными пунктирными линіями *AF* и *BE*.

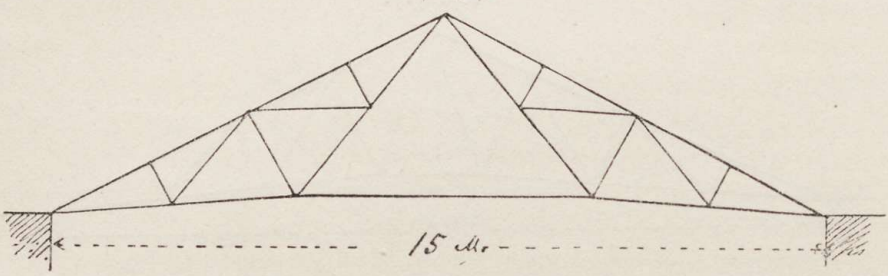
Въ планѣ покрытіе имѣетъ видъ сѣтки.

Желающимъ имѣть болѣе подробныя свѣдѣнія по конструкціи и расчету металлическихъ стропилъ рекомендую сочиненіе Max Förster'a — die Eisenkonstruktionen der Ingenieur-Hochbauten (III Absch., die eisernen Dachkonstruktionen. Стр. 119) *). Мы же ограничимся лишь краткимъ изложеніемъ.

Переходя къ разсмотрѣнію способовъ построенія металлическихъ стропилъ, замѣтимъ, что въ настоящее время матеріаломъ для нихъ служитъ почти исключительно желѣзо. Чугунъ примѣняется довольно рѣдко и то лишь для отливки нѣкоторыхъ частей второстепеннаго значенія, какъ-то: башмаковъ, коробокъ, подкладокъ и т. п., а также иногда для столбиковъ въ системѣ Polonceau.

Для стропильныхъ ногъ примѣняется угловое, тавровое, двутавровое, а иногда и швеллерное желѣзо; для затяжекъ и вообще частей, подверженных растяженію,— болтовое, полосовое и угловое желѣзо, а для частей, подверженныхъ сжатію,—угловое и тавровое.

Чер. 519.



Болтовое желѣзо неудобно въ соединеніяхъ, поэтому его рѣдко употребляютъ.

§ 69.

А. Скрѣпленія стропильныхъ частей между собою дѣлаются болтами и заклепками съ помощью накладокъ, прокладокъ и подкладокъ изъ плоскаго прокатнаго желѣза.

Укажемъ первоначально на нѣкоторыя общія правила, которыми надо руководствоваться вообще при проектированіи сопряженій между желѣзными частями.

Толщина заклепокъ (чер. 520) зависитъ отъ толщины соединяемыхъ частей. Заклепки слишкомъ тонкія неудобны, потому что онѣ не могутъ достаточно прижать другъ къ другу соединяемыя части; слишкомъ толстыя заклепки, ослабляя соединяемыя части, подверженныя растяженію, кромѣ того при охлажденіи, своимъ нажатіемъ могутъ повредить прочности соединенія.

Если d—діаметръ заклепки, δ—толщина желѣзныхъ листовъ или полосъ, то отношеніе $\frac{d}{\delta}$ должно быть = отъ 1,75 до 2,5. Обыкновенно принимаютъ

$$\frac{d}{\delta} = 2, \text{ т.-е. } d = 2\,\delta.$$

*) Это сочиненіе имѣется и на русскомъ языкѣ въ переводѣ инженеровъ А. Н. Ефремова и В. С. Лаврова подъ редакціей проф. Н. Н. Митинскаго. Оно еще не закончено переводомъ.

Наиболѣе употребительныя заклепки слѣдующихъ діаметровъ: 0,75, 1, 2, 1 . 5, 1 . 6, 2 . 0, 2 . 3 и 2 . 5 см.

Длина заклепокъ опредѣляется по числу соединяемыхъ частей и ихъ толщинѣ; во всякомъ случаѣ она не должна превосходить 4 d.

Въ частяхъ, подверженныхъ сжатію, заклепки должны совершенно плотно заполнять дыру. и такая продырявленная полоса сопротивляется сжатію, какъ цѣльная.

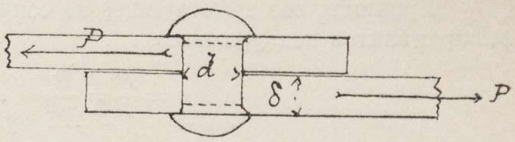
По Тетмейеру при склепкѣ полосъ, толщина коихъ δ менѣе 1,2 см., діаметръ заклепки

$$d = \delta + 1{,}0 \text{ см.}$$

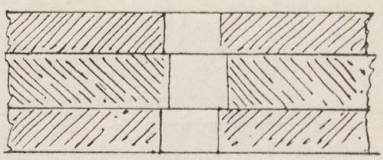
Если же толщина желѣза болѣе 1,2 см., то

$$d = 0{,}5\ \delta + 1{,}6 \text{ см.}$$

Чер. 520.



Чер. 521.



При накладываніи полосъ одна другую дыры, для заклепокъ должны образовать правильное цилиндрическое отверстіе; число неправильныхъ, какъ это показано на чер. 521, допускается не болѣе 5% отъ всего числа дыръ.

Дыры въ желѣзныхъ полосахъ или просверливаются или пробиваются; послѣдній способъ хотя и сокращаетъ работу, но нерѣдко настолько повреждаетъ края отверстій, что этимъ значительно уменьшаетъ сопротивленіе желѣза на смятіе. Поэтому во многихъ случаяхъ пробивка дыръ не допускается, а требуется просверливаніе.

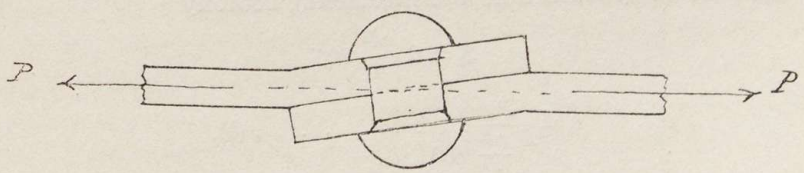
Какъ при томъ, такъ и при другомъ способѣ слѣдуетъ тщательно удалять зазубрины по краямъ дыры.

При хорошей работѣ шляпка должна располагаться центрально относительно окружности дыры, плотно и неподвижно прилегать къ соединеннымъ частямъ.

Въ послѣднемъ можно легко убѣдиться, постукивая молоточкомъ по шляпкѣ съ одного конца заклепки и придерживая пальцемъ съ другого; малѣйшее движеніе заклепки будетъ ощутительно. Такія заклепки должны быть вырублены и замѣнены новыми.

При сращиваніи двухъ полосъ, усилія P и P, дѣйствующія на срѣзъ заклепки (чер. 520), не совпадаютъ въ одну прямую и составляютъ пару силъ съ моментами $M = P\delta$, если δ толщина каждой полосы. Это усиліе будетъ сгибать заклепку, а не срѣзывать ее, поэтому такія соединенія лучше замѣнять способомъ, указаннымъ на чер. 523, при которомъ оба усилія, дѣйствующія въ разныя стороны, совпадаютъ въ одну прямую.

Чер. 523.



При сращиваніи трехъ полосъ или двухъ съ помощью накладокъ снизу и сверху (чер. 522) въ стыкаемой полосѣ напряженіе равно P, а въ накадкахъ по $\frac{P}{2}$. Теоретически δ должна быть $= 2\ \delta_1$, но на практикѣ накладки всегда дѣлаются нѣсколько толще.

Заклепки разсчитываются только на срѣзъ, при чемъ въ виду высокаго каче-

ства желѣза, употребляемаго на этотъ предметъ, сопротивленіе принимается $= \frac{4}{5}$ отъ сопротивленія на разрывъ.

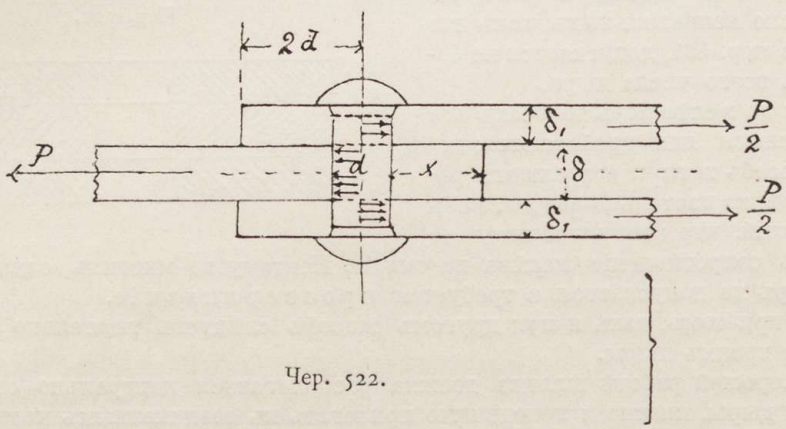
Принимая послѣднее $= 1000$ кг., напряженіе на срѣзъ выразится $= \frac{4}{5} \times 1000 =$ $= 800$ кг.

Усиліе N, допускаемое на одну заклепку, при сопряженіи съ однимъ перерѣзываніемъ, т.-е. двухъ полосъ безъ накладки (чер. 520), выразится:

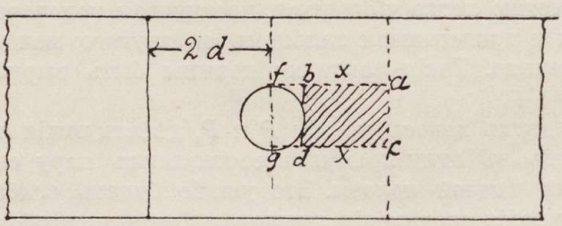
$$N = \frac{\pi d^2}{4} 800.$$

Принимая все дѣйствующее на сопряженіе усиліе равнымъ P, число заклепокъ n опредѣлится изъ уравненія

$$n = \frac{P}{N} = \frac{P}{\frac{\pi d^2}{4} 800} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (a).$$



Чер. 522.



Если сопряженіе двухъ полосъ дѣлается съ помощью накладокъ (чер. 522) или состоитъ изъ трехъ полосъ, то срѣзъ будетъ въ двухъ поперечныхъ сѣченіяхъ заклепки (соединеніе съ двойнымъ перерѣзываніемъ), поэтому

$$N = 2 \frac{\pi d^2}{4} 800$$

$$n = \frac{P}{2 \frac{\pi d^2}{4} 800} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (b).$$

Усиліе на смятіе дыры отъ давленія заклепки, на основаніи многочисленныхъ опытовъ, берется въ предѣлахъ отъ 1200 до 1400 кг. на кв. см., причемъ полуцилиндрическая поверхность (чер. 524) принимается за плоскую въ видѣ прямоугольника, у котораго высота δ равна толщинѣ листа (полосы), а ширина d—діаметру дыры.

Поэтому величина усилія на каждую заклепку выразится

$$N_1 = d\,\delta\,.\,1200 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (c),$$

а число заклепокъ

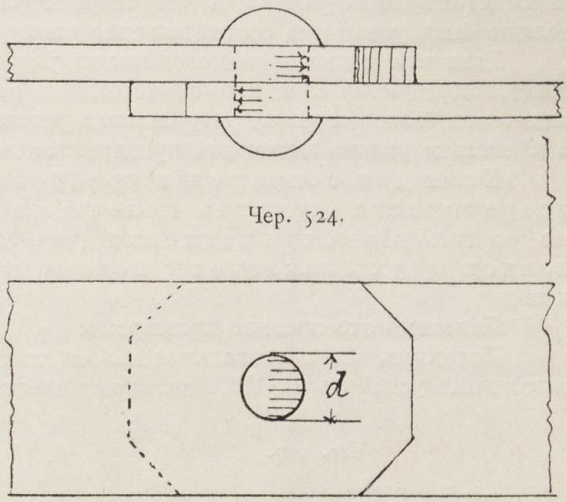
$$n_1 = \frac{P}{N_1} = \frac{P}{d\,\delta\,1200} \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (d).$$

Для правильнаго размѣщенія заклепокъ слѣдуетъ опредѣлить разстояніе ихъ отъ края желѣза и между собой, чтобы предупредить разрывъ въ этихъ мѣстахъ желѣзныхъ полосъ.

Изъ чертежа 522 видно, что при недостаточныхъ размѣрахъ, заштрихованная часть желѣза *abcd*, лежащая передъ заклепкой, можетъ быть выдавлена, чему оказываетъ сопротивленіе на срѣзъ желѣзо по линіямъ *ba* и *dc* (если пренебречь небольшими отрѣзками *bf* и *dg*), равное

$$2\,x\,\delta\,.\,800 \text{ кг.},$$

а такъ какъ давленіе на стѣнки дыры, какъ мы видѣли (урав. *c*) равно $d\,\delta\,1200$, то для одновременнаго смятія и срѣза необходимо равенство этихъ двухъ напряженій, то-есть



Чер. 524.

$$2\,x\,\delta\,.\,800 = d\,\delta\,1200,$$

откуда

$$x = \frac{3}{4}\,d,$$

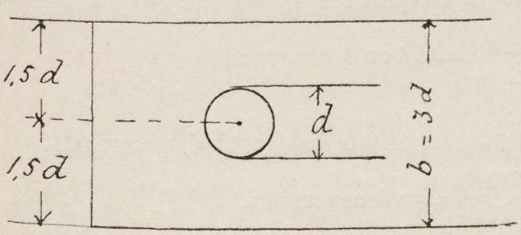
а разстояніе центра дыры отъ боковыхъ краевъ полосы должно быть

$$\frac{3}{4}\,d + \frac{d}{2} = \frac{5}{4}\,d.$$

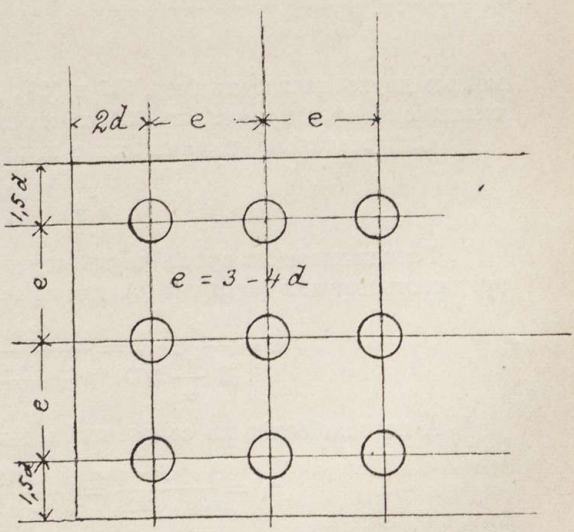
На практикѣ, придерживаясь нѣкотораго запаса, принимаютъ разстояніе x отъ центра заклепки до края полосы по направленію растягивающаго усилія равнымъ 2 *d*; слѣдовательно наименьшая ширина *b* (чер. 525) сопрягающихся полосъ должна быть

$$b = 3\,d.$$

Чер. 525.



Чер. 526.



Точно такъ же опредѣляется и взаимное разстояніе заклепокъ одна отъ другой (чер. 526), причемъ это разстояніе должно быть не менѣе 2,5 и не

болѣе 5 діаметровъ заклепки. При большемъ разстояніи части полосъ между заклепками могутъ неплотно прилегать одна къ другой. Наилучшимъ разстояніемъ между центрами заклепокъ принимается отъ 3 до 4 діаметровъ.

При опредѣленіи поперечныхъ сѣченій полосъ, подверженныхъ растяженію необходимо принимать во вниманіе ослабленіе ихъ дырами для заклепокъ; нужно, чтобы такъ называемое полезное поперечное сѣченіе, т.-е. то, которое остается за вычетомъ дыръ, равнялось бы теоретически опредѣленному. Слѣдов. послѣднее должно быть увеличено соотвѣтственно числу дыръ.

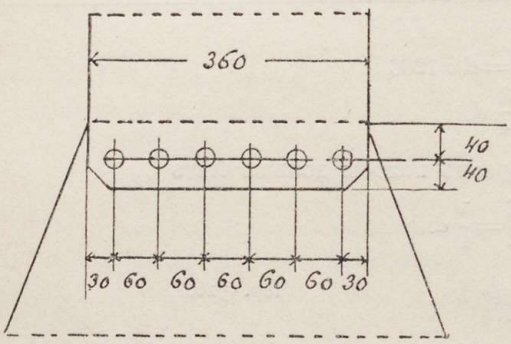
Если всѣ заклепки расположены въ рядъ (чер. 527), то, при большихъ напряженіяхъ, потребуются слишкомъ значительныя поперечныя измѣренія полосъ, что увеличиваетъ безполезную затрату металла, поэтому приходится располагать не одинъ, а нѣсколько рядовъ заклепокъ, придерживаясь слѣдующаго правила:

Если для сопряженія требуется болѣе одной заклепки, то теоретическая ширина полосы увеличивается первоначально на одинъ діаметръ заклепки (чер. 529); затѣмъ на два, съ постановкою двухъ заклепокъ; потомъ на три—съ тремя заклепками и т. д.

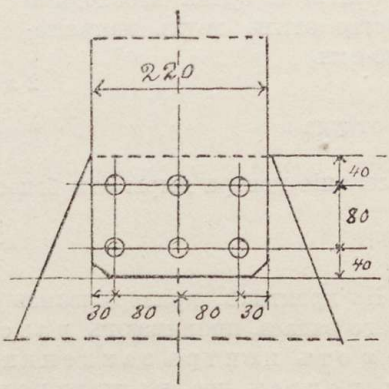
Пояснимъ это правило примѣромъ:

Положимъ, что вертикальная полоса, толщиною въ 1,2 см., подверженная растягивающимъ усиліямъ въ 17280 кг., прикрѣпляется къ горизонтальной полосѣ съ по-

Чер. 527.



Чер. 528.



мощью двухъ накладокъ (чер. 527 и 528). Діаметръ заклепокъ 2 см., а прочное сопротивленіе желѣза принято въ 900 кг. на см^2.

Слѣдовательно, теоретическое поперечное сѣченіе f полосы д. б.

$$f = \frac{17280}{900} = 19{,}2 \text{ см}^2.$$

Разсчитывая на срѣзъ двухъ поперечныхъ сѣченій каждой заклепки, согласно предшествовавшей формулы (b), для прочности сопряженія требуется:

$$n = \frac{P}{2\,\frac{\pi d^2}{4}.800} = \frac{17280}{2\,\frac{3,\,14\,.\,2^2}{4}.800} = 3{,}4 \backsim 4 \text{ заклепки.}$$

А по отношенію къ сопротивленію дыры смятію по формулѣ (d) получимъ:

$$n_1 = \frac{P}{d\,\delta\,.\,1200} = \frac{17280}{2{,}0\,.\,1{,}2 \times 1200} = 6 \text{ заклепокъ,}$$

которыя и должны быть поставлены.

Если эти шесть заклепокъ расположить въ рядъ, какъ это показано на чер. 527, то при разстояніи между центрами дыръ, равнымъ 3 d, т.-е. 6 см., а отъ края полосы

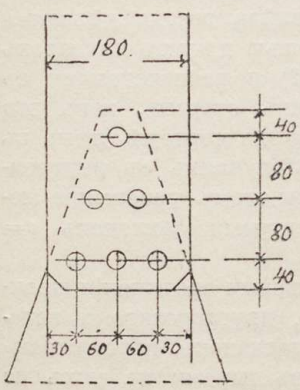
по 1,5 d, т.-е. 3 см., то вся ширина полосы д. б. $= 5 \times 6{,}0 + 2 \times 3 = 36$, при этомъ за вычетомъ дыръ остается площадь поперечнаго сѣченія равная:

$$f = (36 - 6 \times 2) \cdot 1{,}2 = 28{,}8 \text{ см}^2.$$

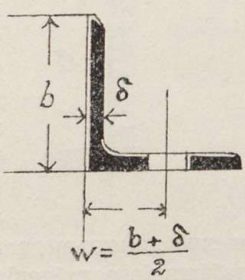
Но на основаніи вышесказаннаго, намъ необходимо только $f = 19{,}2$ см², слѣдовательно такое размѣщеніе невыгодно, такъ какъ требуетъ болѣе 30% излишняго матеріала.

Если расположить такъ, какъ показано на чер. 528, т.-е. два ряда по 3 заклепки, то при толщинѣ желѣза въ 1,2 см., за вычетомъ трехъ дыръ, полезная ширина полосы должна оставаться $= \frac{19{,}2}{1{,}2} = 16$ см.; а вся ширина вмѣстѣ съ дырами получается $= 16 + (3 \times 2{,}5) = 22{,}0$ см., при чемъ разстояніе между центрами дыръ, какъ это показано на чертежѣ, дѣлается $= 4\ d$, т.-е. 8 см. При такомъ размѣщеніи получается уже значительная экономія въ матеріалѣ, но все же способъ, указанный на чер. 529, значительно выгоднѣе. Здѣсь къ необходимой ширинѣ полосы, равной $\frac{19{,}2}{1{,}2} = 16$ см. прибавляется только одна дыра діаметромъ въ 2 см.; слѣдовательно вся ширина полосы получается только въ 18 см. Во второмъ ряду расположено двѣ дыры, а въ третьемъ — три; всего 6 заклепокъ, какъ это требуется по расчету. Каждая заклепка принимаетъ на себя сопротивленіе равное $\frac{1}{6}$ отъ дѣйствующей силы P, т.-е. $\frac{17280}{6} = 2\,880$ кг. Въ первомъ ряду полезная площадь полосы $= 19{,}2$ см².

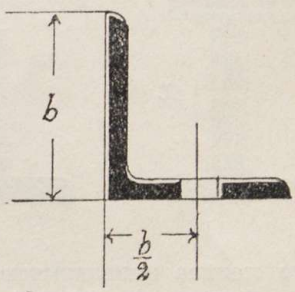
Чер. 529.



Чер. 530.



Чер. 531.



Вычитая усиліе, воспринимаемое первой заклепкой, на послѣдующій второй рядъ, въ которомъ 2 заклепки, остается усиліе, равное

$$17280 - 2800 = 14400 \text{ кг.},$$

полезная же площадь полосы равна

$$(18{,}0 - 2 \times 2{,}0)\ 1{,}2 = 16{,}8 \text{ см}^2.$$

т.-е. способна противостоять усилію, равному

$$16{,}8 \times 900 = 15120 \text{ кг.}$$

Слѣдовательно, имѣется нѣкоторый запасъ.

Послѣ втораго ряда заклепокъ остается усиліе $= 17280 - 3 \times 2880 = 8640$ кг., а между тѣмъ въ третьемъ ряду, вычитая дыры для трехъ заклепокъ, у насъ остается полезное поперечное сѣченіе полосы $= (18{,}0 - 3 \cdot 2{,}0) = 14.4$ см²., способное выдержать $14{,}4 \times 900 = 12960$ кг. натяженія.

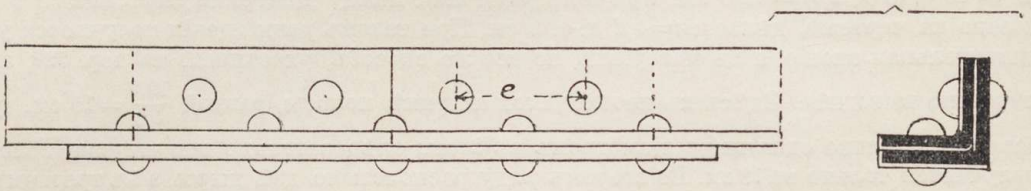
На основаніи изложеннаго, мы видимъ, что при значительномъ числѣ заклепокъ, размѣщеніе, показанное на чер. 529, является наиболѣе выгоднымъ, нисколько не уменьшая прочности сопряженія.

Для того, чтобы достигнуть одинаковаго напряженія по всему поперечному сѣченію полосы, необходимо размѣщать заклепки симметрично относительно ея оси. Это правило должно быть непремѣнно соблюдаемо во всѣхъ случаяхъ.

Въ полосахъ, подверженныхъ сжатію, нѣтъ надобности вычитать дыры для заклепокъ изъ поперечнаго сѣченія полосы, такъ какъ послѣдняя при плотной клепкѣ сопротивляется, какъ цѣльная.

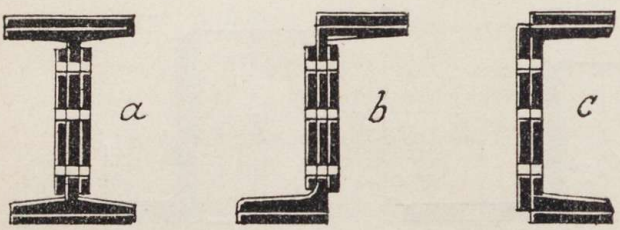
При скрѣпленіи углового желѣза могутъ быть два случая размѣщенія заклепокъ: 1) когда полка уголковъ, шириною менѣе 80 mm., и 2) когда болѣе этой мѣры.

Чер. 532.



Въ 1-мъ случаѣ (чер. 530) разстояніе w центра дыры отъ наружнаго угла $= \frac{b+\delta}{2}$, гдѣ b—ширина и δ—толщина полки, а во 2-мъ—$w = \frac{b}{2}$ (чер. 531).

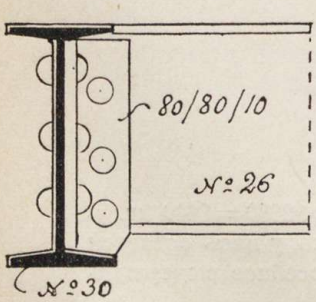
Чер. 533.



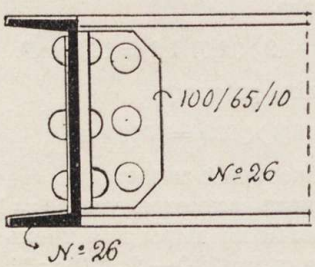
Стыковыя соединенія углового желѣза всегда дѣлаются съ помощью д в у х ъ накладокъ (чер. 532) и располагаются съ наружнихъ сторонъ, какъ это показано на чертежѣ (лишь въ особыхъ случаяхъ съ внутренней); при этомъ разстояніе между центрами заклепокъ $e = 3—4\ d$.

Стыковыя соединенія швеллернаго, двутавроваго и зетоваго желѣза выполняются обыкновенно помощью двойныхъ накладокъ, перекрывающихъ стыкъ (чер. 533, *a*, *b*, *c*); во избѣжаніе ослабленія поясовъ дырами на нихъ не слѣдуетъ располагать накладки; въ особенности, если стыкъ находится близъ средины балки. Въ послѣднемъ случаѣ необходимо провѣрить ея сопротивленіе на продольный изгибъ.

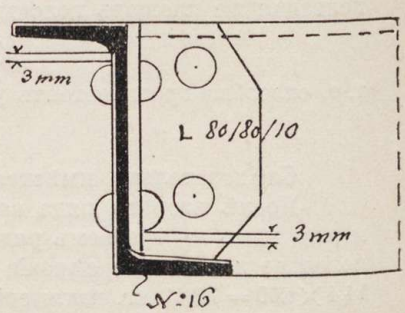
Чер. 534.



Чер. 535.



Чер. 536.



Если балки указанныхъ профилей встрѣчаются подъ угломъ, то сопряженіе достигается съ помощью угловыхъ накладокъ, какъ это показано на чер. 534, 535, 536.

Болты. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ, при сопряженіи болѣе крупныхъ частей или такихъ, кои должны быть собираемы и разбираемы на мѣстѣ производства работъ, а также для сопряженія чугунныхъ частей употребляются вмѣсто заклепокъ болты. Они состоятъ изъ стержня (цилиндрической части), съ одной стороны имѣющаго шестигранную шляпку, а съ другой—винтовую нарѣзку (чер. 537, *a*, *b*, *c*), на которую навинчивается гайка, тоже имѣющая шестиугольную форму. Для предохраненія отъ смятія скрѣпляемыхъ частей подъ гайку подкладывается шайба.

Діаметръ D круга, вписаннаго въ шестигранникъ гайки $=2\,d$, если d—діаметръ болта; высота гайки $=d$. Діаметръ D_2 шайбы $=\frac{4}{3}\,D$, а толщина ея $\delta=\frac{D}{10}$.

Въ виду того, что при навинчиваніи гайки возникаютъ значительныя скручивающія усилія, допускаемое напряженіе при расчетѣ болта на растяженіе принимается лишь въ 600 кг. на см^2.

Если d_1—діаметръ сердцевины болта (чер. 537) безъ углубленія нарѣзки, а P — дѣйствующее усиліе въ тоннахъ, то

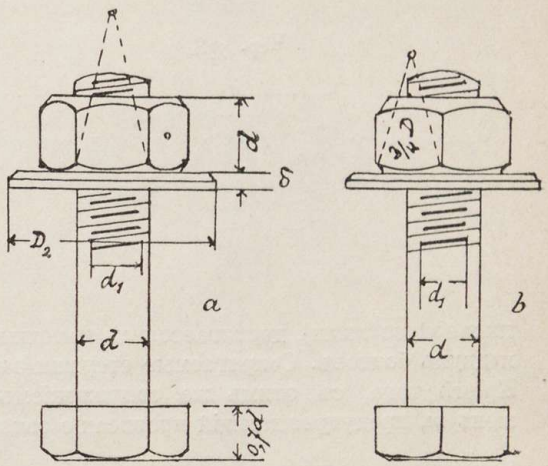
$$P=\frac{\pi d_1^2}{4}0\,.\,6,\text{ откуда}$$

$$d_1=1{,}45\,\sqrt{P}$$

Такъ какъ, въ среднемъ, отношеніе $\frac{d_1}{d}=0{,}818$, то

$$d=\frac{d_1}{0{,}818}\,.$$

Чер. 357.

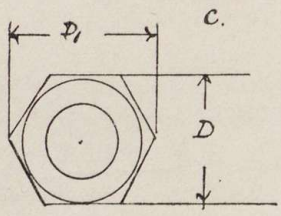


Примѣръ. Болтъ долженъ выдерживать растяженіе $=9000$ кг.

$$d_1=1{,}45\,\sqrt{9}=4{,}35\text{ см.}$$

$$d=\frac{4{,}35}{0{,}818}=5{,}2\text{ см.}$$

На срѣзъ болты разсчитываются такъ же, какъ и заклепки, при чемъ наименьшее разстояніе между центрами болтовъ $=3\frac{1}{2}\,d$.



Сращиваніе желѣзныхъ стержней круглаго или прямоугольнаго поперечнаго сѣченія достигается и съ помощью шалнирныхъ болтовыхъ соединеній. При этомъ могутъ быть такъ же, какъ и при заклепочномъ соединеніи, два случая соединеніе съ одиночнымъ и двойнымъ перерѣзываніемъ болтовъ.

Въ первомъ случаѣ (чер. 538), кромѣ срѣза, болты могутъ подвергаться и изгибу, въ особенности, если дыры для нихъ имѣютъ нѣсколько большій діаметръ. Поэтому расчетъ болтовъ въ такомъ шанирномъ соединеніи дѣлается на срѣзъ, смятіе дыры и изгибъ. Кромѣ того и сами полосы должны имѣть размѣры поперечныхъ сѣченій соотвѣтственно, дѣйствующимъ на ихъ усиліямъ растяженія.

Сопряженіе признается прочнымъ, если оно оказываетъ одинаковое сопротивленіе всѣмъ указаннымъ усиліямъ; это достигается слѣдующимъ отношеніемъ размѣровъ частей, если дѣйствующее на стержень усиліе P выражается въ тоннахъ:

При сопряженіи полосъ прямоугольнаго сѣченія:

Ширина полосы $b=2{,}22\,\sqrt{P}$
Толщина „ $\delta=0{,}45\,\sqrt{P}$

Діаметръ болта

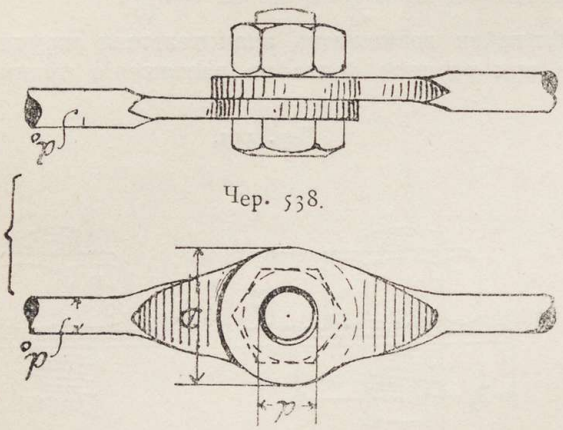
$$d = 1{,}8\sqrt{P}.$$

Наружный діаметръ проушины

$$D = 4{,}6\sqrt{P}.$$

Примѣръ. Желѣзныя сопрягающіяся полосы подвержены усиліямъ вдоль оси $= P = 4000$ кг. и сращиваются шалнирнымъ сопряженіемъ.

Согласно только что сказанному, имѣемъ:



Чер. 538.

$$b = 2{,}22\sqrt{4{,}0} = 2{,}22 \cdot 2 = 4{,}44 \text{ см.} \infty 5 \text{ см.}$$
$$\delta = 0{,}45 \times 2 = 0{,}9 \text{ см.}$$
$$d = 1{,}8 \times 2 = 3{,}6 \text{ см.}$$

Если вмѣсто полосъ сопрягаются стержни круглаго поперечнаго сѣченія, то діаметръ d_0 (чер. 538) выводится изъ формулы

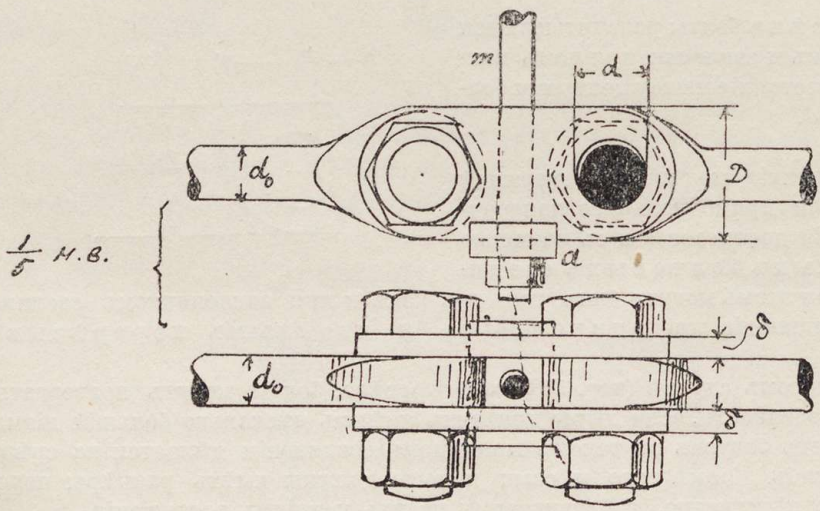
$$\frac{\pi d_0^2}{4} \times 1{,}0 = P$$

откуда

$$d_0 = 1{,}13\sqrt{P}.$$

Примѣръ сопряженія съ двойнымъ перерѣзываніемъ представленъ на чер. 539. Здѣсь сращиваніе горизонтальныхъ стержней круглаго поперечнаго сѣченія (напр., для стропильной затяжки), достигается съ помощью двухъ накладокъ изъ полосоваго желѣза и двухъ болтовъ. Сопрягаемые стержни заканчиваются проушинами плоской формы. Кромѣ того, съ этимъ же сопряженіемъ соединенъ вертикальный, круглый стержень m, предупреждающій провисаніе затяжки.

Чер. 539.



Съ этой цѣлью вводится подкладка a, черезъ которую проходитъ винтовая нарѣзка стержня m и завинчивается гайкой.

Расчетъ шалнирнаго сопряженія двойного перерѣзыванія ведется слѣдующимъ образомъ:

Если d діаметръ болта, P—растягивающее усиліе въ тоннахъ, то, принимая без-

опасное напряженіе на срѣзъ въ 0,8 t, поперечное сѣченіе болта получается изъ уравненія

$$2\frac{\pi d^2}{4} \cdot 0{,}8 = P,$$

откуда

$$d = 0{,}9\sqrt{P}.$$

Въ виду того, что возможны неплотности сопряженія вслѣдствіе просторныхъ дыръ, на практикѣ принимаютъ, что

$$d = 1{,}33\sqrt{P}.$$

Если δ толщина накладокъ, то по отношенію къ предупрежденію смятія дыръ, должно существовать равенство

$$d \cdot \delta \cdot 1{,}2t = P.$$

Здѣсь $1{,}2t = 1.200$ кг. допускаемое давленіе на 1 кв. см. стѣнки дыры. Вставляя въ это выраженіе вмѣсто d его величину, получимъ толщину накладокъ

$$\delta = 0{,}63\sqrt{P}.$$

Этимъ самымъ, полагая сопротивленіе желѣза равнымъ 1000 kg = 1 t., опредѣляется и ширина самихъ сопрягаемыхъ желѣзныхъ полосъ изъ уравненія

$$b \cdot \delta \cdot 1{,}0 = P,$$

откуда

$$b = 1{,}59\sqrt{P}.$$

Внѣшній діаметръ проушины D равенъ

$$D = 3{,}33\sqrt{P}.$$

При кругломъ поперечномъ сѣченіи сопрягаемыхъ полосъ (чер. 539), діаметръ d_0 опредѣляется изъ уравненія:

$$\frac{\pi d_0^2}{4} \cdot 1{,}0 = P,$$

откуда

$$d_0 = 1{,}13\sqrt{P}.$$
$$d = 1{,}6\sqrt{P}.$$
$$D = 2{,}8\sqrt{P}.$$

Ширина накладокъ равна внѣшнему діаметру (D) проушины, а толщина $\delta = 0{,}4\ d_0$. Слѣдоват.

$$\delta = 0{,}4 \cdot 1{,}13\sqrt{P} = 0{,}45\sqrt{P}.$$

Примѣръ. Предположимъ, что нужно опредѣлить d_0, d, D и δ для шалнирнаго сопряженія круглыхъ стержней при $P = 9000$ кг. Пользуясь только что написанными формулами, получимъ:

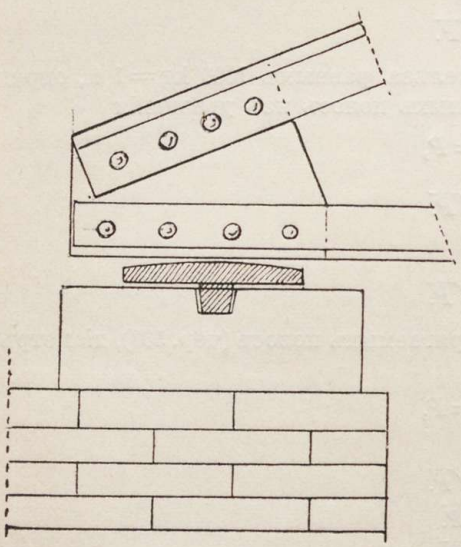
$$d_0 = 1{,}13\sqrt{P} = 1{,}13\sqrt{9} = 1{,}13 \cdot 3 = 3{,}39 \infty 3{,}4 \text{ см.}$$
$$d = 1{,}6 \times 3 = 4{,}8 \text{ см,}$$
$$D = 2{,}8 \times 3 = 8{,}4 \text{ см.}$$
$$\delta = 0{,}45 \cdot 3 = 1{,}35 \text{ см.} \infty 1{,}4 \text{ см.}$$

§ 70.

Подушки. Подъ концы деревянныхъ стропилъ, какъ мы видѣли выше, располагаются прогоны (мауерлаты), которые служатъ для болѣе равномѣрной передачи давленія крыши на всю верхнюю поверхность стѣны. При желѣзныхъ стропильныхъ фермахъ, на каменныя стѣны располагаются своей нижней поверхностью концы стропильныхъ фермъ, ширина кото-

рыхъ, вообще говоря, незначительна, а потому и давленіе, передаваемое ими на единицу поверхности каменной кладки, весьма значительно и всегда больше допускаемаго; поэтому, точно также, какъ и при укладкѣ металлическихъ балокъ, для предупрежденія раздробленія кирпичной кладки, поверхность, на которую передается давленіе фермы, увеличиваютъ, подкладывая чугунную подушку (чер. 540) значительно большей ширины, чѣмъ затяжка, а самую подушку располагаютъ на широкомъ камнѣ толщиною отъ 3 до 4 верш. При опредѣленіи размѣровъ чугунной подушки и подферменнаго камня прочное сопротивленіе чугуна принимаютъ въ 250 кг. см^2.; для подферменнаго камня—отъ 25—30 кг. см^2, а для кирпичной кладки—8 кг. см^2.

Чер. 540.



При пролетахъ не болѣе 16 м. чугунныя подкладки дѣлаются такого же вида, какъ и подъ желѣзныя балки. Наружная поверхность ихъ дѣлается криволинейной (чер. 540) величина же f плоскости соприкасанія съ камнемъ:

$$f = \frac{P}{K},$$

гдѣ P весь грузъ, передаваемый на опору, а K прочное сопротивленіе чугуна на раздавливаніе.

Ширина подушки принимается обыкновенно равной ширинѣ затяжки + 10 см.

При значительныхъ пролетахъ металлическія стропила, подъ вліяніемъ температуры и односторонняго давленія на крышу вѣтра или снѣга, могутъ замѣтно измѣнять свою длину, а подъ вліяніемъ нагрузки давать извѣстный прогибъ, поэтому подкладки должны быть приспособлены къ безпрепятственной деформаціи стропильной фермы и къ ея изгибу; въ противномъ случаѣ появляются горизонтальныя усилія, которыя могутъ вредно дѣйствовать на опоры. Явленіе это особенно ощутительно при значительныхъ пролетахъ (болѣе 16 м.), перекрываемыхъ висячей системой стропилъ. Въ такихъ случаяхъ, одинъ изъ концовъ стропильной фермы располагается на подвижной подкладкѣ.

Съ цѣлью дать возможность фермѣ имѣть нѣкоторый прогибъ при дѣйствіи односторонней нагрузки, концы ея располагаютъ на вращающихся подкладкахъ, состоящихъ, какъ это видно изъ чер. 541, изъ двухъ чугунныхъ частей a и b, изъ которыхъ послѣдняя имѣетъ полукруглый выступъ, а первая привинчена къ стропиламъ и имѣетъ соотвѣтствующее углубленіе криволинейной формы, но съ бо́льшимъ радіусомъ кривизны.

Незначительныя измѣненія длины фермы отъ температуры могутъ происходить безпрепятственно вслѣдствіе скольженія концовъ ея по чугун-

ной подкладкѣ, указанной на чер. 540. Если же пролетъ очень значительный, то подкладки дѣлаются на роликахъ.

Величину λ удлиненія отъ температуры можно опредѣлить слѣдующ. образомъ: положимъ, что e длина фермы α—коэффиціентъ удлиненія желѣза при измѣненіи температуры на 1^0 С. Если принять максимальную разность температуры (во время пожара) равной 800^0, то

$$\lambda = 800\ l\ \alpha,$$

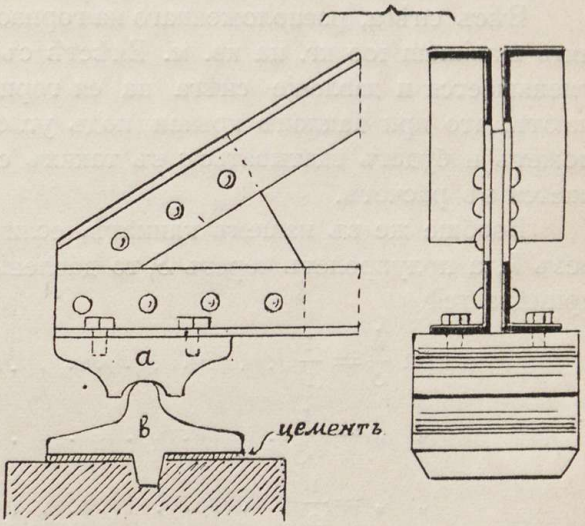
а такъ какъ $\alpha =$ круглымъ числомъ $\frac{1}{80000}$, то

$$\lambda = \frac{800\ l}{80000} = 0{,}01\ l,$$

т.-е. запасъ для движенія фермы долженъ заключать въ себѣ столько сантиметровъ, сколько метровъ по длинѣ фермы.

Матеріалъ для желѣзныхъ стропилъ. Стропильныя ноги, при пролетахъ до 20 м. дѣлаются обыкновенно изъ двойныхъ уголковъ или изъ тавровъ; при болѣе значительныхъ пролетахъ изъ двутавровыхъ балокъ и даже клепаныхъ, рѣшетчатыхъ балокъ. Точно также изъ жесткихъ профилей фасоннаго желѣза дѣлаются всѣ части (стержни), подверженные сжатію. Стержни, работающіе на вытягиваніе, дѣлаются или изъ полосъ или изъ круглаго желѣза (болтовъ).

Чер. 541.



§ 71.

Опредѣленіе размѣровъ частей стропильныхъ фермъ висячей конструкціи.

Грузъ, дѣйствующій на стропильную ферму, состоитъ изъ: a) собственнаго вѣса, и b) вѣса кровли, вмѣстѣ съ обрѣшеткою и c) вѣса снѣга и давленія вѣтра и, наконецъ, d) временнаго груза отъ толпы людей, которые могутъ случайно быть на крышѣ. Хотя эти нагрузки расположатся и не вполнѣ равномѣрно по всей поверхности крыши, но для простоты расчетовъ мы будемъ разсматривать только тотъ случай, когда наибольшій грузъ снѣга и давленіе вѣтра распредѣлены равномѣрно по всему верхнему поясу фермы. Грузомъ толпы людей, какъ слишкомъ случайнымъ, обыкновенно пренебрегаютъ.

Собственный вѣсъ для деревянныхъ стропилъ, при обыкновенныхъ размѣрахъ брусьевъ или бревенъ, изъ которыхъ онѣ связаны, при-

нимается около 50 кг. на кв. м. перекрываемаго пространства, а для желѣзныхъ стропилъ—отъ 15 до 50 кг. на кв. м. смотря по величинѣ пролета.

Практика показала, что собственный вѣсъ Q (въ пудахъ) метал. стропилъ на 1 кв. с. покрытія выражается такъ:

$$Q = 1{,}5 + 0{,}6\,l.$$

Напр., при $l = 8$ саж.

$$Q = 1{,}5 + 4{,}8 = 6{,}3 \text{ пуда } (22{,}4 \text{ кг. на кв. м.}).$$

Вѣсъ кровли съ обрѣшеткою подсчитывается въ каждомъ частномъ случаѣ соотвѣтственно тому матеріалу, изъ котораго она сдѣлана. Надо замѣтить, что въ этомъ отношеніи можетъ быть значительная разница смотря по роду кровли. Такъ—одна кв. саж. желѣзной кровли вмѣстѣ съ обрѣшеткою изъ деревянныхъ брусковъ квадратнаго, полуторавершковаго поперечнаго сѣченія, вѣситъ 4,5 пуда, тогда какъ вѣсъ того же размѣра поверхности черепичной крыши принимается отъ 15 до 30 пудовъ.

Вѣсъ снѣга, расположеннаго на горизонтальной площадкѣ можно принять maximum 100 кг. на кв. м. Вмѣстѣ съ увеличеніемъ наклона крыши уменьшается и давленіе снѣга на ея горизонтальную проекцію. Принимаютъ, что при наклонѣ крыши подъ угломъ въ 35^0 снѣгъ держаться не можетъ и будетъ скатываться; въ такихъ случаяхъ грузъ его и не принимается въ расчетъ.

Вообще же въ нашемъ климатѣ, если назовемъ подъемъ крыши черезъ h, а полупролетъ черезъ S, то давленіе снѣга на 1 кв. метръ проекціи принимается

при $\frac{h}{S} = \frac{1}{1}$ . . . . . 74 кг.

„ „ $= \frac{1}{1{,}5}$ . . . . . 85 „

„ „ $= \frac{1}{2}$ . . . . . 93 „

„ „ $= \frac{1}{2{,}5}$ . . . . . 100 „

Американскіе инженеры принимаютъ грузъ снѣга значительно бо́льшій, а именно: отъ 50 до 80 ф. на кв. ф., что составляетъ отъ 112 до 343 кг. на кв. м.

Давленіе вѣтра является въ зависимости тоже отъ наклона крыши, но въ обратномъ значеніи по отношенію къ давленію снѣга, т.-е. чѣмъ положе скаты, чѣмъ меньше ихъ уголъ наклоненія къ горизонту, тѣмъ меньше и давленіе вѣтра.

Какъ извѣстно, направленіе вѣтра никогда не бываетъ горизонтальнымъ, а всегда подъ нѣкоторымъ угломъ, въ среднемъ—подъ угломъ 10^0 горизонту (чер. 542). Наибольшая сила его (W) во время урагана, принимается равной 120 кг. на кв. м. перпендикулярно поставленной къ нему поверхности. Если мы эту силу W, дѣйствующую на скатъ крыши, разложимъ въ какой-нибудь точкѣ o на поверхности ската, на двѣ составляю-

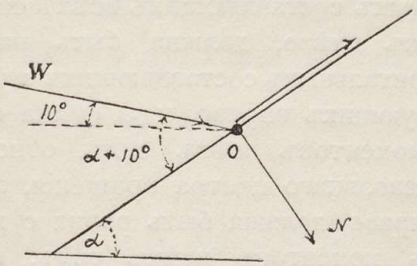
щія, изъ коихъ одна пойдетъ по направленію ската, а другая къ нему перпендикулярно (чер. 542), то на кв. метръ крыши будетъ дѣйствовать усиліе N, равное

$$N = W\ Sin\ (\alpha + 10).$$

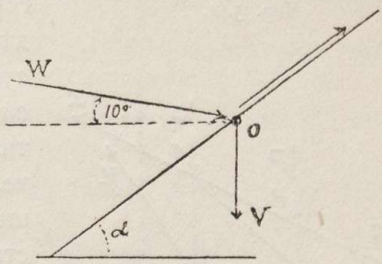
Другая составляющая не принимаетъ участія въ нагрузкѣ крыши; она стремится оторвать кровлю отъ обрѣшетки.

Если же разложить усиліе вѣтра W (чер. 543) на двѣ составляющія: одну по направленію ската, а другую (V) нормально къ горизонту, то мы

Чер. 542.



Чер. 543.



получимъ наибольшій грузъ, дѣйствующій вертикально на 1 кв. м. перекрытаго крышей пространства, который будетъ =

$$V = \frac{W\ Sin\ (\alpha + 10^0)}{cos^2\alpha} = \frac{120\ Sin\ .\ (\alpha + 10)\ кл.}{cos^2\alpha}$$

Для желѣзныхъ кровель принимаютъ наклонъ скатовъ къ горизонту около 25°; въ такомъ случаѣ, весь сложный грузъ (S) (собств. вѣсъ, снѣгъ и вѣтеръ), дѣйствующій на 1 кв. м. перекрываемаго пространства выразится круглымъ числомъ въ 300 кг. (74 пуд. на кв. м.).

§ 72.

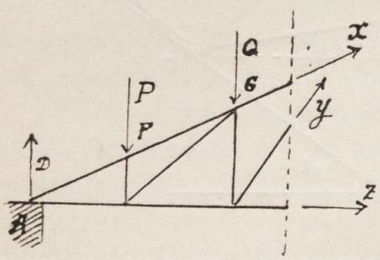
Для опредѣленія напряженій въ частяхъ деревянныхъ или желѣзныхъ стропилъ висячей системы, можно руководствоваться двумя различными способами расчета: аналитическимъ и графическимъ. Первый способъ заключается въ томъ, что для опредѣленія напряженія какого-либо стержня стропильной фермы должны быть рѣшены три уравненія равновѣсія.

Положимъ, напр., что мы имѣемъ ферму Бельгійской системы. Чтобы опредѣлить напряженіе ея стержней, разсѣчемъ эту ферму въ комъ-нибудь мѣстѣ вертикальной плоскостью (чер. 544), послѣ чего лѣвую ея часть оставимъ на опорѣ A, а правую отнимемъ. Такъ какъ на эту оставшуюся часть фермы дѣйствуютъ въ узлахъ A, F и G силы D, P и Q, то, чтобы она оставалась въ равновѣсіи, достаточно, вмѣсто отнятой части, къ разрѣзаннымъ полосамъ приложить въ мѣстахъ, гдѣ онѣ перерѣзаны, силы, дѣйствіе которыхъ замѣнило бы вполнѣ дѣйствіе отнятой части фермы. Силы эти должны совпадать съ направленіемъ полосъ, къ которымъ онѣ

приложены и представлять собою то, что мы называемъ напряженіемъ матеріала.

Итакъ, напряженіе x, y, z, трехъ пересѣченныхъ полосъ, представляютъ собою силы, которыя въ связи съ внѣшними силами P, Q, D, удерживаютъ часть фермы въ равновѣсіи. Всѣ эти силы лежатъ въ одной плоскости, а потому для равновѣсія ихъ, т.-е. чтобы не было ни поступательнаго, ни вращательнаго движенія, должны быть выполнены, какъ извѣстно, три условія: 1) сумма вертикальныхъ составляющихъ всѣхъ силъ, дѣйствующихъ внизъ, должна быть равна суммѣ вертикальныхъ составляющихъ всѣхъ силъ, дѣйствующихъ вверхъ; 2) сумма горизонтальныхъ составляющихъ всѣхъ силъ, дѣйствующихъ влѣво, должна быть равна суммѣ горизонтальныхъ составляющихъ всѣхъ силъ, дѣйствующихъ вправо, и 3) сумма статическихъ моментовъ всѣхъ силъ, относительно произвольнаго центра вращенія, вращающихъ вправо, должна быть равна суммѣ статическихъ моментовъ всѣхъ силъ, взятыхъ относительно того же центра вращенія и вращающихъ влѣво. Алгебраически эти три условія и выражаются тремя уравненіями равновѣсія:

Чер. 544.



$$\Sigma(H) = 0,\ \Sigma(V) = 0,\ \Sigma(M) = 0.$$

Здѣсь H выражаетъ вообще горизонтальную составляющую одной изъ дѣйствующихъ силъ, V—вертикальную составляющую той же силы и M—ея моментъ относительно произвольно выбранной точки вращенія. Знакъ Σ выражаетъ, что взята алгебраическая сумма всѣхъ этихъ величинъ. Рѣшая всѣ эти три уравненія относительно x, y и z мы опредѣлимъ искомыя напряженія. Проведя сѣченія черезъ три другія полосы (стержня), очевидно, можно будетъ опредѣлить ихъ напряженія такъ же, какъ и въ предыдущемъ случаѣ.

Другой аналитическій способъ опредѣленія напряженій въ стержняхъ стропильныхъ фермъ, предложенный Риттеромъ, состоитъ въ томъ, что для опредѣленія однаго какого-нибудь напряженія, достаточно составить и рѣшить только одно изъ приведенныхъ трехъ уравненій, а именно: уравненіе статическихъ моментовъ. Болѣе подробно объ этомъ способѣ будетъ сказано ниже.

Изъ графическихъ методовъ расчета самые удобные: Кульмана (Culmann) и Кремона (Cremon). Мы остановимся лишь на послѣднемъ способѣ, какъ болѣе, на нашъ взглядъ, удобномъ, и въ краткихъ словахъ укажемъ примѣненіе этого метода къ расчетамъ стропилъ наиболѣе распространенныхъ на практикѣ системъ.

Желающіе подробно изучить этотъ вопросъ пусть обратятся къ спеціальнымъ сочиненіямъ.

§ 73.

Графическій способъ разсчета стропилъ по методу Кремона.

При расчетѣ стропильной фермы принимаютъ, что вся нагрузка на ферму распредѣляется на, такъ наз., узлы, въ точкахъ, гдѣ сходятся стержни. Такъ, напр., если мы имѣемъ ферму англійской системы, изображенную на чер. 1, листъ 18, то вся нагрузка Q на эту ферму равна

$$Q = S \times l \times l_1,$$

гдѣ S выражаетъ сложную нагрузку на 1 кв. м., о которой мы уже говорили; l—пролетъ перекрываемый фермой, а l_1—разстояніе между фермами.

На каждую изъ 8 панелей, приходится $\frac{1}{8}$ этого пролета; поэтому на всѣ узлы, за исключеніемъ крайнихъ, перепадаетъ нагрузка $\frac{Q}{8}$; только крайніе, опорные узлы, несутъ нагрузку (P_0 и P_0), равную $\frac{Q}{2 \cdot 8}$ Такимъ образомъ получаются тѣ внѣшнія силы, которыя дѣйствуютъ на каждый узелъ. Требуется опредѣлить напряженіе на сжатіе или вытягиваніе каждаго стержня, изъ которыхъ состоитъ ферма.

Крайніе грузы $P_0 = \frac{Q}{2 \cdot 8}$, не имѣютъ вліянія на ферму, такъ какъ они непосредственно давятъ на опоры; опорныя же сопротивленія A и B принадлежатъ къ числу внѣшнихъ силъ, дѣйствующихъ на ферму и выражаются такъ:

$$A = B = \frac{n-1}{2} P.$$

Въ нашемъ случаѣ $P = \frac{Q}{8}$, т.-е. это есть вообще одинъ изъ грузовъ, дѣйствующихъ на узлы, а n—число равномѣрно нагруженныхъ панелей, на которыя разбита ферма.

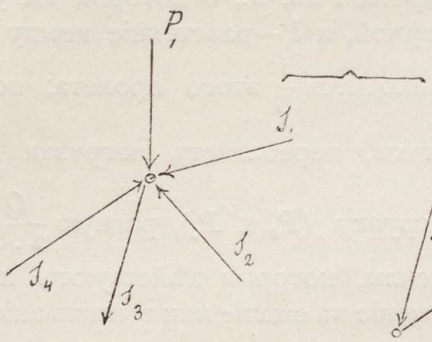
Графическій расчетъ по методу Кремона основанъ на томъ, что если внѣшнія силы, дѣйствующія на ферму находятся въ равновѣсіи, то каждая изъ этихъ силъ, приложенная въ узлѣ, уравновѣшивается дѣйствіемъ внутреннихъ силъ (напряженій) стержней, сходящихся въ данномъ узлѣ. Если мы представимъ себѣ узелъ, съ дѣйствующимъ въ немъ внѣшнимъ усиліемъ P_1 (чер. 545), какъ бы вырѣзаннымъ изъ фермы, то, замѣняя напряженіе стержней, подверженныхъ вытягиванію или сжатію, такими же усиліями S_1, S_2, S_3, S_4, приложенными въ мѣстахъ перерѣза, мы этимъ самымъ вновь возстановляемъ равновѣсіе, а слѣдов. и дѣйствующія силы можно скомбинировать въ замкнутый многоугольникъ (діаграмму силъ), поэтому и методъ Кремона наз. методомъ многоугольниковъ силъ.

Полученный многоугольникъ (чер. 546) имѣетъ стороны параллельныя дѣйствующимъ усиліямъ, а число сторонъ равно числу этихъ усилій; всѣ онѣ находятся въ равновѣсіи, а потому и дѣйствіе ихъ будетъ направлено

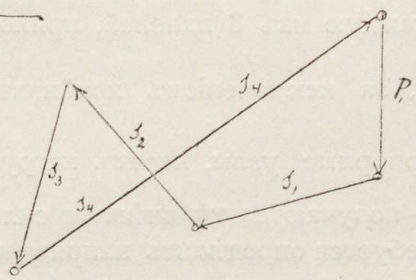
одно вслѣдъ за другимъ, т.-е. круговое, какъ показано на чертежѣ стрѣлками.

Если на узелъ дѣйствуютъ, по опредѣленнымъ направленіямъ, 3 усилія, изъ которыхъ одно извѣстно, а остальныя имѣютъ лишь опредѣленное направленіе, то мы можемъ, очевидно, построить замкнутый треугольникъ, стороны котораго будутъ параллельны дѣйствующимъ усиліямъ и графически опредѣлятъ величину двухъ неизвѣстныхъ усилій.

Чер. 545.



Чер. 546.



Поэтому, руководствуясь правиломъ Кремона, если въ узлѣ, находящемся въ равновѣсіи, среди извѣстныхъ силъ, дѣйствуютъ не болѣе двухъ неизвѣстныхъ, то послѣднія всегда могутъ быть графически опредѣлены построеніемъ сомкнутаго многоугольника; соображаясь съ этимъ, при опредѣленіи напряженій въ стропильной фермѣ, надо начинать съ опорнаго узла, въ которомъ, кромѣ извѣстной реакціи опоръ, дѣйствуютъ только два усилія, направленныя по двумъ стержнямъ и затѣмъ послѣдовательно переходить къ другимъ узламъ, соблюдая извѣстный порядокъ.

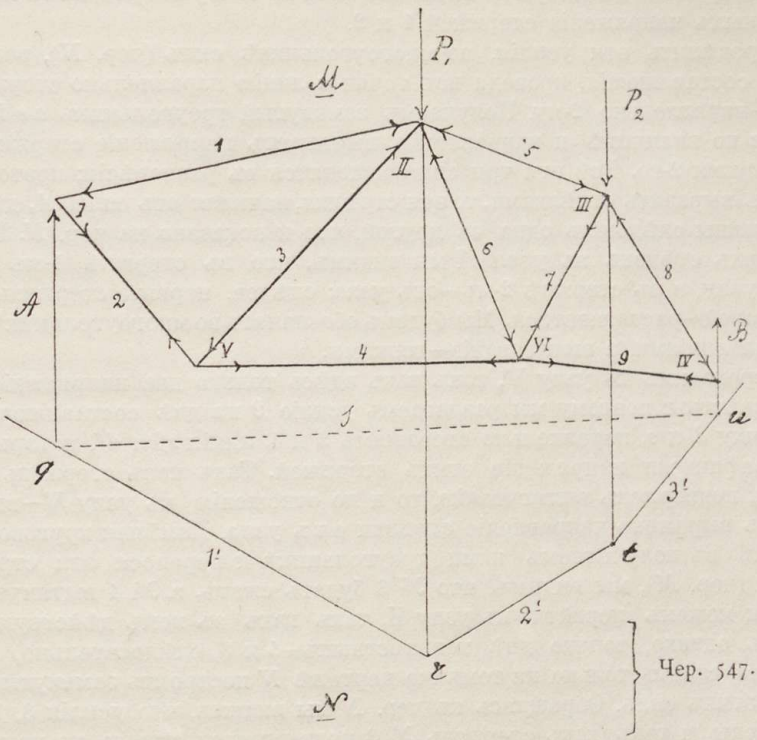
Пояснимъ сказанное примѣромъ.

Положимъ, что мы имѣемъ какую-нибудь ферму (чер. 547 M . N), расположенную концами на двухъ опорахъ, въ которыхъ грузомъ фермы вызываются реакціи A и B, а въ точкахъ II и III дѣйствуютъ нагрузки P_1 и P_2 *). Требуется опредѣлить напряженіе на вытягиваніе и сжатіе всѣхъ стержней, составляющихъ ферму при дѣйствіи на нее силъ A, P_1, P_2 и B въ узлахъ I, II, III и IV.

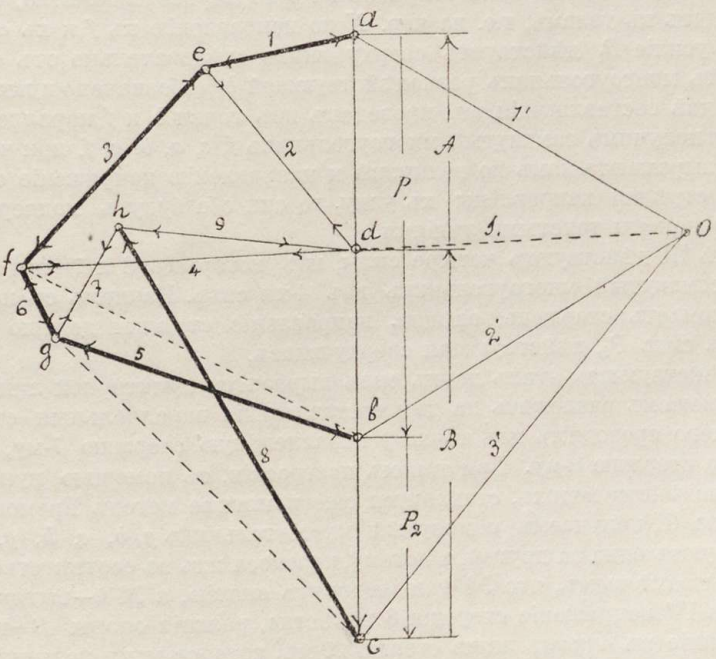
Для нахожденія величины опорныхъ реакцій, т.-е. силъ A и B, дѣйствующихъ снизу вверхъ, строимъ многоугольникъ силъ (чер. N) откладывая, въ извѣстномъ масштабѣ силъ, послѣдовательно на вертикальной линіи ac вертикальныя силы: P_1— отъ a до b и P_2 отъ b до c. Такъ какъ сумма реакцій опоръ A и B равна суммѣ остальныхъ, дѣйствующихъ на ферму усилій, то слѣдов. $A+B$ будетъ ровно P_1+P_2, т.-е. линіи ca. Затѣмъ, задаемся произвольно полюсомъ O и соединяемъ его съ точ-

*) Грузы, непосредственно расположенные на опорахъ $\left(\frac{Q}{2\,.\,8}\right)$, какъ это было замѣчено выше въ расчетъ не принимаются, ибо они не вызываютъ никакихъ напряженій въ частяхъ фермы.

ками a, b, c прямыми 1′, 2′ и 3′. Параллельно полученнымъ лучамъ проводимъ линіи 1′, 2′, 3′ (на чер. *M*), пересѣкающія направленія силъ A, P_1, P_2, B въ точкахъ q, r, t, u и получаемъ веревочный многоугольникъ, замыкая который пунктирной линіей S, и



Чер. 547.



проведя во многоугольникѣ силъ (чер. *N*) черезъ полюсъ O линію S_1 ей параллельную, мы раздѣлимъ вертикальную ac на два отрѣзка ad и dc, изъ коихъ первый равенъ реакціи A, а второй—B.

Такимъ образомъ, всѣ внѣшнія силы, дѣйствующія на данную ферму будутъ намъ извѣстны.

Для опредѣленія неизвѣстныхъ намъ напряженій начнемъ отъ лѣваго конца фермы, отъ узла I; здѣсь дѣйствуютъ внѣшняя сила A снизу вверхъ, намъ извѣстная и два неизвѣстныхъ напряженія стержней 1 и 2.

Чтобы опредѣлить эти усилія, во многоугольникѣ силъ (чер. N), разлагаемъ силу A на двѣ составляющія, проведя изъ точки a линію параллельно стержню 1-му, а изъ точки d—параллельно 2-му. Получаемъ замкнутый треугольникъ aed, у котораго сторона ea по виличинѣ и направленію выражаетъ напряженіе стержня 1-го, а сторона ed—стержня 2-го. Всѣ эти три силы находятся въ равновѣсіи; поэтому, если направленіе ихъ выразить стрѣлками, то эти стрѣлки, начиная отъ силы A, дѣйствующей вверхъ, должны слѣдовать одна за другой, что и показано на чер. N. Перенеся направленіе этихъ стѣлокъ въ узелъ I мы видимъ, что въ стержнѣ 1-мъ стрѣлка направлена къ узлу, а въ стержнѣ 2-мъ—отъ узла: слѣдов. первый стержень будетъ сжиматься, а второй—растягиваться. Мы будемъ обозначать во многоугольникѣ силъ—сжатіе толстыми линіями, а вытягиваніе—тонкими.

Далѣе, переходимъ къ узлу V, такъ какъ здѣсь только два напряженія стержней 3 и 4—неизвѣстны; поэтому мы разлагаемъ усиліе 2 на двѣ составляющія, проведя черезъ точку d и e, параллельно стержнямъ 3 и 4, линіи ef и df, которыя и выразятъ намъ графически напряженіе этихъ стержней. Такъ какъ стержень 2, какъ мы уже видѣли, подверженъ вытягиванію, то и по отношенію къ узлу V—вытягиваніе должно быть выражено направленіе стрѣлки о т ъ узла. Намѣчая круговое направленіе стрѣлокъ въ полученномъ нами треугольникѣ и перенося эти стрѣлки на стержни фермы (чер. M), мы видимъ, что № 3 будетъ сжатъ, а № 4 вытянутъ.

Теперь мы можемъ перейти къ узлу II, такъ какъ въ немъ дѣйствуютъ пять силъ, изъ коихъ, однако, только двѣ неизвѣстныхъ—5 и 6, слѣдовательно, рѣшеніе вполнѣ возможно; стоитъ только на томъ же чертежѣ N построить замкнутый многоугольникъ изъ этихъ силъ. Обращаясь къ чер. N мы видимъ, что усилія 3, 1 и P_1 у насъ уже нанесены, и такъ какъ стержень № 3 подвергается сжатію, то направленіе стрѣлокъ будетъ къ узламъ, т.е. на чер. N по направленію къ f и къ e; въ линіи 1—къ e и къ a; усиліе P_1 дѣйствуетъ сверху внизъ слѣдовательно отъ a къ b. Далѣе замыкая этотъ многоугольникъ равнодѣйствующей bf (обозначено пунктиромъ) и разлагая ее на двѣ составляющія, мы проведемъ изъ точки b и f параллельныя стержнямъ 5 и 6—и получимъ замкнутый многоугольникъ f, e, a, b, g, f, при чемъ послѣднія двѣ линіи и выражаютъ намъ по величинѣ и направленію напряженіе стержней 5 и 6, а такъ какъ стрѣлки направлены къ узлу, то они оба будутъ подвержены сжатію, потому и обозначены толстыми линіями.

Въ узлѣ III дѣйствуютъ четыре силы, изъ которыхъ 8 и 7—нѣизвѣстны, строимъ опять сомкнутый многоугольникъ изъ 4-хъ силъ. Начнемъ съ извѣстной № 5. Эта сила сжимаетъ стержень, слѣдов. направленіе стрѣлки должно быть къ узлу; затѣмъ идетъ сила P_2, дѣйствующая сверху внизъ.

Равнодѣйствующая этихъ двухъ силъ выразится пунктирной линіей cg (чер. N) которую мы можемъ разложить на двѣ составляющія параллельныя стержнямъ 7-му и 8-му, для чего проводимъ изъ точки g параллельную стержню 7-му, а изъ точки c параллельную стержню 8-му. При такомъ построеніи, съ помощью пунктирно проведенныхъ равнодѣйствующихъ, становится еще понятнѣе методъ Кремона.

Для узла III получаемъ сомкнутый многоугольникъ g, b, c, h, g, въ которомъ стрѣлки слѣдуютъ одна за другой, а потому, перенеся ихъ на соотвѣтственные стержни на чер. M, мы замѣчаемъ, что № 8 подвергнутъ сжатію, а № 7—вытягиванію.

Въ узлѣ IV напряженіе стержня 8 извѣстно, реакція опоры B—тоже; остается предѣлить усиліе въ одномъ лишь стержнѣ 9-мъ, которое мы и получимъ, соединивъ прямой линіей точки d и h.

Если наше построеніе вѣрно, то линія dh будетъ параллельна стержню № 9 и выразитъ по величинѣ своей напряженіе этого стержня на вытягиваніе; если же окажется не параллельной, то это значитъ, что построеніе эпюры не точно.

Долженъ получиться замкнутый треугольникъ $h\ c\ d\ h$. Такимъ образомъ напряженія всѣхъ 9-ти стержней нашей фермы будутъ опредѣлены, такъ какъ въ узлѣ VI дѣйствующія силы намъ извѣстны.

§ 74.

Примѣненія метода Кремона къ опредѣленію напряженій частей строительныхъ фермъ висячей системы.

Разсмотрѣвъ общій способъ графическаго расчета по методу Кремона, перейдемъ теперь къ примѣненію его къ расчету и начертанію эпюры усилій стропильныхъ фермъ висячей системы различныхъ конструкцій, о которыхъ было упомянуто выше.

Первый примѣръ. На чер. 548 представлена, въ извѣстномъ масштабѣ, самая простая треугольная ферма, состоящая изъ двухъ стропильныхъ ногъ AC и CB и затяжки AB. Ферма имѣетъ 3 узла (чер. M), при чемъ на средній узелъ (II) дѣйствуетъ грузъ P кг., а на крайніе (I и III) по $\frac{P}{2}$ кг. Вся нагрузка расположена симметрично и равна $\frac{P}{2}+P+\frac{P}{2}=2\ P$; слѣдов., при такихъ условіяхъ, на каждую опору передается по P кг., что и вызываетъ равныя сопротивленія опоръ

$$A=B=P \text{ кг.}$$

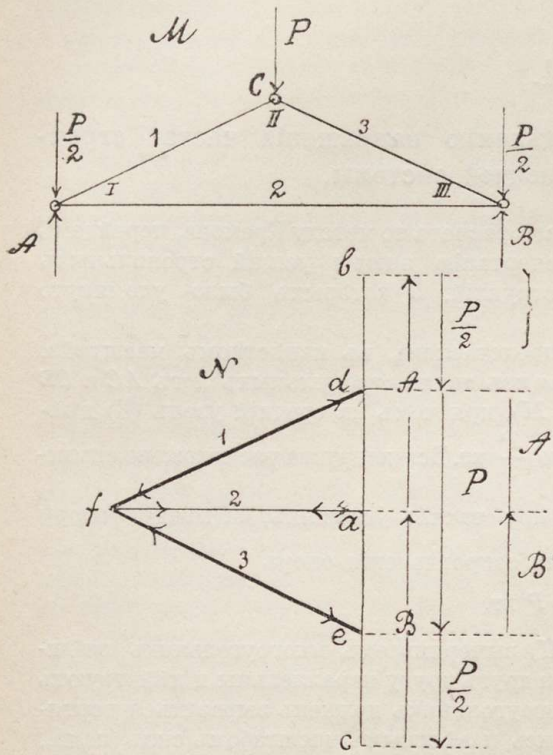
Подъ изображеніемъ фермы (чер. 548 M) вычерчиваемъ многоугольникъ внѣшнихъ силъ (чер. 548 N); а такъ какъ силы эти другъ другу параллельны и дѣйствуютъ по вертикальному направленію, то этотъ многоугольникъ долженъ выразиться вертикальной прямой линіей; поэтому мы, задавшись извѣстнымъ масштабомъ силъ (напр., приравнявъ 1000 кг. 1 см.), на вертикальной линіи отъ точки a откладываемъ по порядку всѣ усилія, т.-е. сначала вверхъ отъ точки a реакцію опоры A, затѣмъ силу $\frac{P}{2}$, дѣйствующую сверху внизъ въ узлѣ I; послѣ чего силу P, сосредоточенную на среднемъ узлѣ II; силу $\frac{P}{2}$ узла III и, наконецъ, реакцію опоры B, дѣйствующую на тотъ же узелъ снизу вверхъ, при чемъ конечная ея точка должна совпасть съ точкою a. Изъ этого чертежа мы видимъ, что отъ линій ab и ca, изображающихъ реакціи опоръ, должны быть отняты отрѣзки bd и ec (по $\frac{P}{2}$), какъ усилія, дѣйствующія по противоположному направленію и уничтожаемыя сопротивленіемъ опоръ, поэтому для опредѣленія напряженій стержней стропильной фермы расчетная реакція опоръ A и B остается лишь въ размѣрѣ линіи ad и ae, т.-е.

$$A-\frac{P}{2} \text{ и } B-\frac{P}{2}.$$

Во всѣхъ послѣдующихъ эпюрахъ мы будемъ прямо отбрасывать усиліе $\frac{P}{2}$ (чер. 548 M) и равное ему сопротивленіе опоръ и принимать въ расчетъ лишь остатокъ реакціи опоръ и всѣ грузы, дѣйствующіе на остальные узлы. Слѣдоват. и въ данномъ случаѣ расчетная реакція опоръ выразится на чертежѣ N линіями A' и B'; промежуточный же грузъ будетъ только одинъ P.

Чтобы получить величину напряженія стержней 1 и 2 разложимъ силу A' на двѣ составляющія, проведя изъ (.) d (чер. N) линію параллельно стержню № 1, и изъ (.) a стержню № 2; получаемъ замкнутый треугольникъ $a\ d\ f$, стороны котораго и выражаютъ искомыя напряженія стержней 1 и 2. Такъ какъ сила A' дѣйствуетъ снизу вверхъ, то, начиная съ этой силы и идя послѣдовательно кругомъ по направленію

сторонъ треугольника *a d f*, мы видимъ, что согласно показанію стрѣлокъ, стержень № 1 будетъ сжатъ, а № 2 вытянутъ.



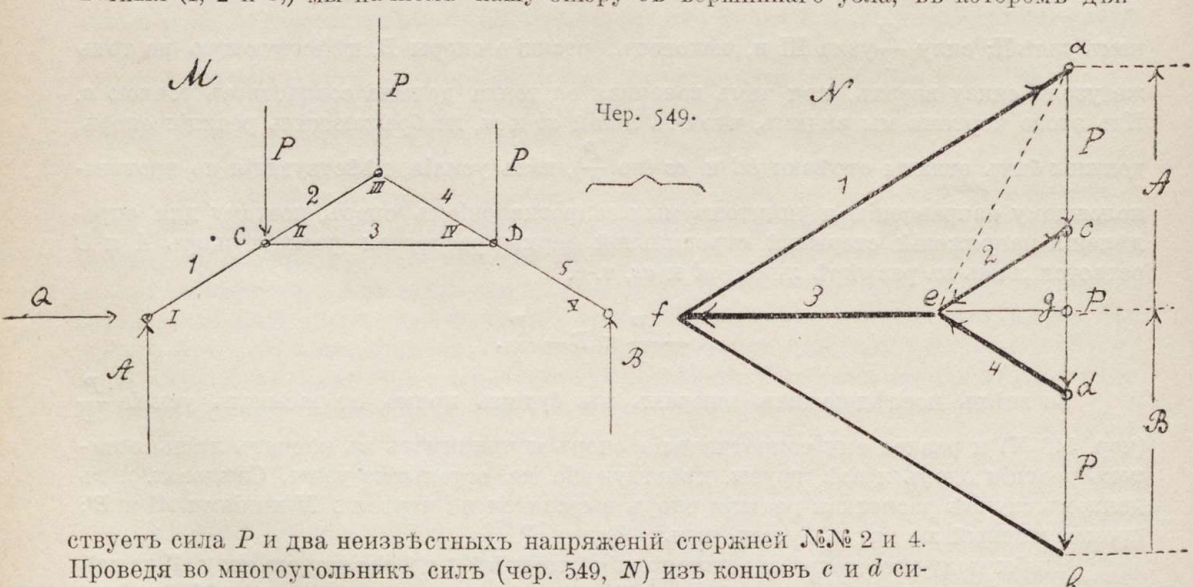
Чер. 548.

Переходя къ узлу II, мы замѣчаемъ, что здѣсь сходятся 3 силы: 1, *P* и 3, изъ коихъ послѣдняя неизвѣстная; но она сейчасъ же опредѣлится, если мы построимъ на чер. *N* треугольникъ, коего стороны *fd* и *de* извѣстны, а *ef* получится, если мы изъ конца силы *P*, т.-е. изъ точки *e*, проведемъ линію параллельно стержню № 3, причемъ конецъ этой линіи долженъ совпасть съ (.) *f*.

Собственно говоря, такъ какъ ферма загружена симметрично, то намъ нѣтъ надобности опредѣлять напряженіе стержня № 3, ибо оно равно напряженію № 1 и тоже будетъ сопротивляться сжатію.

Согласно направленію стрѣлокъ на чер. *N*, мы видимъ, что стропильныя ноги будутъ сжаты, а затяжка растянута.

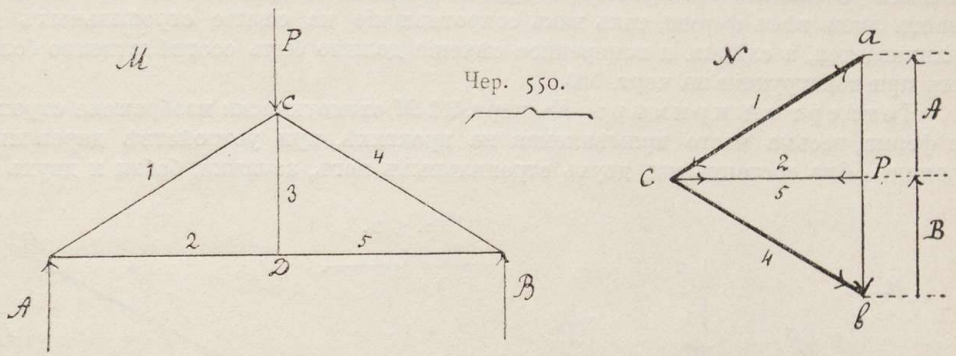
Второй примѣръ. На черт. 549 *M* и *N* представлена ферма, состоящая изъ двухъ стропильныхъ ногъ, но безъ затяжки, а съ ригелемъ *CD*. Здѣсь въ виду того, что въ узлѣ I, кромѣ реакціи опоры *A*, дѣйствуетъ только одно усиліе стержня № 1, а въ узлѣ II имѣются три неизвѣстныя (1, 2 и 3,) мы начнемъ нашу эпюру съ вершиннаго узла, въ которомъ дѣйствуетъ сила *P* и два неизвѣстныхъ напряженій стержней №№ 2 и 4. Проведя во многоугольникъ силъ (чер. 549, *N*) изъ концовъ *c* и *d* силы *P* линіи *ce* и *de* параллельно стержнямъ 2 и 4, мы получимъ величину ихъ усилій, причемъ такъ какъ стрѣлки направлены къ узлу, то стержни будутъ испытывать сжатіе.



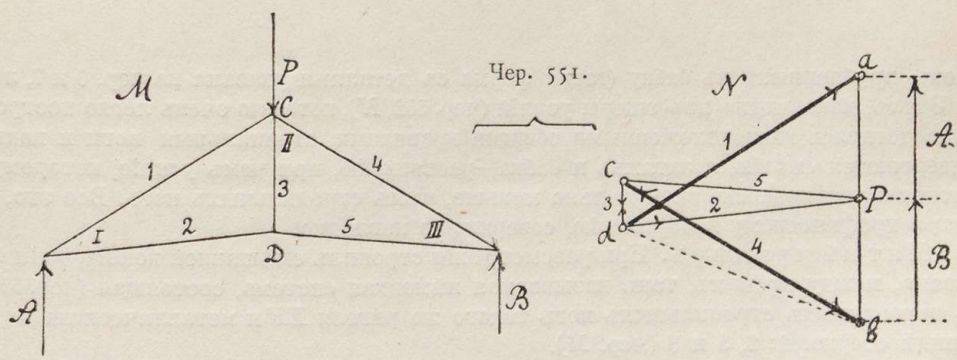
Чер. 549.

Далѣе, переходя къ узлу II, гдѣ дѣйствуютъ усилія *P* и теперь уже извѣстное

намъ напряженіе стержня № 2, намъ легко опредѣлить неизвѣстныя напряженія стержней №№ 1 и 3. Начнемъ во многоугольникѣ силъ идти отъ силы P, дѣйствующей сверху внизъ, а затѣмъ, переходимъ къ усилію № 2. Если мы равнодѣйствующую послѣднихъ двухъ усилій, выраженную пунктирной линіей ae, разложимъ на двѣ составляющія, проведя изъ (. .) a и e линій параллельно стержнямъ 1 и 3, то при этомъ, очевидно, и получимъ графически выраженную величину напряженій этихъ стержней и вмѣстѣ съ тѣмъ для узла II имѣемъ замкнутый многоугольникъ a, c, e, f, a. Мы видимъ, что въ стержнѣ № 3 стрѣлка направлена къ узлу: это показываетъ, что ригель будетъ не растягиваться, а сжиматься усиліемъ равнымъ линіи ef, а поэтому онъ играетъ роль не стяжки, а распорки. Равнымъ образомъ подвержена сжатію и стропильная нога.



Переходя къ узлу I, въ которомъ дѣйствуютъ напряженіе стержня № 1 и реакція опоры A, изображенная на чер. N отрѣзкомъ ga, мы видимъ, что эти два усилія не могутъ находиться въ равновѣсіи безъ замыкающей ихъ линіи fg (чер. N). Это послѣднее усиліе дѣйствуетъ отъ узла и должно быть или въ видѣ затяжки, которая своимъ напряженіемъ на растяженіе уравновѣшивала бы означенныя два усилія, или въ видѣ горизонтальной силы Q (чер. M), равной по величинѣ линіи fg (чер. N) и выражающей сопротивленіе стѣнъ опрокидыванію; если это сопротивленіе недостаточно, то вершины стѣнъ могутъ быть отсунуты. Слѣдовательно, такая ферма должна проявлять довольно значительный распоръ на стѣны.

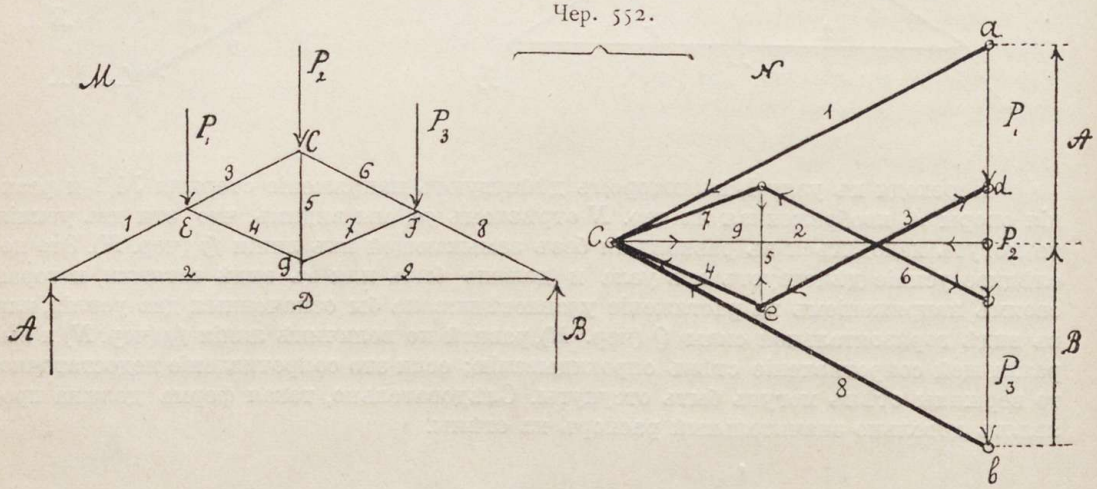


Третій примѣръ. Мы имѣемъ треугольную ферму (чер. 550), состоящую изъ двухъ стропильныхъ ногъ, затяжки и бабки или подвѣски CD (чер. M). Построивъ эпюру усилій (чер. N) и разсмтривая въ ней многоугольникъ четырехъ силъ, дѣйствующихъ въ узлѣ C, мы видимъ, что эти четыре силы даютъ на эпюрѣ не четырех-, а трехугольникъ съ такой послѣдовательностью сторонъ: № 1 (сторона ca), сила P (ab) и № 4 (bc); линіи, изображающей напряженіе стержня № 3, нѣтъ, она сократилась въ (.) C (чер. N) и совершенно правильно, такъ какъ бабка или подвѣска CD не принимаетъ участія въ сопротивленіи внѣшнимъ усиліямъ нагрузки фермы и вводится въ конструкцію только для предупрежденія провисанія затяжки AB.

Нѣсколько иное распредѣленіе усилій въ эпюрѣ получается въ томъ случаѣ, если средину затяжки приподнять и сдѣлать ее не прямой, а ломанной линіей *ADB* (чер. 551, *M*). Въ такомъ случаѣ при вытягиваніи затяжки подвѣска *CD* тоже будетъ испытывать нѣкоторое натяженіе. Переходя отъ узла I и строя многоугольникъ для вершиннаго узла II, мы видимъ, что здѣсь напряженіе стержня № 1 и сила *P* извѣстны; слѣдовательно, если мы равнодѣйствующую ихъ *db* разложимъ на двѣ составляющія: одну параллельно стержню № 4, а другую параллельно подвѣскѣ № 3, то получимъ замкнутый многоугольникъ *d*, *a*, *b*, *c*, *d*, причемъ, такъ какъ по линіи *cd* (чер. *M*) стрѣлка направлена отъ узла *C*, то стержень этотъ будетъ вытягиваться. Слѣдовательно, въ этомъ случаѣ подвѣска уже имѣетъ конструктивное значеніе. Но, сравнивая эпюру на чер. 550 *N* съ такой же эпюрой чер. 551 *N*, мы видимъ, что при одинаковыхъ условіяхъ (т.-е. пролетѣ, нагрузкѣ и подъемѣ) приподнятая затяжка увеличиваетъ лишь вѣсъ фермы, такъ какъ сопротивленіе на сжатіе стропильныхъ ногъ увеличивается, а слѣдов. и поперечное сѣченіе должно быть соотвѣтственно больше, чѣмъ при конструкціи на черт. 550.

Четвертый примѣръ. На черт. 552 *M* схематически изображена стропильная ферма, весьма часто примѣняемая на практикѣ, при устройствѣ деревянныхъ стропилъ. Она состоитъ изъ двухъ стропильныхъ ногъ, затяжки, бабки и двухъ под-

Чер. 552.



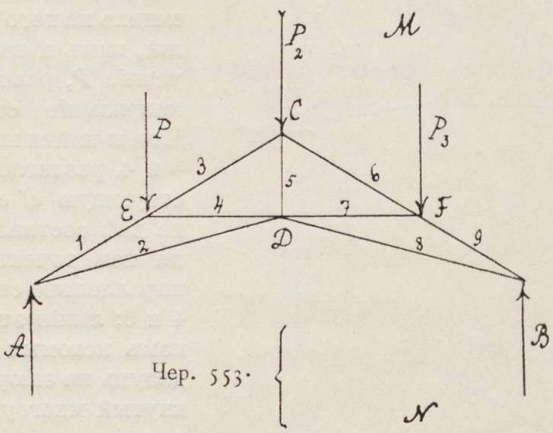
косовъ, врубленныхъ въ бабку (такая ферма съ деталями указана на чер. 6 и 7, листъ 15). Здѣсь, какъ видно изъ эпюры усилій (чер. 552, *N*), которую очень легко построить, руководствуясь вышеизложенными общими правилами, стропильныя ноги и подкосы подвергаются сжатію, а затяжка и бабка—растяженію, при чемъ усиліе, которому сопротивляются подкосы, значительно меньше, чѣмъ стропильныхъ ногъ. Все это, благодаря графическому изображенію, совершенно наглядно.

Пятый примѣръ. При разсмотрѣніи стропилъ смѣшанной конструкціи была указана, между прочимъ, такъ называемая нѣмецкая система, состоящая (чер. 553 *M*) изъ деревянныхъ стропильныхъ ногъ такого же ригеля *EF* и металлическихъ струнъ въ видѣ стержней: 2, 5 и 8 (чер. *M*).

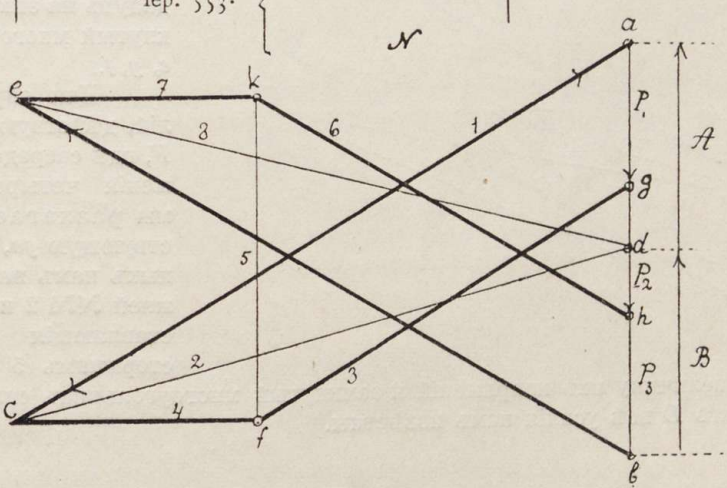
Здѣсь, какъ мы видимъ изъ эпюры усилій (чер. *N*), всѣ деревянныя части подвержены сжатію, а металлическія — вытягиванію; равнымъ образомъ и подвѣска *CD* испытываетъ значительное натяженіе, измѣряемое на эпюрѣ усилій линіей *kf*.

Если сравнить съ масштабомъ въ рукѣ, эпюру усилій на чер. 552 *N*, съ такой же эпюрой на чер. 553 *N*, то нельзя не замѣтить насколько при одинаковыхъ условіяхъ (одни и тѣ же: пролетъ, нагрузка, подъемъ) простая подкосная ферма (чер. 552) выгоднѣе нѣмецкой. Такъ, мы видимъ, что при одинаковой нагрузкѣ стропильныя ноги нѣмецкой системы испытываютъ значительное большее сжатіе сравнительно съ простой подкосной системой, а потому и требуютъ большихъ поперечныхъ измѣреній.

Шестой примѣръ. Дана стропильная ферма растяжной системы (Polonceau), смѣшанной конструкціи, состоящей изъ двухъ деревянныхъ стропильныхъ ногъ чер. 554) AD и DB, укрѣпленныхъ каждая подкосомъ (деревяннымъ или чугуннымъ столбикомъ) CF и GE и струнами AF и FD. Ферма совершенно симметрична, какъ по конструкціи такъ и по нагрузкѣ. Согласно принятому правилу предполагается что весь грузъ распредѣленъ въ пяти узлахъ A, C, D, E и B, при чемъ на узлы C, D, E дѣйствуютъ внѣшнія усилія грузовъ P, а на концахъ фермы—реакціи опоры, равныя половинѣ всего сосредоточеннаго на стропильной фермѣ груза за вычетомъ



Чер. 553.



$\frac{P}{2}$, т.-е. усилія, дѣйствующаго непосредственно на опоры. Стало быть, если реакцію опоры, отъ половины фермы, назовемъ черезъ $A=B$, то

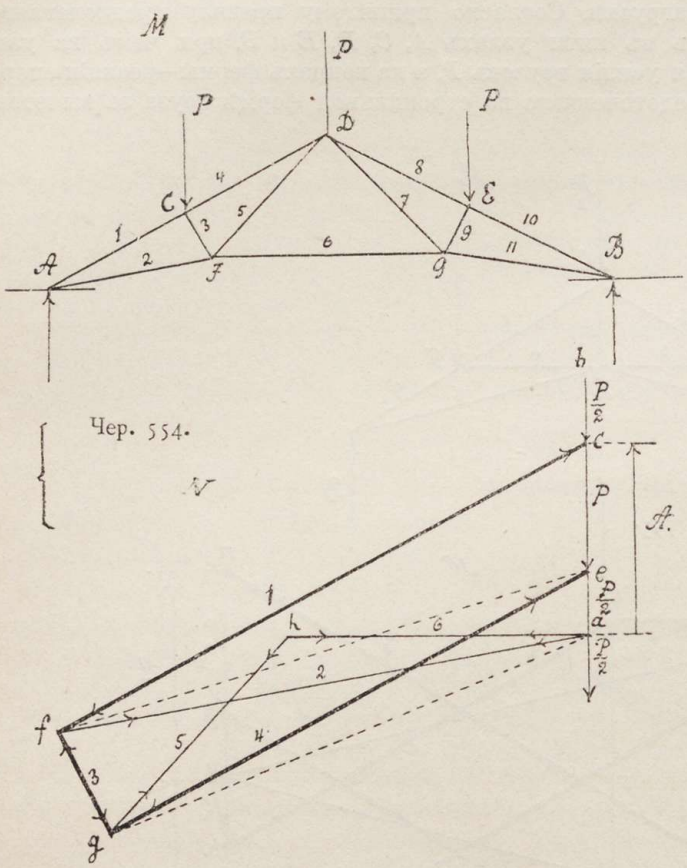
$$A=B=2\,P-\frac{P}{2}=1^1/_2\,P,$$

что и обозначено на черт. 554 N графически линіей ac.

Для того, чтобы опредѣлить напряженіе каждаго изъ стержней, необходимо, согласно правилу Кремона, всѣ внѣшнія нагрузки и внутреннія напряженія стержней, дѣйствующихъ на данный узелъ, привести на эпюрѣ усилій (чер. 554) къ замкнутому многоугольнику; такъ какъ обѣ половины фермы совершенно симметричны, то мы ограничимся построеніемъ только лѣвой ея половины.

Начнемъ съ узла A. Реакція опоръ для этой половины фермы выразится во многоугольникѣ силъ (чер. N) вертикальной прямой ab, равной $2\,P$ и дѣйствующей снизу вверхъ, а за вычетомъ силы $\frac{P}{2}$, дѣйствующей сверху внизъ на ту же точку A,

реакція опоръ графически опредѣляется отрѣзкомъ *ac*, равнымъ 1,5 *P*. Назовемъ этотъ отрѣзокъ *A* и разложимъ его, параллельно стержнямъ 1 и 2, на двѣ составляющія *cf* и *fa* (чер. *N*), которыя и выразятъ величину напряженій этихъ двухъ стержней, при чемъ положеніе стрѣлокъ указываетъ, намъ что стержень № 1 будетъ сжиматься, а № 2—вытягиваться.



Чер. 554.

Переходя къ узлу *C*, мы видимъ, что изъ дѣйствующихъ на него четырехъ усилій, намъ извѣстно внѣшнее усиліе *P*, равное линіи *Ce*, и напряженіе стержня № 1. Чтобы найти напряженіе №№ 3 и 4, разлагаемъ равнодѣйствующую *ef* силъ *P* и № 1 на двѣ составляющія, проведя изъ точекъ *e* и *f* линіи параллельно стержнямъ №№ 4 и 3; линіи эти и выразятъ намъ искомыя напряженія и дадутъ на эпюрѣ усилій замкнутый многоугольникъ *f*, *c*, *e*, *g*, *f*.

Для опредѣленія усилій, дѣйствующихъ въ узлѣ *F*, гдѣ сосредоточены напряженія четырехъ стержней, мы разлагаемъ равнодѣйствующую *ga*, двухъ извѣстныхъ намъ напряженій стержней №№ 2 и 3, на двѣ составляющія параллельныя стержнямъ 5 и 6, при чемъ получаемъ величину ихъ напряженій и замкнутый многоугольникъ силъ *a*, *f*, *g*, *h*, *a*.

Въ узлѣ *D* всѣ усилія намъ извѣстны.

§ 75.

Металлическія стропила.

Разсмотримъ подробнѣе металлическія стропила висячей конструкціи названныхъ нами системъ.

1. **Англійская система**, схематически изображенная на чер. 515, представлена болѣе детально на чер. 1, листъ 18. Стропила перекрываютъ пролетъ около 15 м. и поддерживаютъ крышу надъ котельнымъ зданіемъ или какимъ-либо инымъ помѣщеніемъ (напр., мастерскими), требующемъ сохраненія тепла, при чемъ однако устройство потолка не желательно, чтобы не отнимать мѣста по высотѣ помѣщенія или чтобы избѣжать постановки колоннъ. При такихъ условіяхъ поверхъ стропильныхъ ногъ, въ узловыхъ точкахъ II, IV, VI и VII и по стѣнѣ *A* располагаются продоль-

ные деревянные брусья, имѣющими, при разстояніи между фермами въ 2 сажени, въ поперечномъ сѣченіи $6 \times 4^1/_2$ верш. Прогоны эти прикрѣпляются болтами къ чугуннымъ угольникамъ (деталь чер. 6, листъ 18), которые, въ свою очередь привинчиваются къ верхней полкѣ угловаго желѣза стропильной ноги. Для коньковаго бруса устанавливается чугунная коробка (деталь чер. 3, л. 18), тоже привинченная болтами къ вершинамъ стропильныхъ ногъ. Къ нижней поверхности прогоновъ подшиваются дюймовыя доски и оштукатуриваются по войлоку или по пробковой изоляціи. Поверхъ прогоновъ дѣлается тесовая настилка, которая служитъ обрѣшеткою для желѣзной кровли. Такимъ образомъ, крыша получается состоящей изъ слѣдующихъ слоевъ: слой штукатурки, войлока или пробки, дерева, воздушная прослойка, опять слой дерева и, наконецъ, кровельное желѣзо. Такая тщательная изоляція для сохраненія тепла требуется не вездѣ; во многихъ случаяхъ, напр., для мастерскихъ, литейныхъ, пакгаузовъ и проч., ограничиваются лишь одной тесовой настилкой подъ желѣзную кровлю.

Стропильныя ноги, затяжки и подкосы, словомъ, всѣ части, подверженныя сжатію, состоятъ изъ двухъ уголковъ; вертикали — въ одинъ уголокъ, а средняя подвѣска—изъ двухъ желѣзныхъ полосъ шириною 100 мм. и толщиною 6 мм.

Всѣ сопряженія узловъ фермы, какъ это видно изъ деталей 3, 4, 5 и 6, устроены съ помощью прокладокъ изъ плоскаго желѣза, проложенныхъ между двумя уголками стропильныхъ ногъ и затяжки. Къ прокладкамъ приклепываются подкосы и вертикали.

Такой способъ соединенія частей — самый простой, удобный и дешевый.

Стропильная затяжка приподнята на $^1/_{30}$ отъ всего пролета и въ срединѣ имѣетъ стыкъ, скрѣпленный горизонтальной изогнутой подкладкой и вертикальной, изъ плоскаго желѣза прокладкой; послѣдняя служитъ и для прикрѣпленія подкосовъ и вертикалей.

Подъ концы фермы подложены чугунныя подкладки, а для перехода отъ чугуна къ кирпичной кладкѣ, введены подферменные камни, такимъ способомъ, на единицу поверхности передается давленіе, соотвѣтствующее кирпичной кладкѣ.

Приподнятая затяжка хотя и увеличиваетъ нѣсколько напряженіе стропильныхъ ногъ, но зато сокращаетъ длину подкосовъ и вертикалей и придаетъ фермѣ болѣе красивый видъ.

На томъ же листѣ (чер. 2) изображена діаграмма силъ, опредѣляющая графически, по методу Кремона, напряженіе стержней, составляющихъ описанную стропильную ферму.

Здѣсь весь грузъ, дѣйствующій на ферму, распредѣляется на 8 панелей и разсматривается, какъ сосредоточенный въ 9 узлахъ (P_0, P_1, P_2, P_3 и т. д.); при этомъ крайніе грузы (P_0), на основаніи уже высказанныхъ соображеній, отбрасываются. Далѣе, на вертикальной линіи *ba* строится многоугольникъ внѣшнихъ силъ, при чемъ такъ какъ ферма совершенно симметрична какъ по конструкціи, такъ и по нагрузкѣ то построеніе ограничивается лишь для фермы, лѣвой половины.

Реакція опоры A, какъ видно изъ чертежа, равна:

$$A = P_1 + P_2 + P_3 + \frac{P_4}{2}.$$

Для опредѣленія напряженій начнемъ съ узла I. Здѣсь дѣйствуютъ три усилія: реакція опоры A, направленная снизу вверхъ и напряженія стержней 1 и 2, которые опредѣляются построеніемъ треугольника на линіи A проведеніемъ параллельныхъ стержнямъ №№ 1 и 2. Такъ какъ стержень № 1 подверженъ сжатію, ибо напряженіе его направлено къ узлу, то онъ обозначенъ красной линіей; стержень же № 2 имѣетъ обратное отъ узла дѣйствіе и подверженъ вытягиванію, что обозначается на нашемъ чертежѣ синей краской.

Далѣе мы переходимъ ко II-му узлу, гдѣ дѣйствуютъ четыре усилія, изъ которыхъ напряженіе стержня № 1 и внѣшняя сила P_1 намъ извѣстны; остается опредѣлить остальныя два напряженія. Для этого мы разлагаемъ равнодѣйствующую (обозначенную на чертежѣ пунктиромъ) уже извѣстныхъ намъ усилій (№ 1 и P_1) на двѣ составляющія, параллельные двумъ стержнямъ № 3 и № 4, при чемъ обѣ эти линіи изображены на эпюрѣ красными, такъ какъ выражаютъ напряженія, сопротивляющіяся сжатію, и т. д. построеніе ведется, согласно общему способу.

Размѣры поперечныхъ сѣченій стержней.

Опредѣливъ, съ помощью эпюры, напряженіе всѣхъ стержней стропильной фермы, мы подсчитываемъ размѣры ихъ поперечныхъ сѣченій.

Если P выражаетъ вообще напряженіе стержня, k—прочное сопротивленіе на единицу (принимая для желѣза 1000 кг. на см^2.), то необходимое поперечное сѣченіе f каждаго стержня должно быть

$$f = \frac{P}{k} = \frac{P}{1000} \text{ кв. см.}$$

Стержни, подверженные сжатію, должны быть, кромѣ того, провѣрены на переломъ, примѣняя уравненіе (стр. 199).

$$J = 2{,}5\, Pl^2,$$

гдѣ J—моментъ инерціи, P—напряженіе, выраженные въ тоннахъ, и l—длина стержня въ метрахъ.

Что касается формы поперечнаго сѣченія стержней, то таковая зависитъ отъ ихъ положенія въ фермѣ и характеру усилій, которымъ они подвергаются.

На нашемъ чертежѣ (листъ 18) всѣ части стропильной фермы состоятъ изъ уголковъ: стропильн. ноги, затяжка и подкосы изъ двойныхъ уголковъ, а вертикали изъ одиночныхъ. Только средній подвѣсъ (стерж. № 13), подверженный растяженію, состоитъ изъ двухъ желѣзныхъ полосъ ширин. 100 мм. и толщиною 6 мм. Наименьшая ширина такихъ полосъ вообще принимается въ 60 мм., а толщина 6—7 мм.

Уголки для частей, подверженныхъ сжатію должны имѣть полки шириною не менѣе 50, а толщиною не менѣе 7 мм.

Всѣ силы, дѣйствующія въ узлѣ, должны быть въ равновѣсіи, поэтому необходимо, чтобы концы всѣхъ стержней, сходящихся въ узлѣ, были другъ съ другомъ связаны; эта связь достигается употребленіемъ прокладокъ, которыя и показаны на чертежѣ во всѣхъ сопряженіяхъ.

Толщина прокладокъ (δ) вообще зависитъ отъ діаметра d—заклепокъ и на практикѣ обыкновенно принимается:

При $d = 16, 20, 23, 26$ мм.
„ $\delta = 13, 16, 18, 20$ мм.

Ходовой размѣръ заклепки—16 мм., а толщина прокладокъ—13 мм.

Для стержней съ болѣе значительнымъ напряженіемъ (болѣе 15.000 кг.), заклепки ставятъ въ 20 мм., при менѣе значительномъ—16 мм.

Число заклепокъ опредѣляется по вышеприведеннымъ уравненіямъ (*a*) и (*b*) стр. 422.

Всѣ полученные результаты расчета частей желѣзной фермы, для большаго удобства, выписываются въ особой таблицѣ.

Такъ, напр., нижеслѣдующая таблица составлена для фермы англійской системы, изображенной на листѣ 18, чер. 1.

Таблица XXXIII.

1		2	3	4	5	6	7	8	
№№ стержней.		Напряженія стержней въ кг.		Поперечное сѣченіе въ см².		Длина стержня.	Моментъ инерціи J въ см⁴.		Примѣчанія.
		Вытягиванію.	Сжатію.	Необходимое.	Имѣющееся въ продажѣ.		Необходимый.	Имѣющійся.	
Строп. ноги.	1	—	24000	24,0	⊥⊥ 90×90×13; f=43,6	2,2	290	316	
	3	—	20500	20,5	То же самое	2,2	248	316	
	6	—	17200	17,2	„ „	2,2	208	316	
	10	—	13000	14,0	„ „	2,2	169	316	
Затяжки.	2	22300	—	22,3	⊥⊥ 75×75×10; f=28,2	—	—	—	
	8	19000	—	19,0	То же самое	—	—	—	
	12	16000	—	16,0	„ „	—	—	—	
Вертикали.	5	1000	—	1,0	⊥ 50×50×5; f=4,8	—	—	—	
	9	4000	—	4,0	То же самое	—	—	—	
	13	8000	—	8,0	‖ 100×6; f=12,0	—	—	—	
Подкосы.	4	—	3250	3,2	⊥⊥ 55×55×6; f=12,6	2,0	32	44,2	
	7	—	3500	3,5	То же самое	2,2	42	44,2	
	11	—	4200	4,2	⊥⊥ 60×60×10; f=22,2	2,5	65	69,7	

Въ первой графѣ поставлены №№ стержней; во 2-й и 3-й—тѣ усилія, которымъ они подвергаются; въ 4-й—необходимое поперечное сѣченіе; въ 5-й—то же сѣченіе, но размѣровъ профиля, имѣющагося въ продажѣ и взя-

таго по таблицѣ (приложеніе въ концѣ книги); въ 6-й—длины стержней; въ 7-й и 8-й — моменты инерціи: опредѣленныя по формулѣ $J = 2{,}5\ Pl^2$ (P — въ тоннахъ и l въ метрахъ) и подходящія къ этому, взятыя изъ таблицы.

Обращая вниманіе на величину вычисленныхъ поперечныхъ сѣченій (графа 4) и тѣхъ, которыя взяты изъ таблицы (графа 5), мы видимъ, что послѣднія значительно превосходятъ первыя, тогда какъ моменты инерцій (графа 7-я и 8-я) поперечныхъ сѣченій въ этомъ отношеніи мало разнятся. Кромѣ того, для того чтобы сдѣлать стропильныя ноги неразрѣзанными поперечное сѣченіе стержней 1, 3, 6 и 10 — остается одно и то же.

Что касается числа и размѣровъ заклепокъ, то въ данномъ случаѣ, для значительныхъ усилій, превосходящихъ 15.000 кг., діаметръ заклепокъ d принятъ въ 20 мм., а для усилій меньшихъ | 16 мм.

Во всѣхъ соединеніяхъ, за исключеніемъ сопряженій вертикалей, заклепки подвергаются двойному перерѣзыванію, при чемъ сопротивленіе N заклепки съ діаметромъ въ 2 см., на основаніи вышеприведенныхъ формулъ (стр. 442), равно:

$$N = 2\,\frac{\pi\,2^2}{4},\ 800 \backsim 5000 \text{ кг.}$$

Для заклепки съ діаметромъ въ 1,6 см.

$$N_1 = 2\,\frac{\pi \cdot 1{,}6^2}{4}\ 800 \backsim 2200 \text{ кг.}$$

Относительно сжатія стѣнки заклепочной дыры, при толщинѣ прокладки въ 1,3 см.:

$$N = 2{,}0 \times 1{,}3 \times 1200 = 3120 \text{ кг.}$$

при $d = 1{,}6$ см.

$$N_1 = 1{,}6 \times 1{,}3 \times 1200 = 2500 \text{ кг.}$$

Отсюда, если P—усиліе, дѣйствующее въ стержнѣ, то число заклепокъ n вообще выразится:

$$n = \frac{P}{3120} \text{ и } n_1 = \frac{P}{2200}.$$

Такъ, напр., для сопряженія стержня № 1 съ № 2 (т.-е. стропильной ноги съ затяжкой), гдѣ дѣйствуетъ усиліе = 24000 кг., число заклепокъ $n = \frac{24000}{3120} \backsim 8$.

2. **Система французская** (Polonceau). Мы уже указывали на ферму системы Polonceau, для небольшихъ пролетовъ, со стропильными ногами укрѣпленными однимъ подкосомъ (чер. 554) и видѣли, что графическій расчетъ ея очень простъ. Для болѣе значительныхъ пролетовъ такого укрѣпленія стропильныхъ ногъ недостаточно и тогда примѣняютъ стропила съ двумя или тремя подкосами. Примѣръ такой фермы для пролета въ 14—15 м. и болѣе представленъ на листѣ 19. Здѣсь же на чер. 2 указана и діаграмма силъ, составленная согласно правиламъ Кремона.

Начертаніе эпюры ведется слѣдующимъ образомъ:

Весь грузъ, дѣйствующій на ферму, распредѣляется на семь узловъ по P кг. на каждый, а на концахъ фермы реакціи опоръ A и B выразятся равными

$$A = B = 3{,}5\ P.$$

Для опредѣленія напряженій стержней начнемъ построеніе многоугольниковъ силъ съ узла I и разлагая $A = ae$ (чер. 2) на составляющія af и fe, мы получимъ напряженіе стержней №№ 1 и 2. Въ узлѣ II (чер. 1) неизвѣстныя усилія стержней №№ 3 и 4 легко опредѣлить построеніемъ четырехугольника $a\ b\ g\ f\ a$ (чер. 2). Точно также и напряженія стержней 5 и 6 въ узлѣ III находятся построеніемъ сомкнутаго многоугольника $e\ f\ g\ h\ e$. Что же касается узла IV, то здѣсь мы имѣемъ три извѣстныхъ усилій (P, 4 и 5) и, кромѣ того, три неизвѣстныхъ напряженій стержней 8, 9 и 7.

Такимъ образомъ задача является неопредѣленной и разрѣшается лишь благодаря тому обстоятельству, что напряженія стержней 5 и 9, при равенствѣ всѣхъ грузовъ P, совершенно одинаковы; поэтому, если уголъ наклоненія стропильной ноги къ горизонту $= \alpha$, то разлагая грузъ P (чер. 3 на томъ же листѣ) на двѣ составляющія $P \sin \alpha$ и $P \cos . \alpha$, одну параллельно, а другую перпендикулярно стропильной ногѣ, легко замѣтить, что на стропильную ногу дѣйствуетъ только составляющая $P \sin \alpha$, тогда какъ $P \cos \alpha$, направленная по стержню № 7, располагается совершенно симметрично относительно стержней 5 и 9 и вызываетъ въ нихъ совершенно равныя напряженія. Кромѣ сего мы видимъ, что р а з н и ц а между усиліями стержней 1, 4, 8 и 12, послѣдовательно идущихъ одинъ за другимъ (чер. 1) и составляющихъ стропильную ногу, при равенствѣ грузовъ P, остается одна и та же $и = P \sin \alpha$ (чер. 3), поэтому во многоугольникѣ силъ (чер. 2) концы параллельныхъ линій, выражающихъ напряженіе частей стропильной ноги, должны лежать на прямой fn (чер. 2), направленной подъ прямымъ угломъ къ линіи af. На основаніи этихъ соображеній наша графическая задача разрѣшается слѣдующимъ образомъ:

Для построенія многоугольника силъ, дѣйствующихъ въ узлѣ IV мы уже имѣемъ на нашей эпюрѣ (чер. 2) стороны его $h\ g\ b\ c$, выражающія усилія 5, 4 и P. Если мы черезъ точку c проведемъ параллельную стержню № 8, а черезъ h стержню № 7, то, продолжая линію fg (пунктирно), мы пересѣкаемъ № 8 въ точкѣ k и этимъ опредѣляемъ его длину. Проведя изъ точки k линію параллельно стержню № 9 до пересѣченія съ № 7 въ (.) l мы получаемъ замкнутый многоугольникъ g, b, c, k, l, h, g. Если построеніе вѣрно, то линія kl—должна точно равняться линіи gh, такъ какъ онѣ выражаютъ совершенно одинаковыя напряженія.

Дальнѣйшее построеніе многоугольниковъ для узловъ V, VI и VII—не представляетъ затрудненій.

Какъ видно изъ чертежа 2-го, нѣкоторыя изъ линій многоугольниковъ силъ покрываютъ другъ друга.

Такъ: напряженіе № 2-й, идущее отъ точки f до e, покрывается 6-мъ, идущимъ отъ h до e; 13-й составляетъ продолженіе 10-го, при чемъ первое усиліе выражается линіей nl, а второе—lm.

Всѣ части стропилъ состоятъ изъ двойныхъ уголковъ и сопрягаются другъ съ другомъ посредствомъ прокладокъ изъ котельнаго желѣза толщиною 1,3 см., и заклепокъ, подверженныхъ двойному перерѣзыванію. Прокладки для облегченія вырѣзаны по кривымъ (чер. 8, 4 и 7).

Предполагая покрытіе надъ полутеплымъ зданіемъ (мастерскими, котельной и т. п.), вдоль строенія, по стропиламъ, въ узловыхъ точкахъ, располагаются деревянные прогоны, удерживающіеся въ своемъ положеніи приклепанными къ стропильнымъ ногамъ угольниками (чер. 6). На прогонахъ лежитъ два ряда дощатой обшивки, между которыми слой просмоленнаго толя.

Верхняя обшивка служитъ обрѣшеткой для желѣзной крыши.

При пролетахъ до 12 м., отношеніи высоты подъема къ отверстію равномъ $^1/_5$ и разстояніи между стропилами въ 2 м. можно примѣнять ферму Polonceau съ одной подпоркой (чер. 554). При большихъ пролетахъ и боль-

шемъ разстояніи между фермами увеличивается и число подпорокъ, при чемъ разстояніе между послѣдними по длинѣ стропильной ноги принимается отъ 2 до 3 м.

Подъемъ затяжки къ срединѣ дѣлается равнымъ $^1/_{30}$ до $^1/_{20}$ пролета или отъ $^1/_8$ до $^1/_4$ подъема стропилъ. Вообще же это зависитъ отъ наклона стропильныхъ ногъ.

3) **Бельгійская система желѣзныхъ стропилъ** отличается отъ англійской тѣмъ, что діагонали имѣютъ уклонъ отъ средины фермы (чер. 516 и 517) къ ея концамъ и подвергаются вытягиванію, а не сжатію. Вертикальные же стержни могутъ быть поставлены или отвѣсно, какъ это показано на чертежѣ 516 или нормально къ направленію стропильной ноги (чер. 517). Послѣдняя конструкція изображена съ детальными поясненіями и діаграммой усилій на листѣ 20. Здѣсь мы видимъ, что вся конструкція металлическая, безъ примѣненія дерева. Въ узловыхъ точкахъ, поверхъ стропильныхъ ногъ, вдоль зданія, располагаются вмѣсто деревянныхъ прогоновъ, какъ это было показано въ предшествовавшихъ конструкціяхъ, желѣзныя двутавровыя балки, прикрѣпленныя къ стропильной ногѣ посредствомъ изогнутыхъ угольниковъ (чер. 3, 4, 5, листъ 20).

При показанной на чер. 1 конструкціи и разстояніи между фермами въ 3 метра, требуются балки высотою въ 140 мм. Поверхъ балокъ перпендикулярно къ коньку, на разстояніи одного метра одна отъ другой располагаются въ видѣ второстепенныхъ стропильныхъ ногъ, полосы угловаго желѣза, къ которымъ прикрѣпляется обрѣшетка подъ желѣзную кровлю; полосы въ свою очередь скрѣпляются съ таврами посредствомъ угольниковъ, приклепанныхъ одной заклепкой къ тавру, а другой—къ полосѣ. Обрѣшетка можетъ быть или изъ Z-образнаго желѣза (чер. 7 . *a*) или же каждая полоса состоять изъ двухъ склепанныхъ по длинѣ угольниковъ (чер. 7 · *b*); послѣдній способъ примѣняется лишь въ томъ случаѣ, если Z-образнаго желѣза не имѣется. Концы стропилъ располагаются на чугунныхъ подкладкахъ, лежащихъ на подферменныхъ камняхъ. Обдѣлка конца показана на детальномъ чер. 3 того же листа.

Что касается діаграммы силъ (чер. 2), то составленіе ея не представляетъ никакихъ затрудненій.

Мы видимъ изъ этой діаграммы, что, кромѣ затяжки, подвергаются вытягиванію и діагонали (5 и 9), а стержни, нормально поставленные къ направленію стропильныхъ ногъ и самыя стропильныя ноги сжимаются.

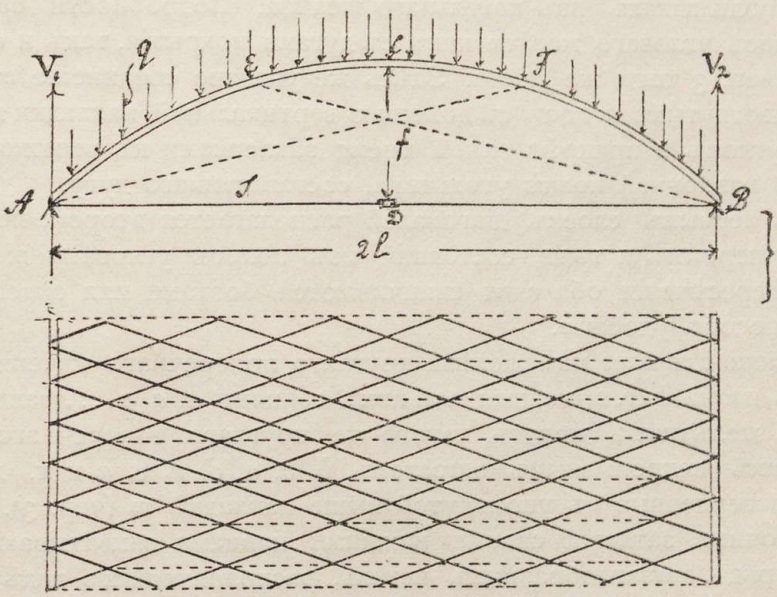
4) **Русская система** (сѣтчатая) **покрытій инженера В. Г. Шухова** (листъ 21).

Эта система рѣзко отличается отъ предшествовавшихъ и имѣетъ совершенно оригинальный характеръ. Собственно то, что называется стропильной фермой въ системѣ совсѣмъ отсутствуетъ и все покрытіе состоитъ изъ упругой, криволинейной сѣтки, составленной изъ однообразныхъ и одинаково сопротивляющмхся элементовъ. Такая сѣтка, стянутая затяжками, способна передавать какъ свой собственный вѣсъ, такъ и грузъ, на ней лежащій, на стѣны безъ всякаго распора.

Смотря по типу покрытія, сѣтка составляется изъ желѣзныхъ полосъ, уголковъ и зетоваго желѣза, а также можетъ быть и деревянной. Въ послѣднемъ случаѣ сѣтка дѣлается изъ обыкновеннаго дюймоваго теса. Никакихъ массивныхъ частей въ видѣ стропильныхъ фермъ въ составъ покрытія не входитъ. Благодаря этому, вѣсъ покрытія и стоимость его получаются значительно менѣе противъ покрытій со стропильными фермами. Выгодность покрытій Шухова въ особенности замѣчается при значительныхъ пролетахъ, а простота устройства и несложность сборки обусловливаются тѣмъ, что всѣ части повторяются и состоятъ изъ легкихъ полосъ, которыя размѣчаются и выкраиваются по однимъ и тѣмъ же шаблонамъ.

Не вдаваясь въ подробности описанія и расчета разнообразныхъ покрытій по системѣ Шухова при различныхъ пролетахъ и формахъ строеній

Чер. 555.



въ планѣ, укажемъ лишь на самый простой типъ въ видѣ сѣтчато-арочнаго покрытія надъ зданіемъ прямоугольной формы.

На чер. 555 представленъ поперечный разрѣзъ и планъ части длиннаго прямоугольнаго покрытія, матеріаломъ для котораго служатъ полосы угловаго желѣза малаго калибра. Не трудно замѣтить, что покрытіе имѣетъ видъ опрокинутой корзинки, края которой расположены на стѣнахъ и для уничтоженія распора стянуты горизонтальными затяжками *AB*. Отдѣльныхъ стропильныхъ фермъ здѣсь нѣтъ, а все покрытіе представляетъ собою какъ бы одну непрерывную упругую ферму, составленную изъ взаимно пересѣкающихся изогнутыхъ угольниковъ или зетовъ, склепанныхъ или свинченныхъ между собою въ мѣстахъ встрѣчи.

При значительныхъ пролетахъ болѣе 12 метровъ, кромѣ горизонтальной затяжки *AB* вводятся еще наклонныя *AF* и *BE*.

Покрытія инженера Шухова были исполнены на Нижегородской вы-

ставкѣ въ 1896 г. въ различныхъ зданіяхъ выставочныхъ отдѣловъ надъ пролетами въ 6, 7, 11, 13 и 15 саж. Всего перекрыто до 4393 квад. саж., т.-е. пространство безъ малаго въ 2 десятины.

На листѣ 21 мы даемъ примѣръ сѣтчато-арочнаго покрытія надъ пролетомъ въ 50′ (15 м.) съ указаніемъ деталей и сопряженій нѣкоторыхъ частей этой оригинальной системы.

На чер. 1 представленъ поперечный разрѣзъ покрытія, а на чер. 2— его видъ сверху, при чемъ правая часть совершенно открыта, а надъ лѣвой устроена деревянная обрѣшетка, изъ брусковъ, подъ желѣзную кровлю.

Покрытіе стянуто горизонтальными и наклонными затяжками и состоитъ изъ выгнутыхъ полосъ угловаго желѣза, расположенныхъ по діагоналямъ, на разстояніи 4,50 футъ (1,35 м.) одна отъ другой. Подъемъ сѣтки около $^1/_5$ отъ всего пролета. Концы полосъ прикрѣпляются къ угловому желѣзу, лежащему, какъ мауерлаты, вдоль стѣнъ на ихъ вершинахъ, на особыхъ подкладкахъ изъ котельнаго желѣза. Подробности сопряженій этихъ полосъ угловаго желѣза какъ съ дугами покрытія, такъ и со стѣной видны на чер. 3 того же листа. Здѣсь же указано соединеніе струнъ съ концами изогнутыхъ полосъ съ помощью вертикальной накладки *m* (чер. 3), загнутой угломъ и прикрѣпленной тремя заклепками къ вертикальной, и двумя—къ наклонной полкѣ угольника, составляющаго дугу.

Надъ первымъ слоемъ діагоналей располагается второй, пересѣкающійся съ первымъ и тоже состоящій изъ полосъ угловаго желѣза. Въ мѣстахъ пересѣченія оба слоя свинчиваются болтами или склепываются. Первый способъ удобнѣе.

Затяжки сдѣланы изъ желѣза круглаго поперечнаго сѣченія и, какъ видно изъ плана фиг. 2, каждая изъ нихъ концами *a*, *a*, *a*..., захватываетъ петли изъ желѣзныхъ полосъ, такого же круглаго поперечнаго сѣченія, проходящихъ непрерывнымъ зигзагомъ *b*, *c*, *a*, *d*, *a*, *e*, *a* и т. д. черезъ дыры, просверленныя въ упомянутой выше накладкѣ *m* (чер. 3).

Наклонныя затяжки своими нижними концами захватываютъ точно такой же рядъ зигзагообразныхъ петель, расположенныхъ надъ первымъ рядомъ, верхніе же концы затяжекъ прикрѣпляются къ изогнутой полосѣ съ помощью болта съ проушиной (чер. 8, *t*).

Для натяженія затяжекъ каждая изъ нихъ снабжена муфтами (*r*, *r*, *r* чер. 1 и *R*, чер. 7) съ нарѣзками, направленными въ разныя стороны. На этомъ же чертежѣ показано сопряженіе затяжки съ зигзагообразной полосой съ помощью петли *h* и хомутика *k*.

Полосы угловаго желѣза, изъ которыхъ состоятъ дуги, сращиваются по длинѣ съ помощью двухъ накладокъ *s* (чер. 9), а между собою въ мѣстахъ пересѣченія скрѣпляются болтами *p* (тотъ же чертежъ).

Обрѣшетка подъ желѣзную кровлю дѣлается такимъ образомъ: на верхнія полосы угловаго желѣза (чер. 4, 5 и 6, тотъ же листъ) накладывается деревянный брусокъ *d* и привинчивается къ вертикальной стѣнкѣ уголка (чер. 6) горизонтальнымъ болтомъ. Къ этому бруску прибиваются гвоздями обрѣшетины *e*, *e*, *e*, къ которымъ уже посредствомъ клямеровъ, по общему способу прикрѣпляется кровельное желѣзо.

Если покрытіе желаютъ сдѣлать менѣе теплопроводимыммъ, то обрѣшетка къ брускамъ d не прибивается, а замѣняется настилкой изъ двухъ рядовъ деревянныхъ досокъ или теса, между которыми располагается прослоекъ войлока или толя, какъ это было указано выше.

Такія покрытія весьма удобны надъ помѣщеніемъ для котельныхъ.

Разсчетъ сѣтчатыхъ покрытій.

Что касается опредѣленія напряженій стержней, составляющихъ сѣтчатое покрытіе, то оно ведется также, какъ и при расчетѣ арочныхъ фермъ.

Первоначально предположимъ случай равномѣрной нагрузки дуги грузомъ q на единицу длины горизонтальной ея проекціи (чер. 555), равной $2\,l$.

Давленіе на опоры (реакція опоръ) равна:

$$v_1 = v_2 = ql.$$

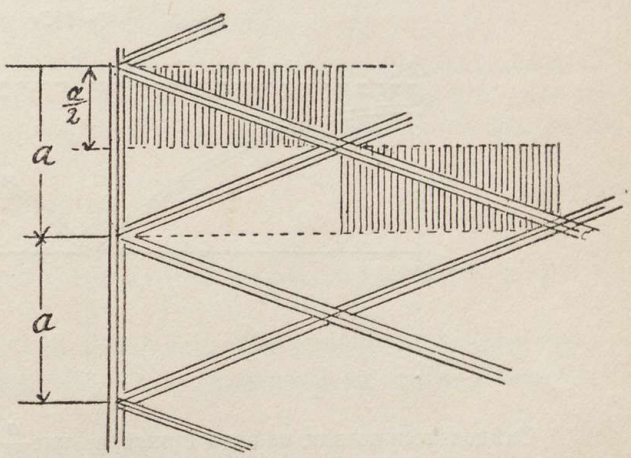
Очевидно, что при такихъ условіяхъ дуга будетъ сжиматься, а затяжка—растягиваться. Если мы эти усилія (растяженіе затяжки и сжатіе дуги) назовемъ черезъ S, а подъемъ дуги черезъ f, то моментъ всѣхъ силъ, дѣйствующихъ на половину фермы (лѣвую или правую) будетъ:

$$Sf = ql \cdot l - ql\,\frac{l}{2},$$

откуда

$$S = q\,\frac{l^2}{2f}.$$

Чер. 556.



Преположимъ, что у насъ разстояніе между узлами $= a$ (чер. 556), тогда нагрузка на погонную единицу горизонтальной проекціи дуги выразится равной

$$q\,\frac{a}{2},$$

а слѣдовательно, вводя эту нагрузку въ предшествовавшее уравненіе, получимъ:

$$S = \frac{ql^2}{2f} \times \frac{a}{2}.$$

Распредѣленіе нагрузки показано на чер. 556 штрихами.

Необходимая площадь F поперечнаго сѣченія стержня (уголка или зета), составляющаго дугу, равна

$$F = \frac{S}{k},$$

гдѣ k—есть коэффиц. желѣза на сжатіе.

Примѣръ. Преположимъ, что пролетъ AB (чер. 555) равенъ $2l = 60'$, $a = 5'$, $q = 1$ пуду на кв. футъ проекціи покрытія и $f = \frac{2l}{5} = 12'$; въ такомъ случаѣ

$$S = \frac{1 \times 30 \times 30}{2 \times 12} \times \frac{5}{2} = 93{,}5 \text{ пуда.}$$

Слѣдовательно

$$F = \frac{93{,}5}{400} = 0{,}238 \text{ кв. д.}$$

Изъ этого примѣра видно, какое требуется незначительное поперечное сѣченіе стержней для сѣтчатаго покрытія.

Нѣсколько иная картина получается при односторонней нагрузкѣ; здѣсь полосы сѣтки подвергаются перелому, изгибу и требуютъ значительно большихъ поперечныхъ сѣченій.

Мы знаемъ, что если p представляетъ эту одностороннюю нагрузку на погонную единицу проекцій прямой полуформы, то расчетный сгибающій моментъ (стр. 414)

$$M\,max = \frac{pl^2}{8}.$$

Для параболической же фермы при тѣхъ же условіяхъ этотъ моментъ будетъ вдвое меньше, т.-е. равенъ

$$M'\,max = \frac{pl^2}{16}.$$

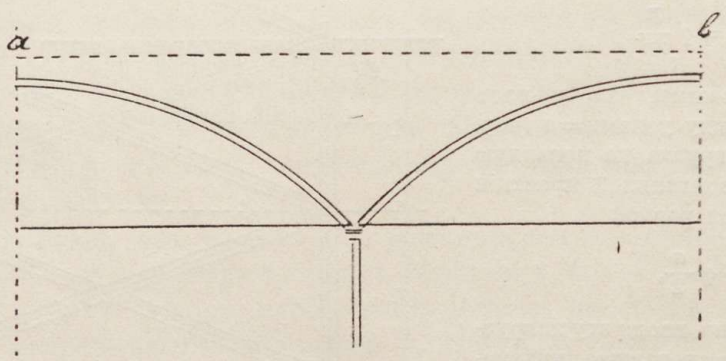
Таково свойство криволинейныхъ фермъ.

Односторонняя равномѣрная нагрузка половины дуги можетъ быть въ томъ случаѣ, когда покрытіе составлено изъ отдѣльныхъ криволинейныхъ крышъ (чер. 557) и снѣгъ лежитъ до горизонта, показаннаго пунктирной линіей ab.

При такихъ условіяхъ принимается, что

p = отъ 0,2 до 0,4 пуд. на кв. ф.

Чер. 557.



Слѣдовательно для нашего примѣра, при $\frac{a}{2} = 2{,}5'$.

$$M'\,max = \frac{0{,}2 \times 30 \times 30 \times 12 \times 2{,}5\ ^*)}{16} = 340 \text{ пуд.}$$

Если прочное сопротивленіе R желѣза взять = 300 пуд. на кв. д., то моментъ сопротивленія W будетъ равенъ:

$$W = \frac{M'\,max}{R} = \frac{340}{300} = 1{,}13 \text{ куб. д.}$$

Помножая на 16,4 мы переходимъ на куб. сант. и получаемъ:

$$W = 1{,}13 \times 16{,}4 = \sim 19 \text{ куб. сан.}$$

Этому моменту сопротивленія по таблицѣ въ концѣ книги соотвѣтствуетъ угловое желѣзо профиля № 7.

Если покрытіе имѣетъ 3 затяжки, изъ которыхъ одна горизонтальная и двѣ наклонныя, какъ это изображено на нашемъ примѣрѣ на листѣ 21, то

$$M''max = \frac{pl^2}{40}.$$

*) Числитель помножается на 12 для приведенія въ дюймы.

Напряженіе S_1 горизонтальной тяги на вытягиваніе:

$$S_1 = 1{,}25 \cdot q \cdot l + 0{,}47\ pl.$$

Натяженіе наклонныхъ тягъ

$$S_2 = 0{,}645 \cdot pl$$

Примѣръ:

$$M\,max = \frac{0{,}2 \times 30 \times 30 \times 12 \times 2{,}5}{40} = 142{,}5 \text{ пудодюйм.}$$

$$S_1 = 1{,}25 \times 1 \times 2{,}5 \times 30 + 0{,}47 \times 0{,}2 \times 2{,}5 \times 30 = 100{,}8 \text{ пудодюйм.}$$

$$S_2 = 0{,}645 \times 0{,}2 \times 2{,}5 \times 30 = 9 \text{ пудодюйм.}$$

Изъ этаго примѣра мы видимъ, что натяженіе горизонтальной затяжки почти въ 10 разъ болѣе наклонныхъ. Обыкновенно послѣднія дѣлаются изъ круглаго желѣза въ діаметрѣ $^1/_2''$.

Вообще изъ приведенныхъ примѣровъ видно, что все покрытіе, даже при весьма значительныхъ пролетахъ, можетъ быть очень легкимъ. Вѣсъ его на 1 квадр. саж. проекціи покрытія, въ зависимости отъ l опредѣляется изъ выраженія:

$$P = 1{,}5 + 0{,}6\ l \times 0{,}75 \text{ пуд. въ кв. с.}$$

Напримѣръ, при:

$$l = 50 \text{ ф.} = 7{,}14 \text{ саж.}$$

$$P = 1{,}5 + 0{,}6 \times 7{,}14 \times 0{,}75 = 4{,}82. \text{ пуд.}$$

Желающимъ болѣе подробно познакомиться съ пріемами расчета арочныхъ фермъ и въ частности сѣтчатаго покрытія рекомендую книгу инженера В. Г. Шухова „Стропила, теорія арочныхъ фермъ“. Изданіе Политехнич. о-ва. 1897 года.

§ 76.

Опредѣленіе напряженій частей стропильныхъ фермъ по методу Риттера.

Мы уже упоминали выше, что аналитическій способъ расчета стропилъ (чер. 544) состоитъ въ рѣшеніи трехъ уравненій съ тремя неизвѣстными напряженіями:

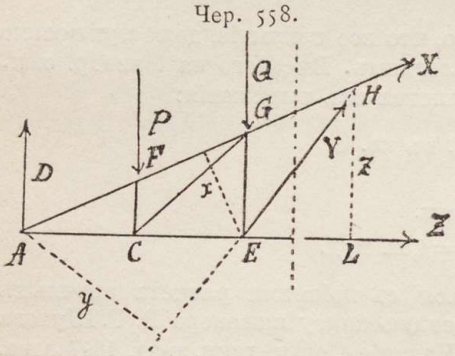
$$\Sigma(H) = 0;\ \Sigma(V) = 0 \text{ и } \Sigma(M) = 0.$$

Способъ этотъ приводитъ непосредственно къ рѣшенію вопроса, но онъ представляетъ слѣдующія неудобства: во-1-хъ, въ H и V входятъ синусы угловъ, составляемыхъ стержнями съ горизонтомъ, а потому приходится предварительно опредѣлять эти величины; во-2-хъ, для опредѣленія какого-нибудь неизвѣстнаго напряженія надо рѣшать, вообще говоря, три уравненія. Способъ Риттера не имѣетъ этихъ неудобствъ и состоитъ въ въ томъ, что для опредѣленія одного какого-нибудь напряженія достаточно составить и рѣшить одно изъ трехъ вышеприведенныхъ уравненій, а именно: уравненіе статическихъ моментовъ. Дѣло въ томъ, что можно воспользоваться произвольностью выбора центра вращенія моментовъ такимъ образомъ, чтобы въ одно уравненіе моментовъ входило только одно опредѣляемое напряженіе, а для этого, если сѣченіе встрѣчаетъ, кромѣ разсматриваемой, еще только двѣ полосы, достаточно принять за центръ вращенія моментовъ точку пересѣченія послѣднихъ двухъ; тогда моменты ихъ напряженій въ уравненія моментовъ не войдутъ, ибо плечи ихъ

равны нулю и мы получимъ одно уравненіе съ однимъ неизвѣстнымъ. Въ это уравненіе войдутъ въ качествѣ вспомогательныхъ величинъ, только плечи моментовъ опредѣляемыхъ напряженій, но вычислять ихъ не придется, такъ какъ, взявъ ихъ съ чертежа по масштабу, получимъ ихъ величины съ достаточной для практическихъ цѣлей точностью.

Все вышесказанное сводится къ слѣдующему правилу: разсѣкаемъ ферму на двѣ части такъ, чтобы прямая сѣченія встрѣчала, если возможно, не болѣе трехъ полосъ; предполагаемъ, что въ точкахъ пересѣченія раскосовъ съ сѣкущей прямой приложены силы X, Y, Z (чер. 558), представляющія напряженія полосъ; составляемъ для отрѣзанной части фермы уравненіе моментовъ, задавая для опредѣленія напряженія X, центръ вращенія въ точкѣ пересѣченія Y и Z—для опредѣленія Y—въ точкѣ пересѣченія X и Z и для опредѣленія Z—въ точкѣ пересѣченія X и Y.

Чер. 558.



Такъ, напр., для опредѣленія X въ нашей задачѣ центромъ вращенія будетъ точка E (чер. 558) пересѣченія силъ Y и Z и тогда мы получимъ уравненіе моментовъ:

$$X \cdot x - P \times EC + D \times AE = 0,$$

откуда

$$X = \frac{P \times EC - D \times AE}{x}.$$

Для опредѣленія Y за центръ вращенія слѣдуетъ принять точку A—пересѣченія силъ X и Z и тогда получимъ уравненіе:

$$Y \times y + P \times AC + Q \times AE = 0,$$

откуда

$$Y = \frac{P \times AC + Q \times AE}{y}.$$

Для опредѣленія Z за центръ вращенія слѣдуетъ принять точку H пересѣченія силъ X и Y и тогда получимъ уравненіе:

$$-Z \cdot z - Q \cdot EL - P \cdot CZ + D \cdot AL = 0,$$

откуда

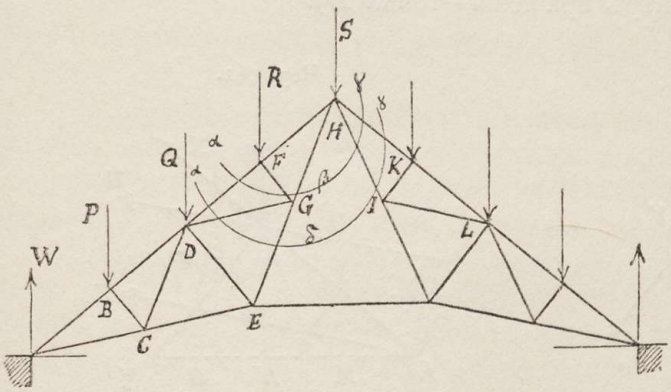
$$Z = -\frac{-Q \cdot EL - P \cdot CL + D \cdot AL}{z}.$$

Точно такимъ же образомъ можно опредѣлить напряженіе въ каждой другой полосѣ фермы.

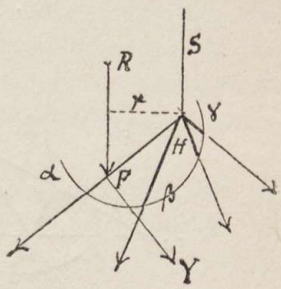
Этотъ способъ можно непосредственно прилагать тогда, когда прямая, разсѣкающая данную полосу, въ то же время разсѣкаетъ не болѣе двухъ другихъ.

Въ сложныхъ фермахъ, какъ, напр., въ изображенной на чер. 559, можетъ оказаться, что нѣкоторыхъ напряженій этимъ способомъ нельзя будетъ опредѣлить, такъ, напр., нельзя будетъ опредѣлить напряженіе въ FG, DG, DE, потому что нельзя провести прямой, которая, разсѣкая одну изъ этихъ полосъ, всего разсѣкала бы въ то же время только три полосы фермы.

Чер. 559.



Чер. 560.



Но и въ этомъ случаѣ можно рѣшить задачу непосредственно, если только удастся провести такое сѣченіе (оно по произволу можетъ быть криволинейнымъ или прямолинейнымъ), чтобы всѣ пересѣкаемыя полосы, исключая той, напряженіе которой мы опредѣляемъ, сходились въ одной точкѣ.

Такъ, напр., можно опредѣлить напряженіе V полосы FG, если провести сѣченіе $\alpha\ \beta\ \gamma$ и для вырѣзанной части (чер. 560) составить уравненіе моментовъ, принимая центръ вращенія въ точкѣ H.

$$-Y\,.\,FH-R\,.\,r=0,$$

откуда

$$Y=-\frac{Rr}{FH}.$$

Точно такъ же опредѣлится напряженіе U полосы DG, если провести сѣченіе $\alpha\ \delta\ \gamma$ и для вырѣзанной части составить уравненіе моментовъ, принимая за центръ вращенія точку H (чер. 561).

$$U\,.\,u-Rr=0,$$

откуда

$$U=\frac{Rr}{u}.$$

Точно такъ же можно опредѣлить напряженіе въ KJ и LJ (чер. 559). Всѣ остальныя полосы могутъ быть разсѣчены прямыми, встрѣчающими, или только три полосы, или четыре, при чемъ въ одной изъ нихъ напряженіе можетъ быть опредѣлено предварительно. Въ обоихъ этихъ случаяхъ можетъ быть приложенъ прежній способъ. Такъ, напр., опредѣливъ

U, можно получить для напряженія X, Y, Z полосъ DF, DE, CE уравненія (чер. 559 и 562):

$$X \cdot DE + U \cdot v - Q \cdot NO - P \cdot MO + W \cdot AO = 0$$

(центръ вращенія—точка пересѣченія Y и Z).

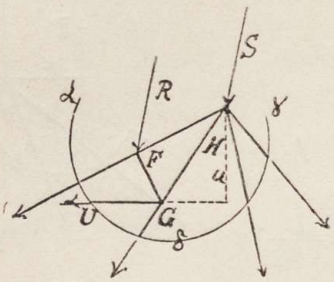
$$Y \cdot AD + U \cdot l + Q \cdot AN + P \cdot AM = 0$$

(центръ вращенія—точка A).

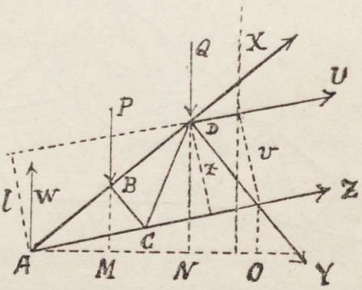
$$Z \cdot z + W \cdot AN - P \cdot MN = 0$$

(центръ вращенія—точка D).

Чер. 561.



Чер. 562.



Изъ каждаго изъ этихъ уравненій можно непосредственно опредѣлить входящія въ него неизвѣстныя.

Итакъ, методъ Риттера вполнѣ пригоденъ и въ случаѣ сложныхъ фермъ; при этомъ надо замѣтить, что только начинающимъ придется для каждаго частнаго расчета вычерчивать особыя эпюры; напрактиковавшись можно сразу, по главной схемѣ, написать всѣ необходимыя уравненія*).

§ 77.

Устройство свѣтовыхъ покрытій.

Способы верхняго освѣщенія помѣщеній. Разсматривая крыши, мы опредѣлили ихъ общее назначеніе, какъ защиту строенія отъ дѣйствія дождя и снѣга. За послѣднее время, кромѣ этого прямого требованія, при проектированіи нѣкоторыхъ строеній, предназначенныхъ для фабричныхъ и заводскихъ цѣлей, крыши должны исполнять назначеніе единственнаго покрытія строенія, т.-е. функціонировать, какъ крыши и потолокъ и въ то же время давать весь необходимый свѣтъ помѣщенію, что дѣлаетъ окна въ стѣнахъ почти излишними. Къ такого рода крышамъ принадлежатъ покрытія, имѣющія въ поперечномъ разрѣзѣ двускатную форму, а иногда форму зубцовъ; отсюда названіе зубчатыхъ крышъ (см. чер. 487). Эти же крыши называются шедами, отъ англійскаго слова ched (навѣсъ). Давая надлежащій свѣтъ фабричному помѣще-

*) Подробности о примѣненіи метода Риттера—въ его книжкѣ „Элементная теорія и расчетъ стропильныхъ и мостовыхъ фермъ“. Перев. инженера Л. Вурцеля.

нію, надо вмѣстѣ съ тѣмъ защищать его отъ прямого дѣйствія солнечныхъ лучей, такъ какъ послѣдніе, слишкомъ сильно дѣйствуя на зрѣніе, мѣшаютъ работать и часто вредятъ товару, измѣняя его цвѣтъ. Можно избѣжать дѣйствія прямыхъ солнечныхъ лучей постановкою матовыхъ стеколъ или закрасить ихъ известью, но въ пасмурные дни такія стекла даютъ слишкомъ мало свѣта. Чтобы имѣть хорошее освѣщеніе фабричнаго или заводскаго зданія и вмѣстѣ съ тѣмъ сохранить требуемый размѣръ квадратн. содержанія пола, приходится или строить узкія и длинныя многоэтажныя зданія съ окнами съ обѣихъ сторонъ, при чемъ прямое дѣйствіе солнечныхъ лучей и неравномѣрность распредѣленія свѣта, однако, не устраняется, или же устраивать одноэтажныя зданія безъ оконъ, съ верхнимъ свѣтомъ, что даетъ возможность не ограничивать ширину зданія. Очевидно, что въ послѣднемъ случаѣ самое естественное придать крышѣ форму зубцовъ, которыхъ коньки направлены съ востока на западъ, при чемъ поверхность ихъ, обращенную къ сѣверу, сдѣлать свѣтовую.

Такія одноэтажныя фабричныя строенія во многихъ отношеніяхъ не только удобнѣе, но и выгоднѣе многоэтажныхъ, а именно: 1) давленіе на единицу площади фундамента меньше, отсюда и меньшая его стоимость; 2) каменная кладка дешевле, такъ какъ ея стоимость возрастаетъ по мѣрѣ возвышенія стѣнъ; 3) сокращеніе расходовъ на устройство потолочныхъ покрытій, такъ какъ крыша должна служить и потолкомъ; 4) меньшая опасность отъ огня; 5) болѣе удобный одновременный осмотръ производства; 6) больше кубическое содержаніе воздуха на каждаго изъ рабочихъ; 7) исключительно горизонтальное перемѣщеніе грузовъ, что дешевле и быстрѣе, и 8) помѣщенія получаютъ болѣе равномѣрное освѣщеніе и производятъ пріятное впечатлѣніе, что также имѣетъ не малое значеніе, такъ какъ одна изъ задачъ строителя фабрики или завода сдѣлать мастерскую пріятною для рабочихъ.

Всѣмъ извѣстно, что на старыхъ ткацкихъ фабрикахъ многоэтажнаго типа станки посединѣ корпуса имѣютъ меньшую выработку и ткачи страдаютъ глазными болѣзнями. По даннымъ нѣсколькихъ фабрикъ станки въ помѣщеніяхъ со свѣтлою крышею даютъ большую выработку, меньше браку и рвани; оцѣниваютъ всѣ эти удобства на 5% уменьшенія стоимости обработки. Достаточное количество свѣта, кромѣ сохраненія зрѣнія, поддерживаетъ хорошее настроеніе у рабочаго.

Въ числѣ выгодъ, доставляемыхъ свѣтлыми крышами необходимо упомянуть о значительномъ уменьшеніи числа часовъ искусственнаго освѣщенія. Такъ по наблюденіямъ, сдѣланнымъ инженеръ-технологомъ Сонгинымъ, на Тверской м-рѣ въ ткацкихъ помѣщеніяхъ 1-го этажа многоэтажнаго зданія сравнительно съ шедомъ ежедневно получалась разница отъ 2 до 3 часовъ въ замыканіи электрическаго тока во весь періодъ освѣщенія.

Всѣ эти выгоды въ новѣйшее время заставляютъ фабрикантовъ постепенно замѣнять многоэтажныя зданія одноэтажными, и свѣтовыя зубчатыя крыши все болѣе и болѣе находятъ себѣ примѣненіе. Къ недостаткамъ зубчатыхъ крышъ относятся трудности отведенія дождевой воды и

очистки снѣга, что̀ въ нашемъ климатѣ имѣетъ весьма существенное значеніе. Въ этомъ отношеніи зубчатыя крыши ожидаютъ еще усовершенствованій.

§ 78.

Внутреннія помѣщенія освѣщаются разсѣяннымъ свѣтомъ, отраженнымъ отъ небеснаго свода. При такихъ условіяхъ, т.-е. при равномѣрно сіяющемъ небѣ, облачномъ или за часъ до заката солнца, если предметъ находится внѣ помѣщенія, подъ открытымъ небомъ, то онъ получаетъ свѣтъ отъ цѣлаго небеснаго свода, а внутри помѣщенія освѣщается только тѣми свѣтовыми лучами, которые имѣютъ къ нему безпрепятственный доступъ отъ части небосклона, не загражденнаго отъ него ни стѣнами, ни покрытіями, т.-е. черезъ отверстіе въ потолкѣ, крышѣ или стѣнѣ. Въ зависимости отъ величины этой части небосклона находится и сила свѣта, которая прямо пропорціональна величинѣ этой поверхности, если освѣщенная плоскость расположена перпендикулярно къ направленію центральнаго луча, исходящаго изъ этой части неба. Если же эта плоскость расположена такъ, что центральный лучъ падаетъ на нее не подъ прямымъ, а подъ острымъ угломъ, то сила свѣта будетъ уменьшаться соотвѣтственно синусу этого угла.

За единицу свѣта (B) принимается метръ-свѣча, т.-е. та сила свѣта, какую получаетъ отъ одной нормальной парафиновой свѣчи листъ бумаги на разстояніи 1 метра.

Въ нашей широтѣ, при равномѣрно облачномъ небѣ или за часъ до заката солнца въ ясный день, сила разсѣяннаго свѣта, проникающаго вовнутрь помѣщенія черезъ свѣтовое отверстіе, равное 1 кв. см., на одинъ элементъ плоскости на разстояніи 1 метра отъ свѣтового отверстія, равна $^1/_4$ метра-свѣчи. Слѣдовательно, со свѣтовой поверхности въ 1 кв. м. истекаетъ 2500 метръ-свѣчей.

Для того чтобы измѣрить силу свѣта, подающаго отъ какого-нибудь свѣтового отверстія на элементъ плоскости внутри помѣщенія, необходимо знать названный свѣтовой уголъ, подъ которымъ наклоненъ къ горизонту центральный лучъ этого свѣта. Отъ этого угла зависитъ сила свѣта.

Сравнительное количество свѣта въ помѣщеніи при различномъ устройствѣ свѣтового покрытія опредѣляется по слѣдующей формулѣ:

$$B = k \cdot \frac{F}{a^2} Sin\ \alpha.$$

Здѣсь k—численный коэффиціентъ;

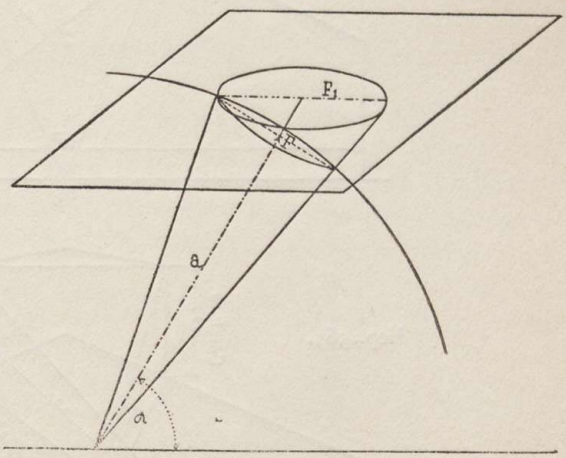
a—разстояніе освѣщеннаго элемента отъ свѣтовой поверхности (отверстія въ стѣнѣ или крышѣ).

F—свѣтовая полезная поверхность, которая, строго говоря, есть часть сферической поверхности, описанной радіусомъ a (чер. 563) изъ освѣщенной точки, какъ изъ центра, но для простоты можно принять ее съ достаточнымъ приближеніемъ за ровную плоскость F, перпендикулярно расположенную къ центральному свѣтовому лучу,

k—какъ было сказано выше, принимая свѣтовую поверхность въ 1 кв. метръ, $=2500$ B свѣтовыхъ единицъ L.

Устройство свѣтового покрытія зависитъ отъ того, требуется ли возможно большее освѣщеніе лишь нѣкоторыхъ отдѣльныхъ пунктовъ помѣщенія, или же необходимъ равномѣрный свѣтъ одинаково во всемъ помѣщеніи. Въ послѣднемъ случаѣ результаты, опредѣленные рѣшеніемъ вышеозначенной формулы, должны для различныхъ мѣстъ въ помѣщеніи мало другъ отъ друга отличаться. Обыкновенно требуется именно этотъ послѣдній случай, какъ напр., на фабрикахъ, въ мастерскихъ и проч. Для подобныхъ помѣщеній свѣтовыя покрытія могутъ быть устроены по одному изъ слѣдующихъ способовъ: *)

Чер. 563.



1) Свѣтовая поверхность въ видѣ двухъ болѣе крутыхъ скатовъ расположена въ конькѣ крыши (чер. 564 I).

2) На вершинѣ крыши вдоль конька устроенъ, такъ назыв., фонарь съ вертикальными боковыми стеклянными поверхностями (чер. 565).

3) Свѣтовыя поверхности расположены въ срединѣ скатовъ, въ одномъ уровнѣ со скатами крыши (чер. 566);

и 4) Зданіе можетъ быть покрыто зубчатой крышей (шедъ), у которой одинъ скатъ (болѣе пологій) темный, а другой (болѣе крутой) свѣтлый (чер. 567).

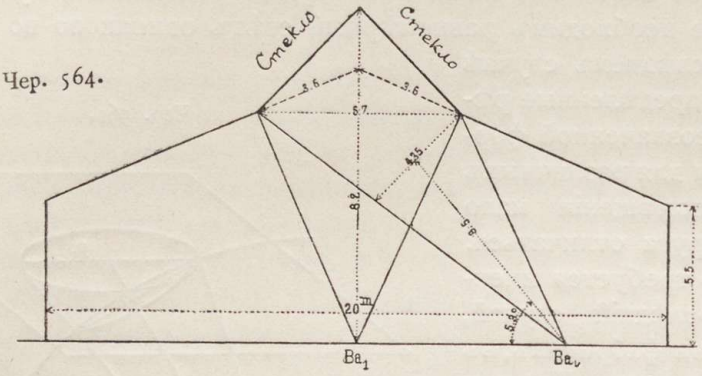
Для того чтобы судить о силѣ свѣта при устройствѣ покрытій по способамъ, обозначеннымъ на этихъ чертежахъ, предположимъ для всѣхъ четырехъ случаевъ одинаковые размѣры помѣщеній, равные по ширинѣ 20 м., а по длинѣ 5 м., при высотѣ наружныхъ стѣнъ въ 5,5 м. и опредѣлимъ силу свѣта, при каждомъ изъ четырехъ покрытій, для двухъ точекъ, взятыхъ на горизонтѣ пола, а именно: въ срединѣ помѣщенія и на разстояніи 3,33 м. отъ наружной стѣны. Затѣмъ, если мы примемъ, точно такъ же одинаково для всѣхъ 4-хъ случаевъ, что $^1/_4$ свѣтовой поверхности заслоняется стропильной конструкціей, переплетами рамъ и проч., а также, что потеря свѣта въ количествѣ $^1/_3$ происходитъ при прохожденіи его черезъ стекло, то мы получимъ на основаніи вышеприведенной формулы, что:

*) Handbuch der Architektur. 3 Th. 2 B. 3 Heft. S. 288.

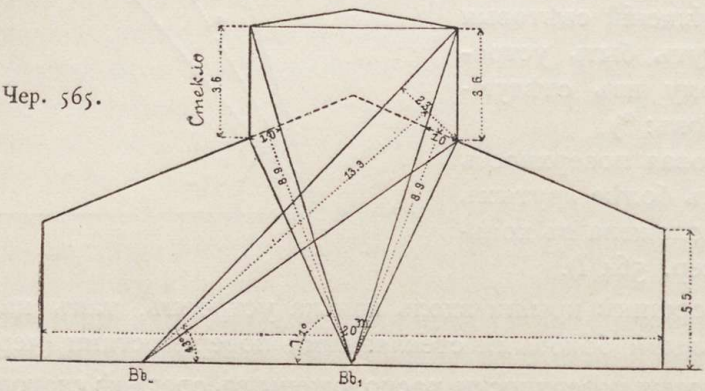
α) Для 1-го случая (чер. 564) въ срединѣ помѣщенія сила свѣта будетъ:

$$Ba_1 = \frac{3}{4} \times \frac{2}{3} 2500 \times 5 \times \frac{6,7}{8,2^2} = 625 \ L.$$

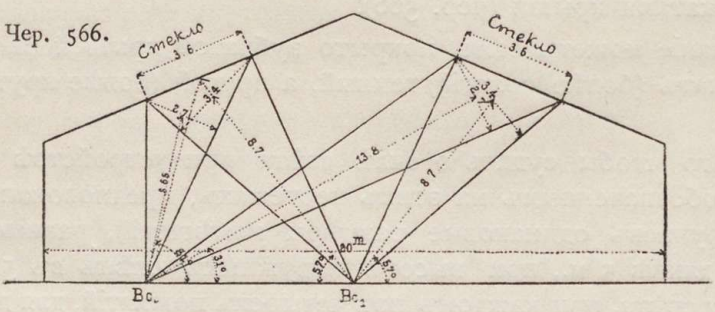
Чер. 564.



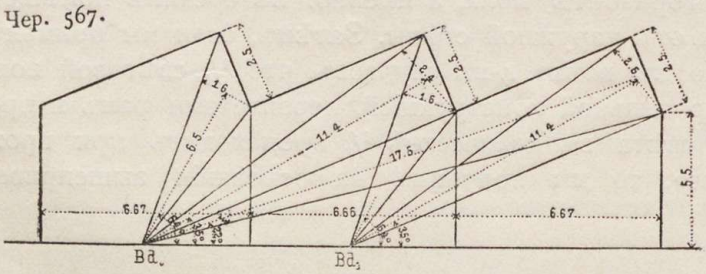
Чер. 565.



Чер. 566.



Чер. 567.



На разстояніи 3,33 м. етъ стѣны:

$$Ba_2 = \frac{3}{4} \times \frac{2}{3} \times 2500 \times 5 \cdot \frac{4,35 \cdot Sin\ 53^0}{8,5^2} = 300 \ L.$$

β) Для 2-го случая (чер. 565):

$$Bb_1 = \frac{1}{2} \times 2 \times 5 \times 2500 \times \frac{1{,}0 \cdot Sin\ 71^0}{8{,}9^2} = 150\ L.$$

$$Bb_2 = \frac{1}{2} \times 5 \times 2500 \times \frac{2{,}3 \cdot Sin\ 43^0}{13{,}3^2} = 55\ L.$$

γ) Для 3-го случая (чер. 566):

$$Bc_1 = \frac{1}{2} \times 2 \times 5 \times 2500 \times \frac{3{,}4 \cdot Sin\ 57^0}{8{,}7^2} = 460\ L.$$

$$Bc_2 = \frac{1}{2} \times 5 \times 2500 \left(\frac{2{,}70 \cdot Sin\ 81^0}{6{,}7^2} + \frac{2{,}7 \cdot Sin\ 31}{13{,}8^2} \right) = 410\ L.$$

δ) Для 4-го случая (черт. 567), предполагая одинъ и тотъ же наклонъ ($= 1/5$), какъ и въ предшествовавшихъ случаяхъ для темныхъ скатовъ, а наклонъ для свѣтлыхъ поверхностей, какъ 2,5 : 1.

$$Bd_1 = \frac{1}{2} 5 \cdot 2500 \left(\frac{1{,}6 \cdot Sin\ 64^0}{6{,}5^2} + \frac{2{,}5\ Sin \cdot 35^0}{11{,}4^2} \right) = 305\ L.$$

$$Bd_2 = \frac{1}{2} 5 \cdot 2500 \left(\frac{1{,}6 \cdot Sin\ 64^0}{6{,}5^2} + \frac{2{,}4 \cdot Sin\ 35^0}{11{,}4^2} + \frac{2{,}5 \cdot Sin\ 22^0}{17{,}5^2} \right) = 325\ L.$$

На основаніи этихъ выводовъ мы видимъ, что устройство, показанное на черт. 564, даетъ неравномѣрное освѣщеніе: для средины помѣщенія наибольшее количество свѣта, который хотя и ослабѣваетъ почти вдвое въ (.) Ba_2, приближаясь къ стѣнѣ, но все же и здѣсь сила равна той, какая получается для средней точки Bd_1 при зубчатыхъ покрытіяхъ; послѣднія имѣютъ, по сравненію со всѣми другими способами покрытія, то преимущество, что онѣ совершенно устраняютъ, при извѣстномъ расположеніи свѣтовой поверхности относительно странъ свѣта, вліяніе солнечныхъ лучей и даютъ равномѣрный и покойный свѣтъ.

При устройствѣ по способу 1 и 2—для равномѣрности свѣта весьма полезно устраивать боковое освѣщеніе окнами въ наружныхъ стѣнахъ. Если же этого устроить нельзя, то такая конструкція не рекомендуется.

Освѣщеніе по способу № 2—боковыми поверхностями средняго фонаря — принадлежитъ къ самымъ невыгоднымъ, такъ какъ несравненно больше свѣта даютъ другія конструкціи; какъ видно изъ нашего примѣра, несмотря на довольно значительные размѣры фонаря, онъ даетъ только одну четверть свѣта сравнительно съ остальными способами свѣтовыхъ покрытій.

Единственное достоинство этого покрытія заключется въ томъ, что благодаря вертикальному положенію стеклянной поверхности, она не будетъ зимой заноситься снѣгомъ, а лѣтомъ покрывается пылью значительно меньше сравнительно съ наклонными поверхностями, представленными на чер. 564 и 566.

Освѣщеніе по способу, показанному на чер. 566, въ видѣ двухъ стеклянныхъ поверхностей, расположенныхъ въ уровнѣ скатовъ крыши, давая

равномѣрный и довольно сильный свѣтъ—неудобно для зимняго времени; лѣтомъ же они постоянно грязны отъ пыли.

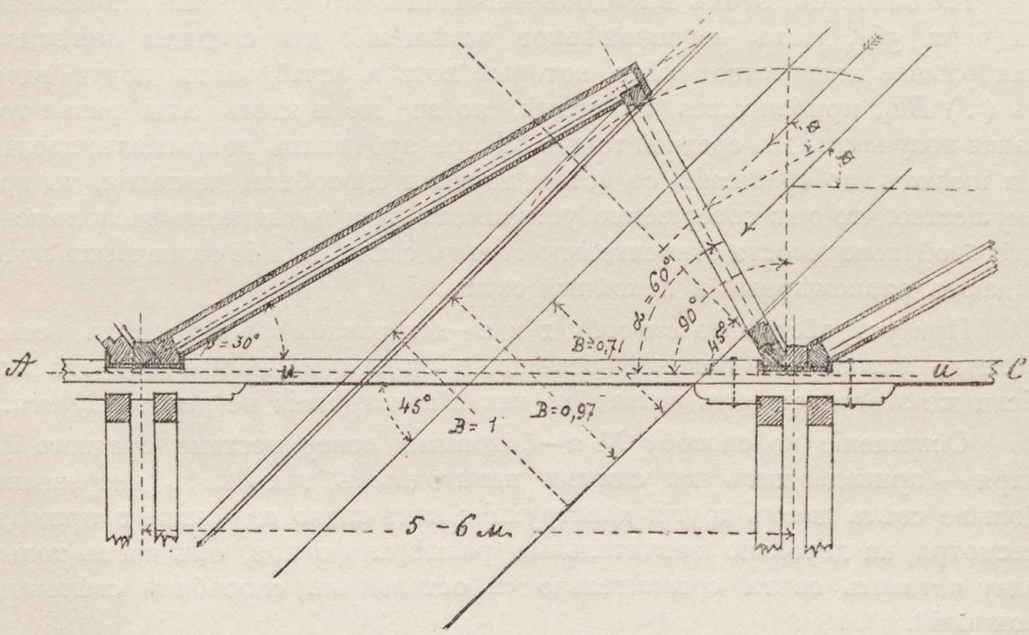
Такимъ образомъ, сравнивая всѣ четыре способа освѣщенія сверху мы видимъ, что наиболѣе выгоднымъ слѣдуетъ признкть зубчатое свѣтовое покрытіе (англійскій шедъ), къ болѣе подробному описанію котораго мы и переходимъ.

§ 79.

Зубчатыя крыши (шедъ).

Уклоны плоскостей зубчатыхъ крышъ. Обыкновенно принимаютъ, и не безъ основанія, что среднее направленіе свѣтовыхъ лучей составляетъ съ горизонтомъ уголъ въ 45^0. Далѣе, изъ элементарной физики извѣстно, что чѣмъ больше уголъ паденія, тѣмъ болѣе лучъ преломляется, т-е. уменьшается свѣтъ, проходя черезъ какую-нибудь прозрачную среду; поэтому теоретически наивыгоднѣйшее направленіе свѣтовой поверхности зубчатой крыши должно быть подъ угломъ въ 45^0 къ горизонту, тогда уголъ паденія $\theta = 0$, стало быть, свѣтъ будетъ проходить не преломляясь. Принимая направленіе свѣтовой призмы подъ угломъ въ 45^0, изъ чер. 568

Чер. 568.



можно видѣть вліяніе величины угла θ на ширину свѣтовой призмы B, при одной и той же величинѣ поверхности стекла и при разныхъ углахъ α ея наклона къ горизонту, а именно:

При $\alpha = 45^0$ $B = 1$ $\theta = 0$
„ $\alpha = 60^0$ $B = 0{,}97$ $\theta = 15$
„ $\alpha = 90^0$ $B = 0{,}71$ $\theta = 45$,

т.-е. съ увеличеніемъ угла α ширина призмы уменьшается, и уголъ паденія θ свѣта увеличивается, что влечетъ за собой большее преломленіе и слѣдовательно уменьшеніе силы свѣта.

Изъ этого видно, что необходимо по возможности приближаться къ предѣлу угла $\alpha = 45^0$; но на практикѣ приходится измѣнять величину этого угла въ зависимости еще и отъ другихъ условій помимо свѣтовыхъ, такъ какъ, кромѣ освѣщенія, крыша эта должна еще отводить дождевую воду, не задерживать снѣгъ, а также не давать осѣдать на своей поверхности пыли или копоти, окружающей заводъ. Въ этомъ отношеніи уголъ $\alpha = 90^0$, т.-е. вертикальная поверхность, какъ было сказано выше, представляется наивыгоднѣйшей. Такимъ образомъ, предѣлы угла наклоненія свѣтовой поверхности къ горизонту должны быть между 45^0 и 90^0, при этомъ выборъ средней величины будетъ, очевидно, вполнѣ зависять отъ мѣстности; въ сѣверныхъ странахъ, гдѣ много выпадаетъ снѣга и дождя, приходится принимать крайній maximum, т.-е. 90^0; въ мѣстностяхъ же съ болѣе сухимъ климатомъ является возможность устройства свѣтовой поверхности подъ угломъ въ 45^0 къ горизонту.

Что касается размѣра пролета, перекрываемаго отдѣльными звеньями разсматриваемыхъ нами крышъ, то въ этомъ отношеніи на практикѣ имѣются примѣры покрытій отъ 3 до 15 и болѣе метровъ.

Сила дневного или искусственнаго свѣта опредѣляется фотометрами, изъ коихъ наиболѣе удобный, по мнѣнію проф. Бубнова, фотометръ Вебера. Заимствуемъ описаніе и рисунокъ этаго прибора изъ брошюры проф. Бубнова „Фотометрическія наблюденія надъ распредѣленіемъ дневного свѣта въ комнатѣ“.

„Въ основаніе устройства этого фотометра положенъ тотъ принципъ, что сила испытуемаго источника свѣта или степень освѣщенія опредѣленнаго размѣра площади сравнивается съ силою освѣщенія отъ постояннаго источника свѣта въ фотометрѣ („бензинная свѣча“), при чемъ одинаковая степень освѣщенія поля зрѣнія въ инструментѣ достигается или путемъ ослабленія поступающаго въ инструментъ свѣта посредствомъ поглощающихъ свѣтъ пластинокъ изъ матоваго и молочнаго стекла, или же путемъ ослабленія или усиленія въ освѣщеніи поля зрѣнія со стороны постояннаго источника свѣта; требуемое здѣсь ослабленіе и усиленіе въ освѣщеніи достигается при помощи ширмы изъ молочнаго стекла, которая можетъ быть помѣщаема на различныхъ разстояніяхъ отъ постояннаго источника свѣта въ фотометрѣ — отъ „бензинной свѣчи“.

Самъ фотометръ состоитъ изъ двухъ металлическихъ трубокъ, подвижно скрѣпленныхъ подъ прямымъ угломъ по отношенію къ ихъ осямъ. Одна трубка a, постоянно имѣетъ горизонтальное положеніе, хотя можетъ передвигаться вверхъ и внизъ, равно какъ и вращаться въ горизонтальной плоскости около вертикальной колонки k, которая укрѣплена на крышѣ ящика отъ фотометра; другая трубка d, прикрѣпленная приблизительно посрединѣ своей длины, къ предыдущей трубкѣ, можетъ вращаться вокругъ оси первой трубки лишь въ вертикальной плоскости на 180^0.

Первая трубка фотометра, которая неподвижно прикрѣпляется къ колонкѣ, состоитъ изъ 3-хъ частей:

а) Средняя часть (a, рис. I): внутри ея находится подвижная ширма изъ молочнаго стекла (b_1, рис. II), а снаружи шкала съ дѣленіями, позволяющими знать, на какомъ разстояніи отъ постояннаго источника свѣта („бензинная свѣча“) въ фонарѣ находится ширма.

b) Фонарь (*b*, рис. I), заключающій въ себѣ „бензинную свѣчу“ (*a'*, рис. II); онъ помѣщается передъ однимъ изъ концовъ средней части. — Величина пламени „бензинной свѣчи“ въ фонарѣ, благодаря особымъ приспособленіямъ, можетъ быть поддерживаема на опредѣленной высотѣ.

c) Суженная часть трубки (*c*, рис. I), сравнительно весьма короткая, занимаетъ мѣсто передъ другимъ концомъ средней части, противоположнымъ фонарю Къ суженной части причленяется вторая трубка; въ этомъ мѣстѣ находится дуга съ дѣленіями, указывающими, на какой уголъ отъ вертикали отклонена вторая трубка фотометра.

Вторая трубка фотометра состоитъ тоже изъ трехъ частей:

a) Средняя часть (*d*, рис. I): она заключаетъ въ себѣ, соотвѣтственно мѣсту прикрѣпленія этой трубки къ предыдущей, овальную діафрагму (d_1, рис. II), поставленную перпендикулярно къ оси трубки, и призму (c_1, рис. II) съ полнымъ внутреннимъ

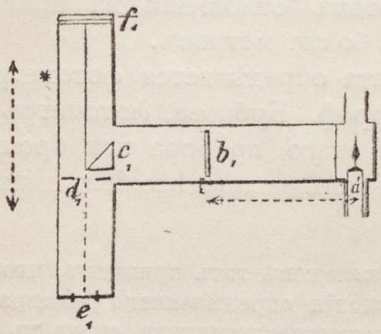


Рис. II. Верт. разрѣзъ.

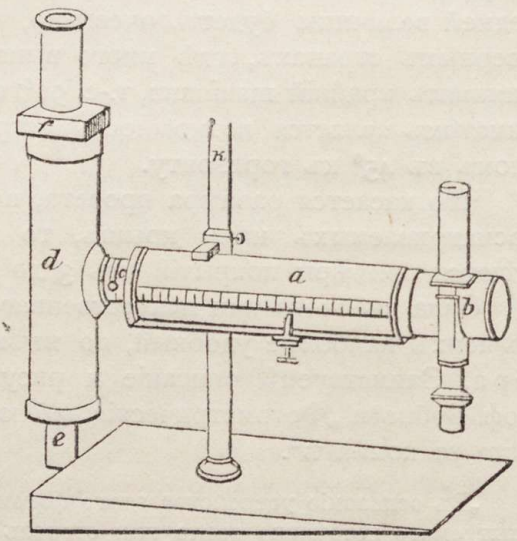


Рис. I. Общ. видъ.

отраженіемъ. Овальная діафрагма ограничиваетъ поле зрѣнія въ инструментѣ, призма же служитъ для передачи свѣта отъ „бензинной свѣчи“ на одну половину діафрагмы т.-е. на одну половину поля зрѣнія, тогда какъ другая половина послѣдняго освѣщается испытуемымъ свѣтомъ.

b) Окулярная трубка (*e* и e_1). Особенность окуляра состоитъ въ томъ, что онъ снабженъ продолговатой металлической пластинкой съ тремя круглыми отверстіями; эта пластинка можетъ передвигаться по своей длинѣ съ одного бока окуляра на другой черезъ его центръ, при чемъ всѣ три отверстія пластинки послѣдовательно могутъ совпадать съ отверстіемъ окуляра. Одно изъ отверстій пластинки ничѣмъ не выполнено, другое отверстіе выполнено зеленымъ стекломъ, а третье — краснымъ. Благодаря такому устройству окуляра, можно видѣть поле зрѣнія въ фотометрѣ чрезъ красное или чрезъ зеленое стекло, или же можно видѣть и безъ стеколъ. Кромѣ только что описаннаго приспособленія, окуляръ снабженъ небольшою подвижною призмою съ полнымъ внутреннимъ отраженіемъ; призма даетъ возможность наблюдателю принимать во время работы болѣе удобное положеніе, когда, напр., приходится смотрѣть въ окуляръ фотометра снизу вверхъ, или, наоборотъ, сверху внизъ.

c) Коробка (*f* и f_1), укрѣпленная на концѣ трубки, противоположномъ окуляру. Въ эту коробку вкладываются пластинки изъ матоваго или изъ молочнаго стекла, которыя поглощаютъ свѣтовые лучи или идущіе прямо отъ испытуемаго источника

свѣта, или лучи разсѣянные, уже отраженные отъ какой-либо поверхности. Коэффиціентъ поглощенія свѣта каждою изъ приложенныхъ къ инструменту стеклянныхъ пластинокъ опредѣленъ и выраженъ цифровою величиной.

Наблюденія съ фотометромъ W e b e r'a производятся различно, смотря потому, одинакова ли окраска испытуемаго свѣта и свѣта отъ „бензинной свѣчи", или же между ними существуетъ разница въ окраскѣ.

Въ первомъ случаѣ испытуемый источникъ свѣта, силу котораго желаютъ измѣрить, помѣщается на опредѣленномъ разстояніи передъ коробкою фотометра, назначенной для поглощающихъ свѣтъ пластинокъ; затѣмъ, глядя въ фотометръ чрезъ окуляръ и чрезъ отверстіе на его пластинкѣ, не занятое цвѣтнымъ стекломъ, уравниваютъ степень освѣщенія обѣихъ половинъ поля зрѣнія, увеличивая или уменьшая число вложенныхъ въ коробку пластинокъ и приближая или удаляя молочнаго стекла ширму передъ бензинной свѣчей. Когда достигнута одинаковая степень въ освѣщеніи обѣихъ половинъ поля зрѣнія, то наблюденіе считается оконченнымъ. Частное отъ дѣленія квадрата разстоянія испытуемаго источника свѣта отъ коробки для поглощающихъ свѣтъ пластинокъ на квадратъ разстоянія подвижной ширмы отъ бензинной свѣчи, помноженное на коэффиціентъ поглощенія свѣта пластинками, вложенными въ коробку (если таковыя примѣнялись), выразитъ въ метро-свѣчахъ силу испытуемаго свѣта. Излагая то же самое формулой, получимъ:

$$X = \frac{R^2}{V^2} \cdot L.$$

Если приходится измѣрять силу разсѣяннаго свѣта, то прибѣгаютъ къ опредѣленной величины бѣлаго цвѣта площади, которую располагаютъ въ томъ или другомъ положеніи на извѣстномъ разстояніи отъ коробки фотометра и затѣмъ уже воспринимаютъ въ инструментъ отраженные отъ этой площади лучи свѣта. Въ остальномъ пріемы тѣ же, что были указаны выше.

Во второмъ случаѣ, т.-е. когда окраска изслѣдуемаго свѣта не одинакова съ окраской свѣта отъ „бензинной свѣчи", дѣлаютъ два наблюденія—одно чрезъ зеленое стекло окуляра, другое—чрезъ красное. Частное, полученное отъ дѣленія результата наблюденій при зеленомъ стеклѣ на результатъ наблюденій при красномъ стеклѣ, даетъ возможность найти въ приложенной къ инструменту таблицѣ нѣкоторый коэффиціентъ, на который слѣдуетъ умножить результатъ наблюденій чрезъ красное стекло, чтобы выразить силу испытуемаго свѣта тоже въ метро-свѣчахъ.

§ 80.

Конструкція зубчатыхъ крышъ зависитъ отъ величины пролета и отъ матеріала, изъ котораго устраиваются стропила. Такъ, при небольшихъ пролетахъ они выполняются весьма удобно и красиво изъ деревянныхъ брусьевъ; при большихъ пролетахъ изъ дерева и металла, при чемъ всѣ части, подверженныя вытягиванію, дѣлаются изъ желѣза, а сопряженія, для бо̀льшаго удобства и избѣжанія врубокъ, устраиваются посредствомъ чугунной отливки. Наконецъ, при еще болѣе значительныхъ пролетахъ, вся конструкція выполняется изъ одного желѣза.

Самый простой примѣръ деревяннаго шеда представленъ на листѣ 22 въ продольномъ (чер. 1) и поперечномъ (чер. 2) разрѣзѣ, а также указаны нѣкоторыя части болѣе детально. Покрытіе состоитъ изъ повторяющихся зубцовъ въ видѣ двухъ неравныхъ скатовъ *ab* и *bc*, коньки коихъ направлены поперекъ строенія съ запада на востокъ. Концы стропильныхъ ногъ какъ длиннаго, такъ и короткаго ската врублены въ прогонъ *u* (чер. 2), передающій давленіе на рядъ деревянныхъ строекъ.

Скатъ *ab* представляетъ наклонное, подъ угломъ въ 30° къ горизонту, потолочное покрытіе, съ наружной поверхности покрытое желѣзомъ и способное не только отводить воду, но и препятствовать потерѣ тепла строеніемъ. Съ цѣлью наименьшей теплопроницаемости эти скаты устраиваются приблизительно такъ же, какъ это было указано для крышъ надъ котельными, мастерскими и т. п. (см. чер. 6, листъ 18 и 19).

Скатъ *bc* (чер. 1) съ наклономъ въ 70° къ горизонту состоитъ изъ сплошного ряда стеклянныхъ рамъ и служитъ вмѣсто оконъ. Эта стеклянная поверхность должна быть устроена такъ, чтобы: 1) давать какъ можно больше свѣта, 2) представлять свободный стокъ и непроницаемость для дождевой воды и 3) сохранять тепло въ помѣщеніи.

Прогонъ *u* (чер. 2), проходя вдоль строенія, нарубается на вершины деревянныхъ стоекъ, связываетъ ихъ между собой и передаетъ на эти опоры грузъ, расположенныхъ на немъ стропильныхъ фермъ. Нижніе концы стоекъ тоже врубаются въ общіе прогоны, лежащіе по направленію ширины строенія и поддерживаемые въ мѣстахъ врубки стоекъ каменными стульями.

На чер. 3 и 4, листъ 22, детально изображена конструкція теплаго наклоннаго покрытія съ примѣненіемъ пробковыхъ плитъ.

Этотъ матеріалъ, благодаря своей ничтожной теплопроводимости, получилъ за послѣднее время довольно широкое примѣненіе въ дѣлѣ устройства теплонепроницаемыхъ частей строенія. Онъ приготовляется изъ смѣси пробковой крошки (величиной съ горошинку) съ известковымъ растворомъ и спрессовывается или въ видѣ обыкновенныхъ кирпичей, или въ видѣ плитъ подъ сильнымъ давленіемъ. Толщина плитъ отъ 30 до 60 мм., длиною 900, а шириною 250 мм. Временное сопротивленіе на сжатіе 17 кг., прочное—7,21 кг. Матеріалъ этотъ очень легокъ (удѣльный вѣсъ 0,27) и способенъ, благодаря своей пористости, крѣпко сцѣпляться съ растворомъ (штукатуркой).

Изъ чер. 3 и 4, листъ 22, видно, что пологій (темный) скатъ, разсматриваемой конструкціи зубчатой крыши, состоитъ изъ слѣдующихъ послѣдовательно расположенныхъ слоевъ: изъ желѣзной кровли (*a*); деревяннаго настила (*b*) изъ досокъ, сплоченныхъ по длинѣ въ четверть; прослойки воздуха (*c*), тесовой подшивки (*d*); пробковыхъ плитъ (*e*) и штукатурки (*f*).

Свѣтлый скатъ состоитъ изъ наклонныхъ стоекъ, связанныхъ общей насадкой (*b*) (коньковый брусъ). Въ нижнія части стоекъ врублены горизонтальные бруски (*h*) (чер. 4). Горизонтальныя и вертикальныя брусья имѣютъ по двѣ четверти, въ которыя и вставляются зимніе и лѣтніе переплеты для стеколъ.

Эти рамы (*m*, *n*, чер. 3 и 4) наплавныя, т.-е. сдѣланы такъ, что вода не можетъ затекать въ четверти, и, кромѣ того, въ верхней своей части прикрыты деревяннымъ спускомъ (*k*) въ видѣ карниза. Рамы привинчиваются къ четвертямъ шурупами и тщательно замазываются. Вообще при устройствѣ шеда надо обратить особенное вниманіе на плотность внутренней оболочки покрытія, чтобы воспрепятствовать внутреннему воздуху проникать въ воздушный прослоекъ *c*; несоблюденіе этого условія влечетъ за собой быстрое загниваніе дерева.

§ 81.

Чтобы выяснить себѣ сущность разсматриваемой конструкціи, распредѣленіе въ ней дѣйствующихъ усилій и вызываемыхъ этими усиліями внутреннихъ напряженій матеріала сдѣлаемъ примѣрный разсчетъ одного звена простой конструкціи.

Внѣшнія дѣйствующія на стропила усилія состоятъ изъ собственнаго вѣса, давленія вѣтра (принимая скорость его въ 35 м. въ секунду) и вѣса снѣга, что въ сложности для ската ab, наклоненнаго къ горизонту подъ угломъ 30^0 (чер. 6, л. 22), составитъ на 1 кв. м. поверхности ската 175 кг., а на горизонтальную проекцію ската величину $= \frac{175}{\cos 30^0} = 200$ кг. на кв. м.

Для болѣе крутого стекляннаго ската cd эта нагрузка будетъ $\frac{215}{\cos 70^0} = 628$ кг. на кв. м.

Горизонтальная проекція линіи ab равна:

$$ad = 3{,}835 \cos 30^0 = 3{,}31.$$

При разстояніи между стропилами 5 м. (чер. 2, л. 22) весь грузъ, дѣйствующій на проекцію этого ската, выразится равнымъ

$$5 \cdot 3{,}31 \cdot 200 = 3310 \text{ кг.}$$

На проекцію свѣтлаго ската, равную $dc = 2 \times \cos 70^0 = 0{,}69$ м., получается грузъ, равный

$$5 \cdot 0{,}69 \cdot 628 = 2166 \text{ кг.}$$

Предполагая, что оба эти груза распредѣлены равномѣрно по скатамъ, какъ на двѣ наклонныя балки (чер. 6, л. 22), мы видимъ, что на коньковый брусъ b передается отъ двухъ скатовъ нагрузка $= \frac{3310 + 2166}{2} =$ $= 2738$ кг., а на опоры a и c, грузы $\frac{3310}{2} = 1655$ кг. и $\frac{2166}{2} = 1083$ кг.

Разлагая внѣшнее усиліе, дѣйствующее въ конькѣ b (чер. 6 и 7, л. 22) на двѣ составляющія, направленныя по двумъ скатамъ, мы получаемъ сжимающее усиліе для ската ab въ 950 кг., а для ската bc въ 2415 кг.

Оба эти усилія въ опорныхъ точкахъ a и c опять могутъ быть разложены каждая на двѣ составляющія: вертикальную, дѣйствующую на опоры и горизонтальную H, производящую распоръ, который уравновѣшивается такимъ же распоромъ, дѣйствующимъ отъ сосѣднихъ скатовъ, такъ какъ легко видѣть изъ графическаго построенія, что распоры H и H отъ пологаго и крутого ската будутъ совершенно одинаковы и равны 815 кг.

Располагая стропильныя фермы вдоль прогона u (чер. 2, л. 22, продольный разрѣзъ) надъ каждой колонной и въ промежуткѣ между ними на разстояніи 1 м. другъ отъ друга, мы получаемъ четыре промежуточныхъ фермы и пять промежутковъ между ними, а слѣдовательно на каждую стропильную ногу bc изъ высчитаннаго нами сжимающаго усилія будетъ дѣйствовать

$$\frac{2415}{5} = 483 \text{ кг.}$$

Опредѣляя минимальный моментъ инерціи Jm по формулѣ $Jm = 100\ Pl^2$ (стр. 211), въ которой P выражено въ тоннахъ, а l въ метрахъ, имѣемъ:

$$Jm = 100\ .\ 0{,}483 \times 4 = 193{,}2.$$

При отношеніи ширины бруса къ его вышинѣ, т.-е. $\frac{b}{h}$ какъ $\frac{2}{3}$, мы находимъ въ таблицѣ (въ концѣ книги), что этому моменту инерціи приблизительно соотвѣтствуетъ брусокъ въ поперечномъ сѣченіи $= 8 \times 5{,}25$ см., но желая придать бо́льшую жесткость системѣ и принимая въ расчетъ ослабленіе бруска четвертями для вставки рамъ, а также имѣя въ виду быструю порчу дерева съ поверхности, мы беремъ поперечное сѣченіе $=$ $= 12 \times 10$ см.

Стропильная нога ab тоже подвержена сжатію отъ дѣйствія силы $\frac{950}{5} = 190$ кг.; но въ то же самое время она подвергается значительно большему сопротивленію изгибу подъ вліяніемъ равномѣрной нагрузки покрытія, поэтому и размѣры ея поперечнаго сѣченія расчитываютъ только на изгибъ. Эта равномѣрная нагрузка въ нашемъ случаѣ равна $\frac{3310}{5} = 662$ кг.

При длинѣ $ab = 3{,}835$ м. наибольшій моментъ изгиба равенъ

$$M\,max = \frac{Pl}{8} = \frac{662\ .\ 383{,}5}{8} = 31735.$$

Этотъ моментъ внѣшнихъ силъ долженъ быть равенъ моменту прочнаго сопротивленія, т.-е.

$$31755 = WR.$$

Изъ предшествующаго (стр. 377) мы знаемъ, что при отношеніи ширины b балки къ ея высотѣ h, какъ $\frac{5}{7}$ и $R = 60$ кл.

$$M = 7\,h^3,$$

откуда

$$h = \sqrt[3]{\frac{M}{7}},$$

слѣдовательно

$$h = \sqrt[3]{\frac{31755}{7}} = \sim 17 \text{ см.},$$

а

$$b = \frac{5}{7}\,h = \frac{5 \cdot 17}{7} = 12 \text{ см.}$$

Для большей надежности примемъ $h = 18$ см., а $b = 12$ см.

Надо замѣтить, что въ нашемъ разсчетѣ, кромѣ того, имѣется еще нѣкоторый запасъ потому, что мы взяли l равнымъ длинѣ стропильной ноги ab, тогда какъ слѣдуетъ брать горизонтальную ея проекцію.

Переходя къ опредѣленію размѣровъ поперечнаго сѣченія части qr продольнаго прогона u, на который передается грузъ четырехъ стропиль-

ныхъ фермъ (чер. 2, л. 22), мы знаемъ, что весь этотъ грузъ состоитъ изъ суммы (чер. 6, л. 22):

$$2156 + 3320 = 5476 \text{ кг.}$$

Стало быть, на каждую изъ четырехъ фермъ, лежащихъ на прогонѣ u, переходитъ груза $\frac{5476}{5} = 1095$ кг.

Слѣдовательно мы имѣемъ балку, загруженную четырьмя сосредоточенными грузами, составляющими общій грузъ $= 1095 \times 4 = 4380$. Разсматривая этотъ случай какъ балку, равномѣрно нагруженную, съ концами, лежащими свободно на опорахъ, максимальный моментъ изгиба

$$M = \frac{Pl}{8} = \frac{4380 \times 500}{8} = 273750,$$

слѣдовательно

$$h = \sqrt[3]{\frac{273750}{7}} = 34 \text{ см.}$$

Такой размѣръ слишкомъ значителенъ и неудобенъ, поэтому лучше устроить подкосы ww (чер. 2.), которые уменьшаютъ пролетъ на 2 метра; тогда, расчитывая свободную часть пролета какъ балку, нагруженную въ двухъ мѣстахъ, отстоящихъ отъ опоры на 100 см., сосредоточенными грузами по 1095 кг., на основаніи формулы, данной въ табл. XXVII, имѣемъ:

$$M\,max = Pa = 1095 \times 100 = 109500$$

и

$$h = \sqrt[3]{\frac{109500}{7}} = \sim 25 \text{ см.}$$

$$b = \frac{5 \cdot 25}{7} = 18 \text{ см.}$$

На стойки S и S (чер. 6, л. 22) перепадаетъ усиліе $= 3310 + 2166 = 5476$ кг., которое слѣдуетъ еще увеличить, расчитывая на прикрѣпленіе къ нимъ трансмиссіи, круглымъ числомъ до 6200 кг.

Принимая $E = 120000$ кг., согласно стр. 211 мы имѣемъ:

$$J = 83 \cdot 6{,}20 \cdot 3{,}5^2 = 643^2$$

На приведенной въ концѣ книги таблицѣ этому моменту инерціи соотвѣтствуетъ поперечное сѣченіе $= 16 \times 16$ см.

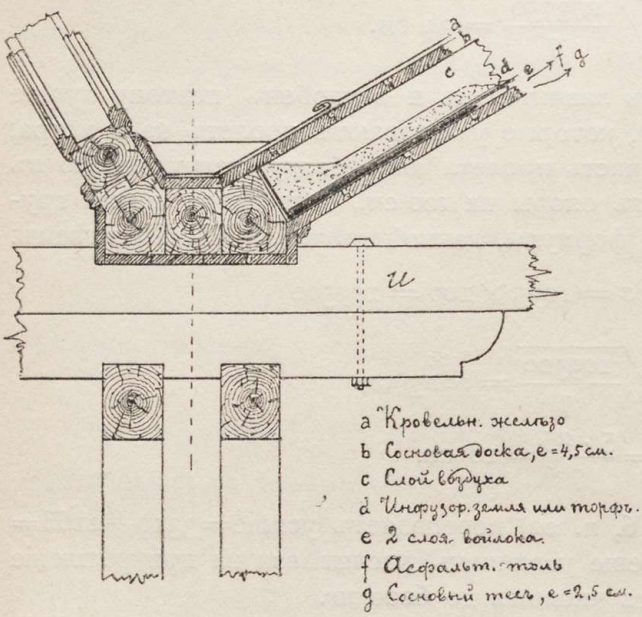
Въ случаѣ, если при той же формѣ и размѣрахъ покрытія, вмѣсто обшивки (b) чер. 3 и 4, л. 22, равномѣрно распредѣляющей грузъ по длинѣ стропильной ноги, будутъ положены прогоны, а затѣмъ уже по нимъ обшивка, то стропильныя ноги ab будутъ подвержены нѣсколькимъ отдѣльно сосредоточеннымъ грузамъ, вызывающимъ бо́льшій моментъ изгиба, что потребуетъ или увеличенія поперечнаго сѣченія стропильныхъ ногъ, или введенія въ систему подкоса de, показаннаго на чер. 1 того же листа пунктирно.

Разсмотрѣнная нами система зубчатыхъ стропилъ не имѣетъ затяжки и производитъ распоръ, который уничтожается такимъ же распоромъ отъ

сосѣднихъ зубцовъ; послѣдніе же зубцы передаютъ свой распоръ на стѣны, которыхъ толщина и конструкція должна быть такова, чтобы противодѣйствовать этому распору. Зубчатыя стропила съ затяжками, какъ это изображено на чер. 568, не даютъ распора; онъ уничтожается сопротивленіемъ затяжекъ на растяженіе. Вмѣстѣ съ тѣмъ такая система служитъ прочной связью между всѣми стойками и даетъ возможность удобно приспособить трансмиссію.

Темный скатъ покрытія устроенъ безъ употребленія пробковыхъ плитъ и детально изображенъ на чер. 569. По внѣшней поверхности стропильныхъ ногъ располагается деревянный настилъ (*b*) изъ сосновыхъ досокъ, покрытый кровельнымъ желѣзомъ (*a*). Снизу стропила подшиваются тесомъ, сплоченнымъ по длинѣ въ четверть со тщательной промазкой и окраской. На тесъ по его поверхности кладется асфальтовый толь (*f*), затѣмъ, два слоя войлока (*e*) и, наконецъ, слой (*d*) сыпучаго дурного проводника въ видѣ измельченнаго торфа, инфузорной земли, древесныхъ опилокъ и проч.

Чер. 569.



Шедовыя крыши при болѣе значительныхъ пролетахъ могутъ быть исполнены тоже изъ одного дерева, но въ подобныхъ случаяхъ смѣшанная конструкція со введеніемъ желѣза имѣемъ преимущества, обладая большей прочностью, долговѣчностью, красивымъ видомъ и менѣе массивными частями.

На чер. 1, л. 23 представленъ деревянный шедъ для пролетовъ отъ 6 до 9 метровъ. Затяжка (*ac*) зубцовъ располагается на вершинахъ чугунныхъ колоннъ, имѣющихъ для этой цѣли коробки, т.-е. уширенія въ видѣ горизонтальныхъ чугунныхъ досокъ, къ которымъ и привинчивается деревянная затяжка болтами.

По направленію, перпендикулярному къ плоскости чертежа, колонны поставлены на разстояніи 5,25 м. одна отъ другой, а надъ ними, въ этомъ же направленіи поверхъ затяжки нарубаются по два деревянныхъ прогона (*e*, *e*), прикрѣпленныхъ къ затяжкѣ, а вмѣстѣ съ тѣмъ и къ верхней чугунной коробкѣ колонны, указанными выше болтами. Эти прогоны и принимаютъ на себя непосредственно грузъ деревянныхъ стропильныхъ ногъ какъ темнаго, такъ и свѣтлаго скатовъ. Для поддержанія стропильной ноги пологаго ската введенъ подкосъ *dc* и, въ случаѣ необходимости под-

вѣсить трансмиссію къ затяжкѣ, послѣдняя можетъ быть подтянута желѣзнымъ болтомъ dg, показаннымъ на чертежѣ пунктирно.

Въ виду значительнаго разстоянія между стропильными фермами, для устройства покрытія темнаго ската потребовалось расположить долевые прогоны m, n и f, для поддержанія второстепенныхъ стропильныхъ ногъ t, разстоянія между которыми соотвѣтствуютъ размѣрамъ обрѣшетки подъ желѣзную кровлю, т.-е. не болѣе 2 м. Чтобы предупредить охлажденіе, нижняя поверхность прогоновъ m, n, f обшита тесомъ или досками, къ которымъ прибивается асфальтовый толь, а затѣмъ пробковыя плиты и слой штукатурки.

Свѣтлый скатъ снабженъ двойными рамами и устроенъ совершенно такъ, какъ въ предшествовавшихъ случаяхъ.

§ 82.

Для опредѣленія напряженій въ частяхъ описанной стропильной фермы можетъ быть примѣненъ графическій расчетъ, требующій самаго простого построенія.

На чер. 570 схематически изображена такая ферма, перекрывающая пролетъ въ 9 м. Внѣшнія усилія дѣйствуютъ въ узлахъ I, II, III и IV и величина этихъ силъ расчитана на основаніи тѣхъ же самыхъ коэффиціентовъ нагрузки на квадратную единицу проекціи крыши, какіе были указаны въ первомъ примѣрѣ.

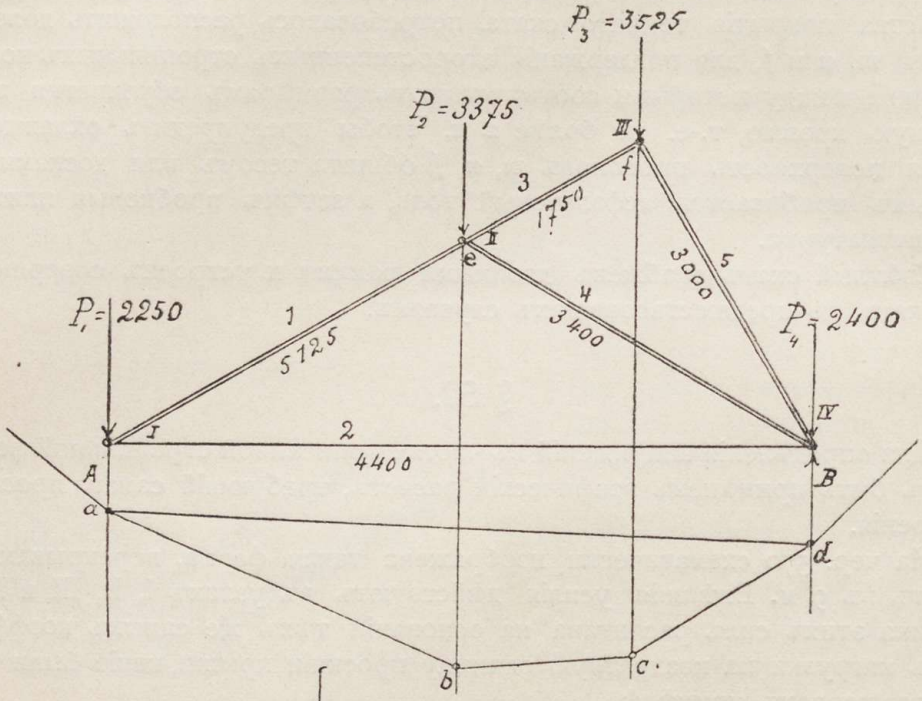
Такимъ образомъ мы имѣемъ:

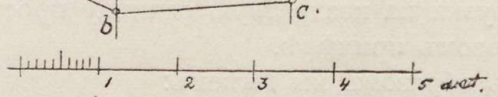
Въ узлѣ	I	дѣйствуетъ	сила	$P_1 = 2250$ кг.
„ „	II	„	„	$P_2 = 3375$ „
„ „	III	„	„	$P_3 = 3525$ „
„ „	IV	„	„	$P_4 = 2400$ „
			Всего . . .	11550 кг.

Такъ какъ эти усилія распредѣляются неравномѣрно и стропила загружены несимметрично, то на опоры будетъ передаваться не по половинѣ всего груза, а по неравной части, что и вызоветъ соотвѣтствующія сопротивленія. Для графическаго опредѣленія величины реакціи опоръ построимъ прежде всего многоугольникъ внѣшнихъ силъ (чер. 570) въ извѣстномъ масштабѣ (напр., въ 1 мм. 100 кл.).

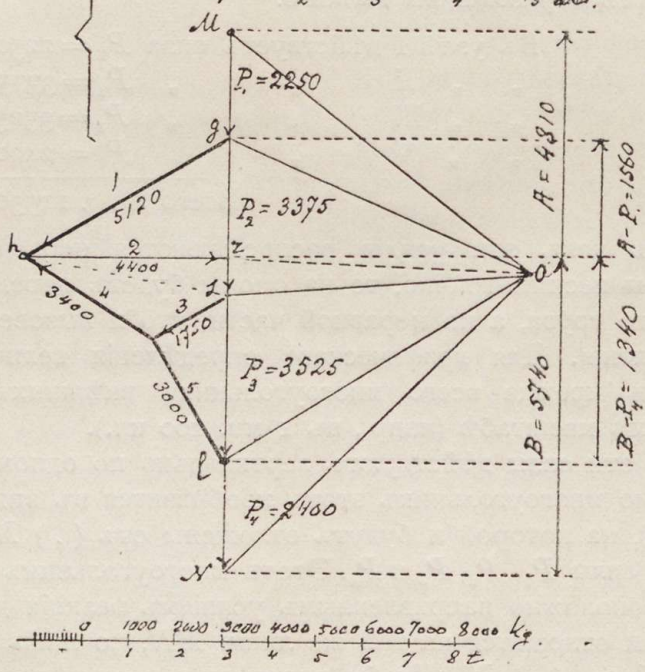
Всѣ эти силы дѣйствуютъ вертикально по одному направленію, слѣдовательно многоугольникъ этотъ изобразится въ видѣ прямой линіи MN (чер. 570), на которой и будутъ отложены отъ (.) M до (.) N послѣдовательно силы P_1, P_2, P_3 и P_4. Этотъ многоугольникъ замыкается равнымъ и противоположно направленнымъ усиліемъ реакціи двухъ опоръ A и B, которыя и отложатся на той же линіи MN, но лишь по направленію отъ точки N къ (.) M. Чтобы опредѣлить какая часть изъ этой общей реакціи перепадаетъ на правую и какая на лѣвую опору, задаемся произвольнымъ полюсомъ O и соединяемъ его лучами съ точками M, g, s, l и N. Проведя черезъ (.) a линію, параллельную лучу OM, затѣмъ

черезъ ту же точку линію, параллельную лучу *Og* до пересѣченія съ направленіемъ силы P_2 въ точкѣ *b*, а черезъ послѣднюю точку—параллельную





Чер. 570.



лучу *Os* и т. д., мы получаемъ веревочный многоугольникъ *a*, *b*, *c*, *d*. Замыкая этотъ многоугольникъ линіей *ad* и проведя ей параллельную черезъ полюсъ *O*, мы получимъ два отрѣзка линіи *MN*, изъ коихъ отрѣзокъ *Mr*

равенъ реакціи опоры, A а Nr — опоры B. Реакціи эти частью уничтожаются внѣшними силами P_1 и P_2, дѣйствующими непосредственно на опоры, а не на стропильную ферму, поэтому въ расчетъ напряженій частей стропильной фермы отъ сопротивленія опоръ вводятся лишь отрѣзки rg и rl, равныя расчетнымъ реакціямъ A и B. Силу A, во многоугольникѣ силъ дѣйствующую снизу вверхъ, разлагаемъ на двѣ составляющія, проведя изъ точекъ g и r, параллельныя стержнямъ 1 и 2 линіи gh и rh, которыя и выразятъ по величинѣ и направленію напряженіе этихъ стержней, т.-е. стропильной ноги Ae и затяжки AB. Въ первой—направленіе стрѣлки къ узлу, слѣдовательно она будетъ подвержена сжатію, а во второй—отъ узла, слѣдовательно здѣсь будетъ растяженіе. Затѣмъ переходимъ къ узлу II, при чемъ замѣтимъ, что здѣсь напряженіе стержня 1 и внѣшняя сила P_2 намъ извѣстны. Для опредѣленія остальныхъ двухъ напряженій въ томъ же узлѣ соединяемъ точку s (чер. 571) съ точкою h (пунктирн. линія) мы получаемъ равнодѣйствующую силы P_2 и № 1, которую и разлагаемъ на двѣ составляющія, проведя черезъ точку h линію параллельную eB, а черезъ точку s—параллельную ef. Линіи 4 и 3 выразятъ намъ графически величины напряженій въ подкосѣ eB и части стропильной ноги ef. Наконецъ въ узлѣ III для опредѣленія напряженія стропильной ноги fB, стоитъ только во многоугольникѣ силъ, черезъ конецъ силы P_3, т.-е. черезъ точку l, провести линію параллельно fB.

Если многоугольникъ сомкнулся, то, значитъ, построеніе вѣрно.

Опредѣливъ напряженіе стержней, уже не трудно получить ихъ поперечные размѣры по вышеуказаннымъ формуламъ и таблицамъ въ концѣ книги.

§ 83.

На чер. 2, л. 23, представленъ шедъ для значительныхъ пролетовъ, со введеніемъ въ его деревянную конструкцію вертикальныхъ желѣзныхъ болтовъ r, r.

Чтобы не затемнять конструкціи главныхъ сопротивляющихся частей, приспособленія для предупрежденія потери тепла покрытіемъ показаны на чертежѣ не вполнѣ. Теплый скатъ можетъ быть легко устроенъ съ помощью деревянной обшивки и пробковой изоляціи или асфальтоваго толя, войлока и штукатурки. Кромѣ того, можно пользоваться сыпучимъ дурнымъ проводникомъ, какъ измельченный торфъ, кизелькуръ и т. п.

Свѣтлый скатъ долженъ быть снабженъ двойными рамами.

Шедъ, состоящій изъ дерева, желѣза и чугуна, представленъ на чер. 3, л. 23 съ детами къ нему на чер. 4 и 5.

Стропила поддерживаютъ покрытіе надъ пролетомъ около 10 м. и по своей конструкціи представляютъ лишь нѣкоторое водоизмѣненіе системы Polonceau для двускатной крыши; разница лишь въ томъ, что здѣсь конструкція не симметрична относительно вертикальной линіи XX, проходящей черезъ конекъ крыши. Стропильныя ноги какъ темнаго, такъ и свѣтлаго скатовъ—деревянныя; части, подверженныя вытягиванію—изъ больто-

ваго желѣза, а столбикъ *bc* (чер. 3), поддерживающій стропильную ногу—изъ чугуна крестообразнаго поперечнаго сѣченія. Поверхъ стропильныхъ ногъ располагаются прогоны, а затѣмъ второстепенныя стропильныя ноги на такомъ другъ отъ друга разстояніи, чтобы можно было или покрыть ихъ обыкновенной обрѣшеткой подъ желѣзную кровлю или сдѣлать сплошной дощатый настилъ для уменьшенія теплопроводности.

Какъ видно изъ чер. 4 на томъ же листѣ, сохраненіе тепла въ помѣщеніи достигается помощью тесовой подшивки (*a*), которая можетъ быть обита войлокомъ или пробковой изоляціей и оштукатурена. Для устройства подшивки вводятъ продольные бруски (*b*, *b*), опирающіеся концами на вершины колоннъ. Подшивка снизу для большей ясности чертежа не показана, а только съ боковъ. Точно такъ же не показанъ на чертежѣ слой сыпучаго дурного проводника.

Для связи колоннъ между собою къ ихъ вершинамъ привинчены болтами продольные брусья *c*. Равнымъ образомъ привинчены и чугунные башмаки, въ которые входятъ концы стропильныхъ ногъ.

На чер. 5, л. 23, показано сопряженіе струны съ верхнимъ концомъ стропильной ноги съ помощью вилки или двухъ болтовъ съ проушинами и накладкой. Съ этой цѣлью врѣзается въ дерево и свинчиваются другъ съ другомъ двѣ скобы изъ полосоваго желѣза.

Зимнія и лѣтнія рамы вставляются въ двѣ четверти, какъ это показано на чертежѣ.

Отведеніе воды при зубчатой конструкціи крышъ составляетъ вопросъ пока еще не вполнѣ удовлетворительно разрѣшенный. Уклонъ въ 0,01 для стока воды совершенно достаточенъ; но такъ какъ шедъ покрываетъ помѣщенія, которыхъ длина и ширина доходитъ до 50 и даже до 100 саж., то, кромѣ стоковъ къ наружнымъ стѣнамъ, должны быть еще устроены промежуточные стоки. Примѣнять для этой цѣли пустотѣлыя чугунныя колонны на практикѣ оказалось неудобнымъ. Спеціальные вертикальные каналы значительныхъ поперечныхъ размѣровъ, служащіе для спуска въ нихъ воды и сбрасыванія снѣга, болѣе удобны и цѣлесообразны. Въ этихъ же колодцахъ могутъ быть приспособлены снѣготаялки и вся вода спущена въ общую канализаціонную сѣть зданія. Эта вода нерѣдко собирается въ отдѣльные бассейны и служитъ для питанія котловъ.

Для избѣжанія заносовъ рекомендуется располагать коньки зубцовъ отъ сѣверо-запада на юго-востокъ, такъ какъ въ зимнее время это господствующее направленіе вѣтра во время мятели.

§ 84.

Кровли.

а) Общія замѣчанія. Кровлей называется наружняя, покрывающая зданіе сверху, оболочка, расположенная на стропилахъ. Эта оболочка прежде всего наблюдима для предохраненія внутренныхъ частей строенія отъ дождевой воды и тающаго снѣга; поэтому главное условіе, которому она должна удовлетворять, это—непромокаемость и непроницаемость для

воды. Отъ хорошо устроенной и непроницаемой кровли зависитъ долговѣчность строенія, поэтому на нее слѣдуетъ обратить особое вниманіе.

Мы можемъ раздѣлить кровли по матеріалу, изъ котораго онѣ устраиваются, на сгораемыя и несгораемыя; послѣднія очевидно имѣютъ преимущества, такъ какъ предохраняютъ зданіе въ пожарномъ отношеніи отъ перекиднаго огня отъ сосѣднихъ строеній. Во всѣхъ большихъ городахъ, въ силу обязательныхъ постановленій, кровли должны быть несгораемыя.

Мы имѣемъ въ нашемъ распоряженіи весьма разнообразный кровельный матеріалъ, а именно: дерево, въ видѣ досокъ гонта, стружки; естественнаго и искусственнаго камня, въ видѣ аспидныхъ плитъ, черепицы изъ обожженной глины и цемента, самой разнообразной формы и размѣровъ; металла въ видѣ мѣдныхъ, свинцовыхъ, цинковыхъ и желѣзныхъ листовъ и разные другіе матеріалы, напр., кровельный толь, уралитъ и проч.

Отъ вѣса и размѣровъ кровельнаго матеріала зависитъ величина угла наклоненія скатовъ крыши и размѣры стропильныхъ частей.

Чѣмъ больше сопряженій между частями, составляющими кровлю, т.-е. чѣмъ мельче кровельный матеріалъ, тѣмъ бо́льшій требуется подъемъ скатовъ, чтобы какъ можно быстрѣе удалять дождевую воду. Если, наоборотъ, кровля состоитъ изъ цѣльнаго, непроницаемаго для воды полотна безъ всякихъ сопряженій, какъ, напримѣръ, кровля асфальтовая или древесно-цементная, то подъемъ скатовъ можетъ быть самый незначительный, необходимый только для того, чтобы дать хоть какой-нибудь стокъ водѣ; для этой цѣли вполнѣ достаточно 0,01 не болѣе.

Для кровли изъ гончарной или цементной черепицы, въ которой стыки хотя и дѣлаются въ закрой, но ни чѣмъ не замазываются, уголъ наклона скатовъ къ горизонту должно быть не менѣе 45^0. Кромѣ того, такой мелкій матеріалъ укладывается не въ одинъ, а въ нѣсколько рядовъ. Число рядовъ должно быть тѣмъ болѣе, чѣмъ положе скатъ крыши и чѣмъ плотность швовъ менѣе совершенна.

Измѣряя подъемъ двускатной крыши по отношенію къ ширинѣ зданія, мы имѣемъ кровли съ подъемомъ соотвѣтственно кровельному матеріалу, отъ $^1/_4$ до $^1/_6$, т.-е. тангенсъ угла наклоненія можетъ быть отъ $^1/_2$ до $^1/_3$. Наименьшій подъемъ въ $^1/_6$ отъ всей ширины перекрываемаго пространства, считая съ карнизными спусками, принимается для кровли изъ листового желѣза; наибольшій въ $^1/_2$ примѣняется для деревянныхъ крышъ, черепичныхъ и соломенныхъ. На величину подъема крыши имѣетъ вліяніе и гладкость кровельнаго матеріала; чѣмъ глаже поверхность, тѣмъ быстрѣе съ нея стекаетъ вода.

Выборъ кровельнаго матеріала зависитъ отъ мѣстныхъ условій и экономическихъ разсчетовъ. У насъ въ Россіи почти повсюду наивыгоднѣйшимъ для городскихъ зданій признается кровельное листовое желѣзо. Въ провинціи, въ деревняхъ и имѣніяхъ болѣе выгодны, смотря по мѣстности, кровли изъ дерева, черепицы, асфальтоваго толя и проч.

Для поддержанія и укрѣпленія кровли недостаточно устройства однихъ стропилъ; необходимо еще для этой цѣли подготовить соотвѣтствующую

поверхность. Эта подготовка называется обрѣшеткой стропилъ и состоитъ, смотря по размѣрамъ и формѣ кровельнаго матеріала, или изъ сплошного дощатаго настила или изъ брусковъ (слегъ), прибитыхъ гвоздями къ верхней поверхности стропильныхъ ногъ, параллельно коньку, не сплошь, а съ промежутками, представляя какъ бы рѣшетку.

Мы не будемъ останавливаться на описаніи всѣхъ разнообразныхъ способовъ устройства кровель, а скажемъ лишь о желѣзныхъ кровляхъ, какъ наиболѣе распространенныхъ въ нашемъ отечествѣ *).

Желѣзныя кровли. Для этой цѣли желѣзо приготовляется въ видѣ тонкихъ листовъ, по ширинѣ въ 1, а по длинѣ въ 2 аршина; въ рѣдкихъ случаяхъ примѣняется квадратно-аршинное желѣзо.

Толщина листовъ измѣняется отъ $^1/_{35}$ до $^1/_{25}$ дюйма, поэтому и вѣсъ листа бываетъ отъ 8 до 14 фунтовъ.

Обрѣшетка подъ желѣзную кровлю дѣлается не сплошная, а изъ слегъ или рѣшетинъ, прибиваемыхъ къ стропильнымъ ногамъ параллельно коньку на разстояніи 4-хъ вершковъ одна отъ другой.

Такое разстояніе необходимо для того, чтобы при ходьбѣ по крышѣ нога взрослаго человѣка не прогибала листы, а попадала бы на подрѣшетку.

При разстояніи между стропильными ногами около 1 саж. размѣры поперечн. сѣченія рѣшетинъ могутъ быть не болѣе $1^1/_4$ верш. въ сторонѣ квадрата.

Весьма существенный недостатокъ желѣза, какъ извѣстно, заключается въ томъ, что отъ дѣйствія сырости и кислорода воздуха, оно быстро покрывается ржавчиной, которая легко смывается водой и даже сдувается вѣтромъ, оголяя такимъ образомъ вновь поверхность для дальнѣйшаго окисленія.

Кромѣ того, самая ржавчина, если ее не удалять, имѣетъ способность проникать все дальше и дальше.

Первоначально на поверхности желѣза образуется закись (FeO), состоящая изъ 56 ч. металла и 16 ч. кислорода. При дальнѣйшемъ окисленіи закись переходитъ въ окись (Fe_2O_3), въ которой $3 \times 56 = 112$ ч. желѣза и $3 \times 16 = 48$ ч. кислорода. Окись желѣза въ свою очередь раскисляется и передаетъ кислородъ на поверхность металла, лежащую подъ слоемъ ржавчины, а затѣмъ подъ дѣйствіемъ кислорода воздуха, снова переходитъ въ окись и, будучи веществомъ пористымъ и рыхлымъ, легко даетъ доступъ кислороду и къ нижнему слою закиси желѣза, переходящую въ окись, которая опять въ свою очередь раскисляется и т. д. Подъ вліяніемъ вѣтра, воды и этого передаточнаго окисленія процессъ разрушенія идетъ настолько быстро, что при тонкости листа крыша можетъ проржавѣть въ теченіе года насквозь и потерять свою непроницаемость для воды. Поэтому надо принять всѣ мѣры для предохраненія кровельнаго желѣза отъ ржавчины. Эти мѣры прежде всего заключаются въ окраскѣ масляной краской.

*) Желающіе получить болѣе подробныя свѣдѣнія о кровляхъ могутъ найти ихъ въ Handbuch der Architectur. 3 Theil, 2 Band: Raumbegrenzende Constructionen. 3 Heft.

Желѣзные листы предварительно очищаютъ, покрываютъ съ обѣихъ сторонъ вареной олифой *), а затѣмъ уже окрашиваютъ или суриком ъ или мѣдянкой. Такая окраска продержится не болѣе 3—4 лѣтъ, по прошествіи которыхъ ее надо опять возобновлять.

Непрочность окраски и появленіе въ ней трещинъ происходитъ главнымъ образомъ вслѣдствіе разныхъ коэффеціентовъ расширенія отъ температуры желѣза и слоя краски.

За послѣднее время появилась въ продажѣ окраска для желѣза и стали подъ назван. „Сидеростенъ“, которая имѣетъ способность крѣпко прилипать къ поверхности желѣза и не давать трещинъ.

Съ цѣлью предохранить желѣзо отъ окисленія его покрываютъ слоемъ цинка, при чемъ получается такъ назыв. цинкованное желѣзо. Дѣло въ томъ, что цинкъ хотя и окисляется съ поверхности, но эта окись плотно сцѣпляется съ металломъ и препятствуетъ дальнѣйшему его окисленію. Кромѣ того, при покрытіи желѣза цинкомъ оба металла представляютъ гальваническую пару, электрическій токъ которой разлагаетъ влагу и тѣмъ препятствуетъ образованію ржавчины. Но и этотъ матеріалъ не лишенъ недостатковъ: цинкъ мѣстами отстаетъ отъ поверхности желѣза и, кромѣ того, даетъ трещины при перегибѣ листовъ. Впрочемъ благодаря послѣднимъ усовершенствованіямъ въ производствѣ цинкованнаго желѣза, эти недостатки почти устранены, хотя продолжительныхъ опытовъ еще не было.

Хорошее оцинкованное желѣзо имѣетъ равномѣрно распредѣленный слой цинка, при сгибаніи не ломается и цинкъ отъ желѣза не отскакиваетъ. Въ этомъ можно убѣдиться, сгибая листъ нѣсколько разъ подъ угломъ въ 90°; если желѣзо ломается ранѣе 5 сгибовъ, то оно хрупкое и не годится; равнымъ образомъ оно плохое, если при сгибаніи цинкъ отскакиваетъ или при ломкѣ съ краевъ отстаетъ и легко можетъ быть отскобленъ. При хорошо оцинкованномъ желѣзѣ цинкъ ни въ какомъ случаѣ не отстаетъ и ничѣмъ не можетъ быть отдѣленъ отъ желѣза и вмѣсто излома представляетъ какъ бы одно неразрывное цѣлое; но такого прочнаго цинкованія мы, къ сожалѣнію, не имѣемъ на практикѣ.

Желѣзные листы сопрягаются другъ съ другомъ посредствомъ загибовъ или фальцовъ, которые бываютъ лежачіе и стоячіе, одиночные и двойные.

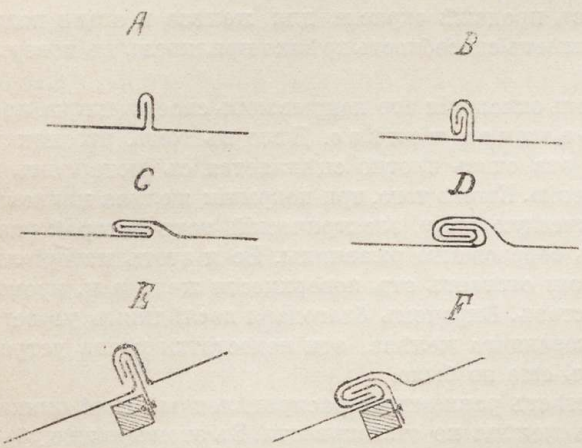
На чер. 571 *A* и *B* представлены одиночный и двойной стоячіе фальцы. Если эти фальцы положить по направленію ската крыши, то получимъ лежачіе фальцы (чер. *C* и *D*). Прежде чѣмъ расположить проолифенный и за одинъ разъ окрашенный листъ на приготовленную обрѣшетку, каждые два листа соединяютъ по ширинѣ лежачимъ фальцемъ, а боковые края загибаютъ подъ угломъ 90° на 1 и на $1^1/_2$″ для стоячаго фальца. Соединенные такимъ образомъ два листа назыв. картиною; ихъ уже переносятъ на крышу и прикрѣпляютъ къ обрѣшетинамъ посредствомъ клямеровъ, т.-е. полосокъ изъ того же кровельнаго желѣза. На чер. 571 *E* и *F* представлено такое прикрѣпленіе въ двухъ положеніяхъ: стоячемъ *E* и лежачемъ *F*. Клямеръ прибивается къ вертикальной сторонѣ рѣшетины гвоздемъ, проходитъ между двумя загнутыми краями листовъ и загибается. Лежачіе фальцы образуютъ горизонтальныя сопряженія листовъ между

*) Олифа, какъ извѣстно, имѣетъ способность подъ вліяніемъ кислорода воздуха переходить въ твердое состояніе.

собой и прикрѣпленія ихъ къ обрѣшеткѣ, а стоячіе фальцы расположены вертикально и представляютъ какъ бы края желобовъ, по которымъ сливается дождевая вода.

Надо обращать особое вниманіе на прикрѣпленіе желѣза къ карнизнымъ спускамъ, чтобы воспрепятствовать вѣтру сорвать крышу. Для устройства подрѣшетки къ концамъ стропильныхъ ногъ, которыя не доходятъ до конца карнизнаго спуска (чер. 1, листъ 24), прибиваются на ребро доски (*a*), образующія болѣе пологій скатъ.

Чер. 571.



По этимъ доскамъ, какъ видно изъ чертежа, настилается обрѣшетка уже не рѣшетинами, а сплошной настилкой трехъ досокъ такой же толщины какъ и рѣшетины, т.-е. отъ 1 до $1^1/_4$ в. Прикрѣпленіе желѣзныхъ листовъ достигается съ помощью костылей (чер. 1, *b*) изъ плоскаго желѣза. Костыль имѣетъ форму, показанную на чер. 3 того же листа и снабженъ тремя отверстіями для прибивки его тремя гвоздями къ дощатой настилкѣ. Желѣзо (чер. 1) загибается за спущенный конецъ костыля и этимъ прикрѣпляется къ скату. Всѣ мѣста, гдѣ сопряженія желѣзныхъ листовъ не могутъ быть сдѣланы достаточно плотно, замазываются особой кровельной замазкой.

Для отвода воды устраиваются водосточные желоба, которые могутъ быть подвѣсные (чер. 7, л. 24) и настѣнные (чер. 1). Первые дѣлаются въ видѣ лотковъ изъ кровельнаго желѣза (чер. 7) и подвѣшиваются къ скату посредствомъ желѣзныхъ крючковъ полукруглой формы (лит. *a*), прибитыхъ къ дощатой настилкѣ. Эти желоба неудобны потому, что имъ нельзя дать надлежащій скатъ и конструкція ихъ не прочна. Настѣнные желоба помѣщаются на стѣнѣ и, какъ видно изъ чер. 2-го, листъ 24, также устраиваются съ помощью крючковъ (*b*) особой формы, прибиваемыхъ къ дощатому настилу черезъ каждый аршинъ. Желѣзные листы огибаютъ эти крючки и образуютъ какъ бы барьеръ для удержанія и отвода дождевой воды. Желоба имѣютъ подъемъ около $^1/_{20}$ и въ самыхъ пониженныхъ точкахъ барьеръ прорѣзается и снабжается лоткомъ (*a*) для слива дождевой воды въ воронку (*c*) и водосточную трубу *d*. Трубы прикрѣпляются къ стѣнѣ ухватиками (стременами) *e*, *e*, чер. 2 и 5, обвязывая трубу жженой проволокой. При значительныхъ діаметрахъ водосточныхъ трубъ въ каменную кладку задѣлываютъ крючья изъ полосового желѣза (чер. 6), на которые надѣваютъ шалнерныя обоймицы, устройство которыхъ понятно изъ чертежа 6-го, представляющаго горизонтальный разрѣзъ и фасадъ прикрѣпленія.

Число и расположеніе водосточныхъ трубъ зависятъ отъ формы крыши, ея размѣровъ, крутизны скатовъ и плана строенія. Вообще для желѣзныхъ кровель, уклонъ коихъ къ горизонту около 20°, принимаютъ за правило, чтобы на каждыя 3 кв. саж. проекціи кровельнаго ската приходился бы 1 кв. верш. поперечнаго сѣченія водосточной трубы.

На чер. 4, л. 24, представлено открытіе желѣзомъ около дымовыхъ трубъ или выступающихъ изъ плоскости крыши брандмауеровъ. Загнутые края желѣзныхъ листовъ должны быть скрыты подъ свѣсъ кирпичной кладки и прибиты гвоздями.

Вѣсъ желѣзной кровли вмѣстѣ съ обрѣшеткой около 3-хъ пудовъ кв. саж. (10,5 кг. кв. м.); вообще же при покрытіи 12 ф. желѣзомъ, на каждую квад. сажень, со включеніемъ настѣнныхъ желобьевъ, потребно кровельнаго желѣза 1,5 пуда.

До сихъ поръ ни одна кровля не можетъ по своимъ достоинствамъ и удобствамъ сравниться съ желѣзной: она прочна, легка, долговѣчна, удобна для ремонта, непроницаема для воды, требуетъ сравнительно пологихъ скатовъ и легкихъ стропилъ, что даетъ ей возможность и по цѣнѣ выдерживать конкуренцію, со всѣми другими несгораемыми кровлями. Хотя работа по устройству желѣзной кровли и очень проста (кровельщикъ покрываетъ въ день отъ 3 до 4 кв. саж.), но все же она должна быть сдѣлана очень аккуратно и требуетъ вниманія въ особенности на перегибахъ крыши, во входящихъ углахъ (ендовахъ), въ конькѣ около слуховыхъ оконъ и трубъ и т. п. На эти части слѣдуетъ строителю обращать особое вниманіе, чтобы не имѣть впослѣдствіи протекающую крышу.

Говоря о цинкованныхъ кровляхъ, нельзя не упомянуть о ребристомъ цинкованномъ желѣзѣ, изготовляемомъ въ Прушковѣ (ст. Варшавско - Вѣнской ж. д.). Въ листахъ обыкновеннаго кровельнаго желѣза, передъ цинкованіемъ его, выгибаютъ три полукруглыхъ ребра (чер. 8 и 9, листъ 24): одно въ срединѣ по длинѣ листа, а два по краямъ. Затѣмъ листы цинкуютъ и употребляютъ какъ кровельный матеріалъ. Подготовкой можетъ служить или сплошная дощатая настилка, или дощатая обрѣшетка, какъ это показано на нашемъ чертежѣ. Крайнія ребра накладываются въ закрой; горизонтальные же швы получаются простымъ перекрытіемъ. Для прикрѣпленія желѣзныхъ листовъ къ обрѣшеткѣ кляммеровъ не употребляютъ, а прибиваютъ листы непосредственно къ доскамъ посредствомъ широкошляпныхъ гвоздей, загибая для бо́льшей прочности ихъ концы (чер. 9 и 10). Чтобы препятствовать водѣ подниматься отъ дѣйствія вѣтра по скату вверхъ и проникать въ горизонтальные швы, поперекъ листовъ устроены выпуклыя горизонтальныя ребра (*a*, *a*, чер. 8).

Преимущество этихъ крышъ передъ гладкими цинкованными заключается въ томъ, что ребристые листы при сборкѣ не нужно изгибать, а лишь просто укладывать, соблюдая закрой какъ въ горизонтальныхъ, такъ и въ вертикальныхъ швахъ. Вслѣдствіе этого цинковый слой не отскаки-

ваетъ, что почти неизбѣжно при обыкновенномъ покрытіи на фальцахъ. Съ другой стороны, нельзя не замѣтить, что фальцевое сопряженіе листовъ и прикрѣпленіе ихъ клямерами, избѣгающее пробиваніе листовъ гвоздями, имѣетъ несомнѣнныя преимущества въ смыслѣ большей непроницаемости кровли для воды. Въ этомъ отношеніи были бы весьма важны опытныя данныя, которыхъ, къ сожалѣнію, еще пока нѣтъ.

Ребристое кровельное желѣзо приготовляется изъ обыкновеннаго листового, размѣровъ или 28″ на 56″ или 30″ × 60″, при толщинѣ въ 0,5 мм. и 0,8 мм. Первое вѣситъ 10 ф., а второе—17. Стоимость кровли въ 2 раза дороже, чѣмъ при употребленіи обыкновенныхъ кровельныхъ листовъ.

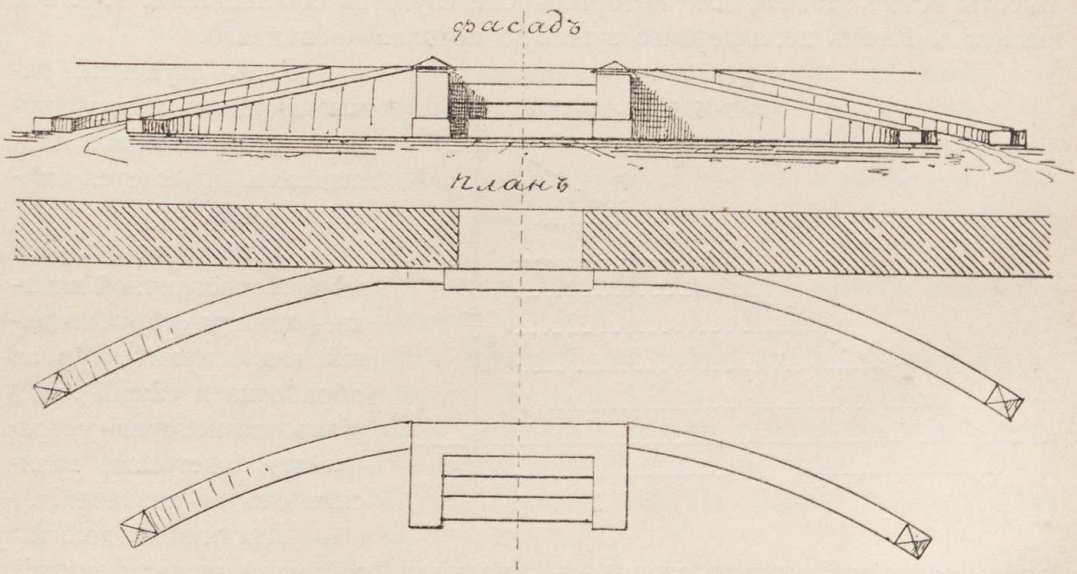
Лѣстницы.

Ст. VII. Лѣстницы.

§ 85.

Прямой горизонтальный путь есть самая удобная форма поверхности для нашего движенія. Слѣдовательно для сообщенія между помѣщеніями, расположенными на извѣстныхъ уровняхъ, самое удобное и простое приспособленіе было бы устройство пути съ небольшимъ подъемомъ. Въ архитектурѣ такое устройство иногда и примѣняется; такъ, напр., взамѣнъ

Чер. 572.



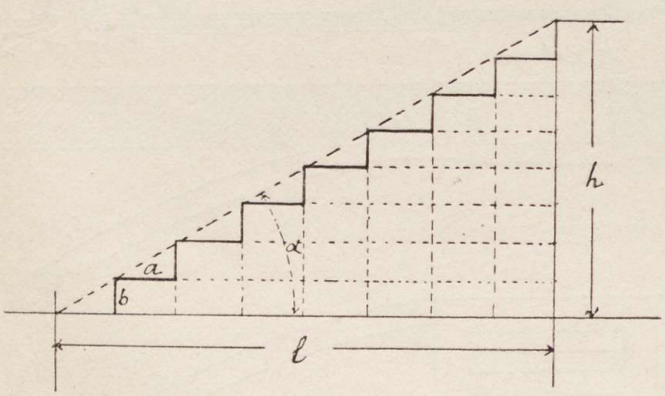
наружнаго входнаго крыльца, устраиваются такъ назыв. пандусы (въѣзды) чер. 572. Равнымъ образомъ мы видѣли, что при устройствѣ подмостей употребляются стремянки, тоже наклонныя плоскости. При этомъ надо замѣтить, что такъ какъ, при всходѣ по наклонной плоскости или подъему, кромѣ силы, затрачиваемой для перемѣщенія, необходимо еще постоянное усиліе для подъема самаго тѣла, а также являются механиче-

скія дѣйствія силъ тренія и инерціи, то величины подъемовъ этихъ наклонныхъ плоскостей, для удобства и даже возможности ходьбы, не должны переходить строго опредѣленнаго maximum'а, отъ котораго слѣдовательно зависитъ и длина пути. Очевидно, что, желая достигнуть удобства пути, примѣненіе наклонной плоскости для сообщенія между этажами въ нашихъ домахъ повлекло бы за собой слишкомъ значительную потерю мѣста,— отсюда и вытекаетъ необходимость въ устройствѣ для означенной цѣли тоже наклонныхъ поверхностей, но снабженныхъ ступеньками (уступами), т.-е. въ устройствѣ лѣстницъ. На чер. 573 представлена схематически профиль лѣстницы съ указаніемъ высоты h общаго подъема и заложеніе l. Высота подъема каждой ступеньки обозначена буквой b, а ширина—a. При пользованіи лѣстницей самый процессъ движенія совершенно иной сравнительно съ движеніемъ по простой наклонной плоскости; мы, напр., совершенно удобно всходимъ по лѣстницѣ при ея наклонѣ въ 40^0 къ горизонту, тогда какъ наклонная плоскость, расположенная подъ угломъ $25—30^0$ уже невозможна для движенія, такъ какъ такой уголъ превосходитъ уголъ тренія и мы на немъ скользимъ.

§ 86.

Форма лѣстницы и устройство ея зависятъ отъ назначенія зданія, а иногда и отъ формы и величины пространства, которое для нея отводится; это пространство называется клѣткою лѣстницы и высота ея равна высотѣ всѣхъ этажей, для которыхъ она служитъ сообщеніемъ, т.-е. эта высота д. б. отъ пола перваго этажа до потолка послѣдняго.

Чер. 573.



Рядъ ступеней, заключающихся между двумя горизонтальными площадками, называется маршемъ (чер. 573).

Независимо отъ размѣровъ лѣстничной клѣтки, форма, размѣры, внѣшній видъ, архитектурная обработка и самый матеріалъ, изъ котораго устраивается лѣстница, зависятъ отъ ея назначенія.

Лѣстницы должны быть построены и расположены въ строеніяхъ, соблюдая нижеслѣдующія общія правила:

1) Лѣстницы должны быть расположены близъ главнаго входа въ строенія и помѣщены такъ, чтобы каждый безъ затрудненія ихъ находилъ какъ при входѣ, такъ и при выходѣ.

2) Въ каменныхъ строеніяхъ, въ видахъ безопасности въ пожарномъ отношеніи, лѣстницы должны быть устроены изъ несгораемыхъ матеріа-

ловъ, ограждены сплошными каменными стѣнами и покрыты несгораемымъ потолкомъ или сводомъ. Послѣднее требованіе особенно важно, такъ какъ дерево стропилъ и чердачныхъ покрытій, находясь въ благопріятныхъ условіяхъ, достигаетъ съ теченіемъ времени большой сухости, легко воспламеняется и во время пожара, въ горящемъ состояніи обрушиваясь на лѣстницу, совершенно прекращаютъ по ней сообщеніе.

3) Ширина каждой лѣстницы (въ смыслѣ ширины ея маршей) должна сообразоваться съ назначеніемъ строенія и числомъ людей, пребывающихъ въ немъ одновременно. Если строеніе многоэтажно и предназначено для обывательскихъ квартиръ, то ширина маршей, согласно строительнымъ правиламъ, обязательнымъ для Москвы и Петербурга, должна быть не менѣе 1,5 аршинъ (1 м.). Обыкновенно дѣлаютъ отъ 1,5 до до 2,5 аршинъ.

Въ Германіи ширина лѣстницы предписывается въ зависимости отъ числа людей, помѣщающихся въ этажѣ. Такъ:

Для 120 человѣкъ ширина должна быть не менѣе 1 м.
„ 180 „ „ „ „ „ „ 1,5 м.
„ 240 „ „ „ „ „ „ 2,0 м.

Ширина измѣряется между поручнями.

Для винтовыхъ лѣстницъ, представляющихъ большее затрудненіе при спускѣ и подъемѣ по нимъ,—ширина марша требуется:

для 60 человѣкъ въ 1,0 м.
„ 90 „ „ 1,5 м.
„ 120 „ „ 2,0 м.

Этими данными можно руководствоваться при проектированіи фабричныхъ зданій, при чемъ во всякомъ случаѣ ширина марша лѣстницы, служащей для выхода изъ этажей наружу, не должна быть менѣе 1 м.

Разсматривая лѣстницу какъ проходной коридоръ, который на фабрикахъ, заводахъ, общественныхъ зданіяхъ, школахъ, больницахъ и т. д., не дѣлается менѣе 2-хъ аршинъ,—ширину лѣстницы тоже не слѣдуетъ дѣлать меньшаго размѣра.

Наружныя лѣстницы въ общественныхъ зданіяхъ могутъ достигать ширины и въ нѣсколько саженъ.

Въ театрахъ, аудиторіяхъ, концертныхъ залахъ и т. п. ширина марша должна быть не менѣе 1 саж.

4) Лѣстница должна быть удобна для ходьбы и представлять полную надежность въ своей устойчивости и прочности; въ этомъ отношеніи на эту часть строенія надо обратить особое вниманіе и выбирать матеріалъ соотвѣтствующей прочности.

5) Лѣстницы необходимо устраивать съ промежуточными площадками, такъ какъ безостановочный всходъ утомителенъ. Усиліе и работа расходуется человѣкомъ при всходѣ по лѣстницѣ въ зависимости: отъ числа ступеней, числа площадокъ, отношенія высоты ступеньки къ ея ширинѣ и даже отъ упругости самаго матеріала.

Объ размѣрахъ подступенекъ и проступей будетъ сказано ниже; что же касается до числа ступеней въ маршѣ, то оно не должно превосходить

15 или 16. Проф. Nussbaum *) (Ганноверъ), на основаніи своихъ наблюденій, совѣтуетъ прерывать марши площадками черезъ каждыя 10—12 ступней, чтобы дать возможность и слабымъ людямъ безъ утомленія всходить.

Такъ какъ лѣстницы представляютъ непрерывный наклонный проходъ, то ширина ея должна быть по всей ея длинѣ одинакова, а слѣдовательно какая ширина маршей, такая должна быть и ширина площадокъ.

6) Лѣстницы должны быть хорошо и равномѣрно освѣщены. Освѣщеніе сверху фонаремъ во многоэтажныхъ зданіяхъ требуетъ много мѣста, иначе—почти всегда бываетъ неудовлетворительно. При проектированіи клѣтки лѣстницы необходимо обращать вниманіе на длину наружной стѣны по отношенію къ возможности помѣстить въ ней оконное отверстіе надлежащихъ размѣровъ.

7) Высота и ширина всѣхъ ступеней междуэтажной лѣстницы должны быть одинаковы; при этомъ высота ступеньки называется подступенькою, а ширина проступью.

На чер. 573 эти обѣ поверхности ступени обозначены буквами a и b.

§ 87.

По отношенію удобства ходьбы по лѣстницѣ самое главное значеніе имѣетъ вышина подступеньки и ширина проступи. Размѣры эти опредѣляются въ зависимости отъ длины шага (S) и человѣческой ступни (a). Въ этомъ отношеніи путемъ опыта получены слѣдующія среднія размѣры:

Для мужчины $S = 69$ см., $a = 27$ см.
„ женщины $S = 61$ „ $a = 24$ „
„ дѣтей $S = 54$ „ $a = 21$ „

Но такъ какъ лѣстницы обыкновенно предназначаются для пользованія всѣмъ безъ различія пола и возраста, то изъ приведенныхъ данныхъ приходится взять опять-таки среднюю величину, которую и принимаютъ:

для $S = 63$ см., для $a = 27$ см. или въ вершкахъ:
„ $S = 14$ верш.. $a = 6$ вершковъ.

Много сдѣлано опытовъ и наблюденій для опредѣленія такой зависимости между величинами a, b и S, при которой получается наиболѣе удобная лѣстница. Самое простое и давно извѣстное соотношеніе слѣдующее:

1) $$a + 2b = S.$$

Если принять $S = 14$ верш., $a = 6$ верш., то

$$6 + 2b = 14,$$

откуда получимъ

$$b = \frac{14 - 6}{2} = 4 \text{ верш.}$$

Слѣдовательно наибольшій, допускаемый для лѣстницы въ жилыхъ домахъ подъемъ ступеньки = 4 верш. (18 см.), а наименьшая ширина проступи = 6 верш. (27 см.).

*) Zeitschrift für Architectur-und Ingenieurwesen. 1903. H. 3.

Въ этомъ случаѣ $tg.\alpha$ угла наклона лѣстницы (чер. 573) къ горизонту $= \frac{4}{6} = 0{,}66$, т.-е. мы получаемъ полуторный уклонъ и уголъ $\alpha = \infty 33{,}5^0$. Но такая лѣстница затруднительна при всходѣ и допускается лишь для черныхъ лѣстницъ. Парадныя лѣстницы или внутреннія, для сообщенія между этажами одной квартиры дѣлаются съ меньшей высотой подступеньки.

Весьма удобна лѣстница съ двойнымъ уклономъ маршей, при которомъ $tg.\alpha = 0{,}5$, т.-е. $\alpha = 27^0$ и при подъемѣ b въ $3^1/_2$ верш. Слѣдоват. ширина проступи a получится

$$a = 2 \cdot 3{,}5 = 14 \text{ верш.}$$
$$a = 14 - 7 = 7 \quad \text{„}$$

Еще болѣе покойная лѣстница при высотѣ подступеньки въ 3 верш.; тогда ширина проступи должна быть въ 8 верш. При b менѣе 3 верш. (13 см.) лѣстница хотя и покойна для подъема, но неудобна для спуска по ней.

Dr. Mothes *) даетъ весьма интересную таблицу размѣровъ ступеней, полученную путемъ произведенныхъ имъ многочисленныхъ наблюденій, при чемъ указаны удобства или неудобства тѣхъ или другихъ размѣровъ, а также указываются тѣ ощущенія, которыя испытываются субъектомъ при пользованіи лѣстницами съ неудачными размѣрами. Изъ этой таблицы оказывается что какъ для всхода, такъ и для схода наиболѣе удобны слѣдующія отношенія и величины подступеньки b и проступи a:

если $a = 42$ см., то $b = 10$ см.
„ $a = 37$ „ то $b = 13$ „
„ $a = 34$ „ то $b = 17$ „

Проф. Nussbaum, въ цитированной выше статьѣ въ Zeitschrift fur Architektur- und Ingenieurwesen рекомендуетъ для разсчета лѣстницы руководствоваться формулой архит. Wilcke, а именно:

2) $$a + 2\frac{1}{3}b = S.$$

Принимая указанныя значенія для S, на основаніи этой формулы мы получаемъ слѣдующую таблицу, изъ которой между прочимъ видно, что при опредѣленіи ширины проступи мѣра, соотвѣтствующая длинѣ человѣческой ступни считается недостаточной и увеличивается для каменныхъ лѣстницъ на 3 см., а для деревянныхъ—на 5.

Таблица XXXV.

Для пользованія.	Длина шага въ см.	Длина ступни въ см.	Ширина проступа.		Высота подступень въ см.	$tg.\alpha$.
			Каменной лѣстницы въ см.	Деревянной лѣстницы въ см.		
Мужчинъ	69	27	30	32	18	$\frac{18}{27} = 0{,}667$
Женщинъ	61	24	27	29	16	$\frac{16}{24}$ и $\alpha = 32^0\,42'$
Дѣтей	54	21	24	25	14	$\frac{14}{21}$

*) R. Klette. Die Architektur der Treppen u. Treppenhäuser.

Таблица эта представляетъ интересъ при проектированіи женскихъ и дѣтскихъ учебныхъ заведеній, пріютовъ и т. п.

Проф. W. Lange, въ своей книжкѣ „der Bau der Treppen“ указываетъ формулу Warth'a, имѣющую такой видъ:

3) $$a + 1{,}33\ b = 52 \text{ см.}$$

Здѣсь уже вмѣсто опредѣленной длины шага взята условная величина = 52 см.

На основаніи этой формулы получаемъ слѣдующую таблицу, выражающую величину проступи a при заданномъ подъемѣ b въ сантиметрахъ:

Таблица XXXVI.

b	a	b	a
12	36	17	29,4
13	34	18	28
14	33,4	19	26,7
15	32	20	25,4
16	30,7	21	24

Изъ этой таблицы видно, что уже при подъемѣ въ 20 см., проступь получается такой ширины, что на ней ступня взрослаго человѣка не можетъ помѣститься.

Тотъ же ученый (проф. Lange) находитъ весьма удовлетворительными результаты, получаемые для размѣровъ проступи и подступеньки, по формулѣ, предложенной инженеромъ G. H. Bruns (въ Бременѣ), а именно:

4) $$a + 1{,}5\ b = 543 \text{ мм.}$$

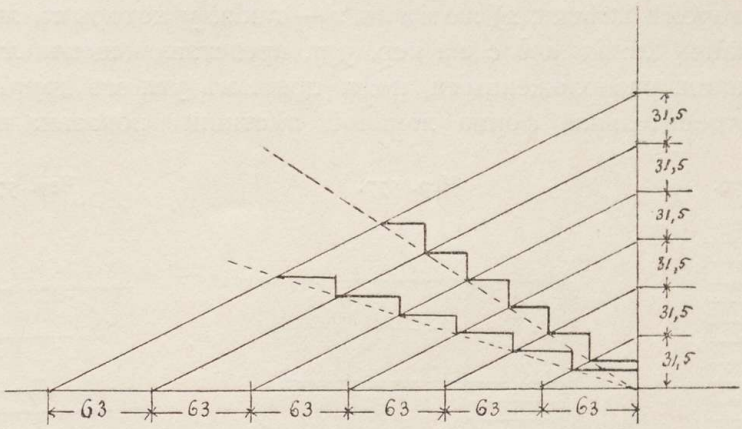
На основаніи этой формулы, при тѣхъ же заданныхъ подъемахъ (a), что и въ предшествующей таблицѣ, получаются, однако, нѣсколько иныя ширины проступи въ миллиметрахъ:

Таблица XXXVII.

b	a	b	a
120	365	170	290
130	350	180	275
140	335	190	260
150	320	200	245
160	305	209	232

Есть графическій весьма удобный способъ опредѣленія относительныхъ размѣровъ подъема и ширины ступеней при любомъ уклонѣ лѣстницы. Способъ этотъ основанъ на томъ, что человѣкъ, свободно дѣлая по горизонтальной плоскости шагъ въ 63 см., можетъ, однако, съ той же легкостью поднимать ногу на высоту, равную лишь половинѣ этой величины, т.-е. на 30—32 см. Поэтому, если на горизонтальной линіи (чер. 574) отложить извѣстное число частей, равныхъ каждая одному шагу, т.-е. 63 см.,

Чер. 574.



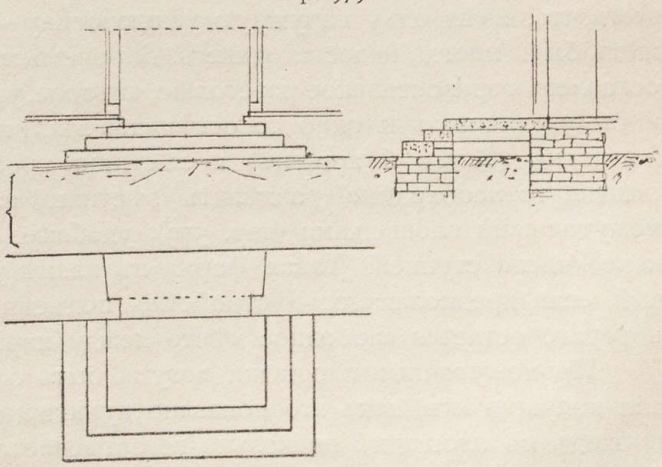
а на перпендикулярѣ, возставленномъ на одномъ изъ ея концовъ, намѣтить дѣленія равныя 31,5 см. и соединить точки дѣленія прямыми, то такое построеніе даетъ возможность получить размѣры подъема и ширины ступеней для лѣстницы съ любымъ наклономъ.

§ 88.

Раздѣленіе лѣстницъ и ихъ общій видъ. Лѣстницы можно раздѣлить по назначенію, по формѣ ихъ въ планѣ и по матеріалу.

По назначенію мы различаемъ: 1) наружныя лѣстницы или крыльца, располагаются внѣ зданія и служатъ для входа въ него. Въ обыкновенныхъ случаяхъ онѣ состоятъ изъ одной или нѣсколькихъ ступеней (чер. 475) и помѣщаются между горизонтомъ земли и уровнемъ пола 1-го этажа; при монументальныхъ же зданіяхъ (дворцахъ, церквахъ, музеяхъ и проч.) наружныя лѣстницы какъ по своимъ размѣрамъ, такъ и по числу ступеней, могутъ быть очень значительны; 2) внутреннія лѣстницы, служащія

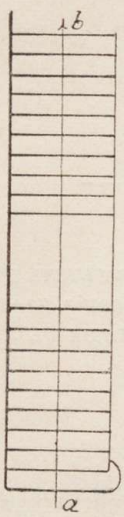
Чер. 575.



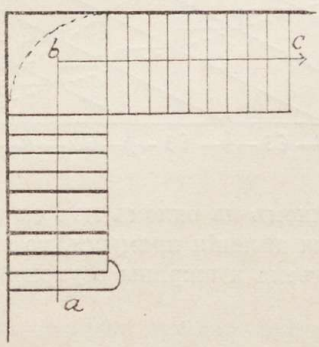
для сообщенія между этажами. Къ этимъ лѣстницамъ причисляются: парадныя или главныя лѣстницы, чистыя, черныя, чердачныя, подвальныя и проч.

По формѣ въ планѣ мы имѣемъ: 1) прямыя лѣстницы (чер. 576), у которыхъ первая, т.-е. входная ступенька (*a*) и послѣдняя (*b*) находятся на одной прямой линіи *ab*, проходящей посрединѣ маршей и площадки и называемой линіей всхода. Такая лѣстница некрасива и неудобна по своей формѣ для надлежащаго освѣщенія, если наружная стѣна находится на узкой сторонѣ клѣтки; 2) ломаныя — такія, у которыхъ линія всхода ломаная, напр., линія *a b c* на чер. 577, представляющемъ лѣстницу съ двумя маршами, расположенными подъ прямымъ угломъ другъ къ другу. Самая употребительная форма ломаной лѣстницы показана на чер. 578;

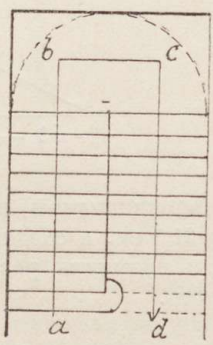
Чер. 576.



Чер. 577.



Чер. 578.

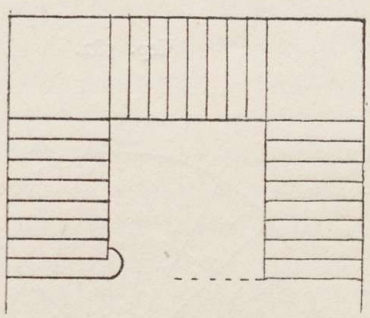


здѣсь марши расположены параллельно другъ другу и линія всхода выражается ломаной *a b c d*. Недостатокъ такой формы заключается лишь въ томъ, что, имѣя одну наружную узкую стѣну—освѣщеніе черезъ окно можетъ быть иногда недостаточнымъ. Впрочемъ между маршами можетъ быть оставлено горизонтальное разстояніе, которое, уширяяк лѣтку, даетъ возможность увеличивать и окно для освѣщенія лѣстницы. Если высота этажей значительна (болѣе 6 аршинъ) и лѣстница требуется покойная, легкая для всхода, то необходимо раздѣлить лѣстницу на три марша съ двумя промежуточными площадками (чер. 579); удобнѣе, если марши имѣютъ одинаковое число ступней. Такая форма въ планѣ удобна еще и въ томъ случаѣ, если предполагается устройство подъемника (лифта), для помѣщенія котораго остается свободное мѣсто между маршами.

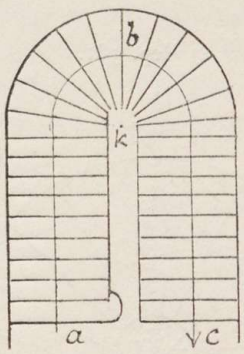
Промежуточныя площадки могутъ быть ограничены четвертью круга или полукругомъ, какъ это показано пунктирно на чер. 577 и 578. Этимъ проходъ по площадкѣ нисколько не затѣсняется, а между тѣмъ въ каменной кладкѣ, заполняющей углы, можно расположить ниши для помѣщенія приборовъ отопленіями искусственнаго освѣщенія или занять эти мѣста дымовой или вентиляціонной трубой.

3) Для сокращенія размѣра лѣстничной клѣтки по ея длинѣ, что можетъ быть вызвано недостаткомъ мѣста, промежуточной площадки не дѣлаютъ, а помѣщаютъ такъ называемыя забѣжныя ступеньки (чер. 580), которыхъ ширина по линіи всхода (*a b c*) должна равняться ширинѣ прямыхъ ступеней. Такія ступеньки неудобны; въ особенности при спускѣ съ лѣстницы, такъ какъ ширина ихъ по мѣрѣ приближенія къ центру *k* (чер. 580) уменьшается и становится недостаточной для установки ноги. Въ противоположномъ концѣ ширина ступени, наоборотъ, увеличивается и далеко переходитъ необходимую. Въ этомъ случаѣ особенно цѣлесообразно

Чер. 579.



Чер. 580.



дѣлать закругленіе лѣстничной клѣтки на поворотѣ, чѣмъ значительно сокращается длина и ширина ступеней, а слѣдовательно и расходы на устройство лѣстницы. Узкій конецъ проступи забѣжной ступеньки во всякомъ случаѣ не долженъ быть менѣе 10 см.

§ 89.

Чтобы до извѣстной степени избѣжать описанныя неудобства забѣжныхъ маршей, необходимо, во-1-хъ, допускать ихъ устройство лишь при условіи горизонтальнаго разстоянія между параллельными маршами по крайней мѣрѣ въ $^1/_4$ ихъ ширины и, во-2-хъ, прибѣгать къ регулировкѣ ступеней такой лѣстницы по одному изъ слѣдующихъ простыхъ графическихъ способовъ *), основанныхъ на пропорціональномъ уширеніи концовъ забѣжныхъ ступеней за счетъ ширины прямыхъ.

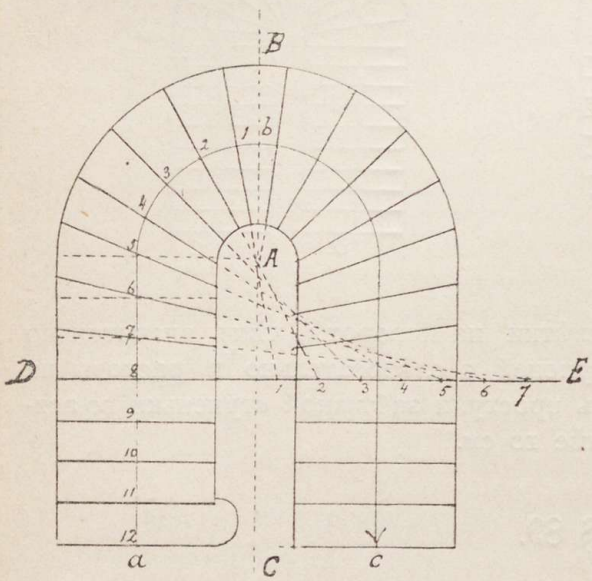
Положимъ (чер. 581), что мы имѣемъ лѣстницу съ поворотомъ въ два параллельныхъ марша, между которыми оставленъ небольшой промежутокъ. Требуется регулировать ширину забѣжныхъ ступенекъ, замѣняющихъ промежуточную площадку.

Проводимъ посрединѣ марша (чер. 581) линію всхода *a b c*, на которой и наносимъ ширины проступей, начиная съ вершины закругленія, распредѣляя ступени такъ, чтобы вертикальная линія *BC* раздѣляла сред-

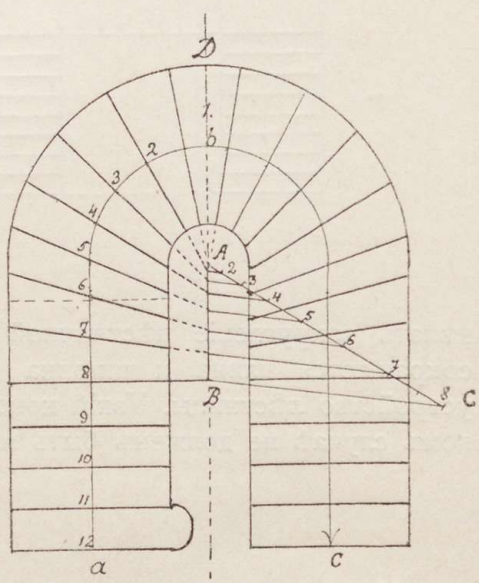
*) Этихъ способовъ нѣсколько, но мы приводимъ лишь самые простые.

нюю ступеньку по ея ширинѣ на двѣ равныя части. Такимъ образомъ получимъ дѣленія 1, 2, 3, 4 и т. д. Чѣмъ больше прямыхъ ступеней войдетъ въ регулировку, тѣмъ удобнѣе будетъ лѣстница и тѣмъ незамѣтнѣе будетъ переходъ отъ прямыхъ ступеней къ забѣжнымъ. Въ данномъ случаѣ изъ прямыхъ ступеней, показанныхъ на чер. 581 пунктирно, мы захватываемъ три—6, 7 и 8. Проведя горизонтальную линію *DE*, ограждающую прямую ступеньку № 8, съ которой мы начинаемъ регулировку, соединяемъ центръ *A* съ дѣленіями 1 и 2 на линіи всхода. Продолжая эти линіи до пересѣченія съ горизонтальной *DE* получимъ на ней отрѣзокъ 1—2, откладывая который по направленію отъ *D* къ *E*, получаемъ точки 3, 4, 5, 6 и 7. Затѣмъ, соединяемъ эти точки прямыми линіями съ соотвѣтствующими

Чер. 581.



Чер. 582.



по номерамъ точками, намѣченными по кривой всхода и при этомъ получаемъ въ горизонтальной проекціи форму проступей забѣжныхъ ступеней лѣвой половины лѣстницы. Такое же построеніе повторяютъ и для правой половины лѣстницы.

Другой способъ (чер. 582) регулировки забѣжныхъ ступеней состоитъ въ слѣдующемъ: начиная отъ (.) *b* по линіи всхода откладываютъ ширину проступей согласно принятой нормы, но такъ, чтобы вертикальная линія *DB* раздѣляла среднюю ступеньку № 1 вдоль на двѣ равныя части. Затѣмъ, задавшись числомъ прямыхъ ступеней, входящихъ въ регулировку (въ данномъ случаѣ три ступеньки: 6, 7 и 8) и, получивъ такимъ образомъ отрѣзокъ *AB* отъ вертикальной линіи *DB*, проводятъ къ этому отрѣзку наклонную *AC*, произвольной длины, подъ какимъ-нибудь острымъ угломъ, и на ней наносятъ 7 дѣленій, соотвѣтственно семи регулируемымъ ступенькамъ, въ любомъ масштабѣ, но такъ чтобы размѣры этихъ дѣленій

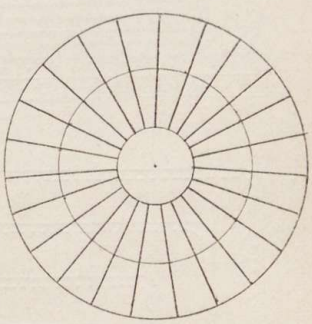
послѣдовательно увеличивались на 1, при чемъ отъ точки A первое дѣленіе должно равняться 2, второе—3, третье—4 и т. д.

Соединивъ (.) C съ (.) B и проведя изъ каждой точки дѣленія линіи параллельныя BC, мы получимъ на вертикалѣ AB соотвѣтствующіе отрѣзки. Затѣмъ остается только соединить точки дѣленія съ точками 2, 3, 4 и т. д. на линіи всхода и продолжить ихъ до стѣны, окружающей клѣтку, чтобы получить размѣры и форму проступей забѣжныхъ ступеней въ горизонтальной проекціи.

4) Винтовыя лѣстницы, имѣютъ ступеньки, расположенныя по винтовой линіи, а въ планѣ—по радіусамъ (чер. 783); слѣдов. каждая ступенька получаетъ видъ усѣченнаго клина. Такія лѣстницы могутъ быть или открытыя, или огражденныя криволинейными стѣнами; а внутри ихъ ставится вертикальный столбъ, который и служитъ для поддержанія концовъ ступеней.

Винтовыя лѣстницы состоятъ сплошь изъ забѣжныхъступеней; поэтому, согласно строительнымъ правиламъ, минимальная ихъ ширина, для большей безопасности ходьбы должна быть увеличина сравнительно съ прямыми лѣстницами.

Чер. 583.



Эта ширина требуется не меньше 2 аршинъ; слѣдов. вмѣстѣ со среднимъ столбомъ, каменная винтовая лѣстница должна имѣть діаметръ не менѣе 5 аршинъ. Вообще эти лѣстницы во всѣхъ отношеніяхъ неудобны. Проф. Nussbaum, съ гигіенической точки зрѣнія, признаетъ винтовыя лѣстницы вредными, какъ причиняющія головокруженія у нѣкоторыхъ субъектовъ. Такая форма лѣстницъ примѣняется лишь въ крайнихъ, совершенно безвыходныхъ случаяхъ, за невозможностью имѣть лѣстницу иной конструкціи.

На практикѣ главнымъ образомъ распространены металлическія винтовыя лѣстницы изъ чугуна или желѣза; въ рѣдкихъ случаяхъ примѣняется камень.

По матеріалу лѣстницы раздѣляются на каменныя (изъ естеств. и искусств. камня), металлическія (чугунныя или желѣзныя) и деревянныя.

§ 89.

1) **Устройство каменныхъ лѣстницъ. Крыльца.** Наибольшее распространеніе на практикѣ имѣютъ каменныя лѣстницы. Въ каменныхъ домахъ, на основаніи правилъ строительнаго устава, онѣ обязательны черезъ каждыя 12 саж. по длинѣ строенія, размѣщая лѣстницы такъ, чтобы изъ каждой квартиры былъ выходъ на несгораемую лѣстницу, окруженную со всѣхъ четырехъ сторонъ каменными стѣнами.

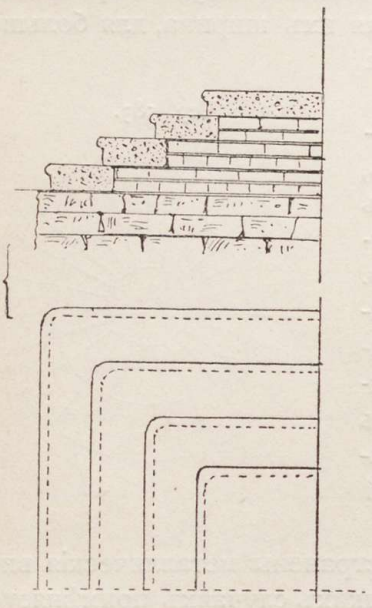
Всякая лѣстница по своей конструкціи состоитъ изъ ступеней, составляющихъ марши, площадокъ и поддерживающихъ частей.

Каменныя лѣстницы могутъ быть раздѣлены на лѣстницы изъ естественнаго камня (известняка, песчаника, гранита, мрамора и т. д.) и искусственнаго, при чемъ ступеньки послѣднихъ состоятъ или изъ сплошного искусственнаго камня (цементной массы, терракоты) или изъ отдѣльныхъ мелкихъ камней (кирпича).

А) **Наружныя каменныя лѣстницы** (крыльца), какъ было уже сказано выше, устраиваются передъ входными дверями и служатъ для всхода отъ уровня земли (тротуара) до уровня пола нижняго этажа зданія.

Такъ какъ наружныя лѣстницы непосредственно подвергаются дѣйствію перемѣны температуры, дождя, снѣга и т. д., то матеріалъ для нихъ долженъ быть выбранъ наиболѣе прочный и долговѣчный. Для этой цѣли можетъ служить песчаникъ и гранитъ. Изъ известняковъ можетъ быть рекомендована путиловская плита (въ С.-Петербургѣ), тарусскій камень (въ Москвѣ) и друг. Устройство наружнаго крыльца изъ кирпича или какого-либо другого слабаго камня рѣшительно не можетъ быть рекомендовано, какъ нецѣлесообразное и непрактичное. Если устройство кирпичнаго крыльца вызывается экономическими соображеніями, какъ болѣе дешевое, то кирпичъ для образованія ступенекъ располагается на ребро, а проступь покрывается слоемъ цементнаго раствора, состава 1 ч. цем., 2 ч. песка; при этомъ только при самой тщательной работѣ можно ожидать, что цементъ будетъ крѣпко удерживаться на поверхности кирпича и не будетъ отскакивать.

Чер. 584.



Гораздо практичнѣе, хотя и немного дороже, облицовывать какъ проступь, такъ и подступеньку терракотовыми плитками, имѣющими, сравнительно съ обыкновеннымъ кирпичомъ, значительно большую твердость; при этомъ и самое крыльцо получаетъ болѣе красивый видъ.

Какъ показано на чер. 15, листъ 24, въ разрѣзѣ, ступеньки образуются расположеніемъ кирпича на ребро; затѣмъ для облицовки подступеньки ставятся вертикально лещадки и захватываются валиками горизонтальныхъ лещадокъ проступи. Вся облицовка ведется на цементномъ растворѣ.

На чер. 584 представлено крыльцо, имѣющее всходы съ трехъ сторонъ и состоящее изъ массивныхъ каменныхъ ступеней и такой же площадки. Поддерживающая часть въ такихъ случаяхъ дѣлается изъ кирпичнаго массива, расположеннаго на бутовомъ фундаментѣ.

Фундаментъ подъ крыльца, несмотря на незначительный вѣсъ ихъ, долженъ быть заложенъ на материкѣ, одновременно съ возведеніемъ об-

щихъ фундаментовъ зданія и ниже линіи промерзанія грунта; въ особенности при глинистой почвѣ, имѣющей свойство выпучиваться.

Къ постройкѣ самаго крыльца слѣдуетъ приступать не ранѣе, какъ послѣ окончанія зданія вчернѣ, когда его главная осадка прекратится; въ противномъ случаѣ, вслѣдствіе большей осадки самаго зданія, какъ болѣе грузнаго, въ каменной кладкѣ крыльца могутъ обнаружиться трещины.

Если ступеньки состоятъ изъ цѣльнаго камня, то для поддержанія ихъ нѣтъ надобности въ устройствѣ сплошныхъ каменныхъ массивовъ, а можно ограничиться лишь возведеніемъ боковыхъ стѣнокъ (чер. 14, л. 24), въ которыя и задѣлываются концы ступеней вершка на 3. Фундаменты при этомъ закладываются только подъ стѣнки и подъ первую ступень. При ширинѣ крыльца настолько значительной, что ступеньки приходится дѣлать изъ двухъ камней, стыкая ихъ по длинѣ, для поддержанія этихъ стыковъ возводится, кромѣ боковыхъ, еще и третья стѣнка посрединѣ марша.

Для устраненія затеканія дождевой или снѣговой воды, сопряженіе между ступеньками дѣлается, какъ показано на чер. 14. Затекая въ швы и замерзая, вода раздвигаетъ ступеньки.

На чер. 11, 12 и 13, листъ 24, представлено крыльцо, въ которомъ поддерживающая ступеньки конструкція состоитъ изъ ползучаго или лучковаго свода, коего пяты расположены на разныхъ высотахъ: нижняя выпускная пята устроена на фундаментѣ подъ входной ступенькой, а верхняя—въ цоколѣ строенія. Затѣмъ, по верхней поверхности свода дѣлается кирпичная кладка, соотвѣтственно размѣрамъ каменныхъ ступеней на ней располагаемыхъ. Такое крыльцо можетъ быть съ двухъ боковъ открыто; боковыя каменныя стѣнки, показанныя на нашемъ чертежѣ, имѣютъ лишь декоративное значеніе и придаютъ всей конструкціи большую законченность.

Крыльцо передъ входной дверью непремѣнно должно имѣть площадку такихъ размѣровъ, чтобы человѣкъ, отворяя дверь внаружу, свободно могъ помѣститься на площадкѣ.

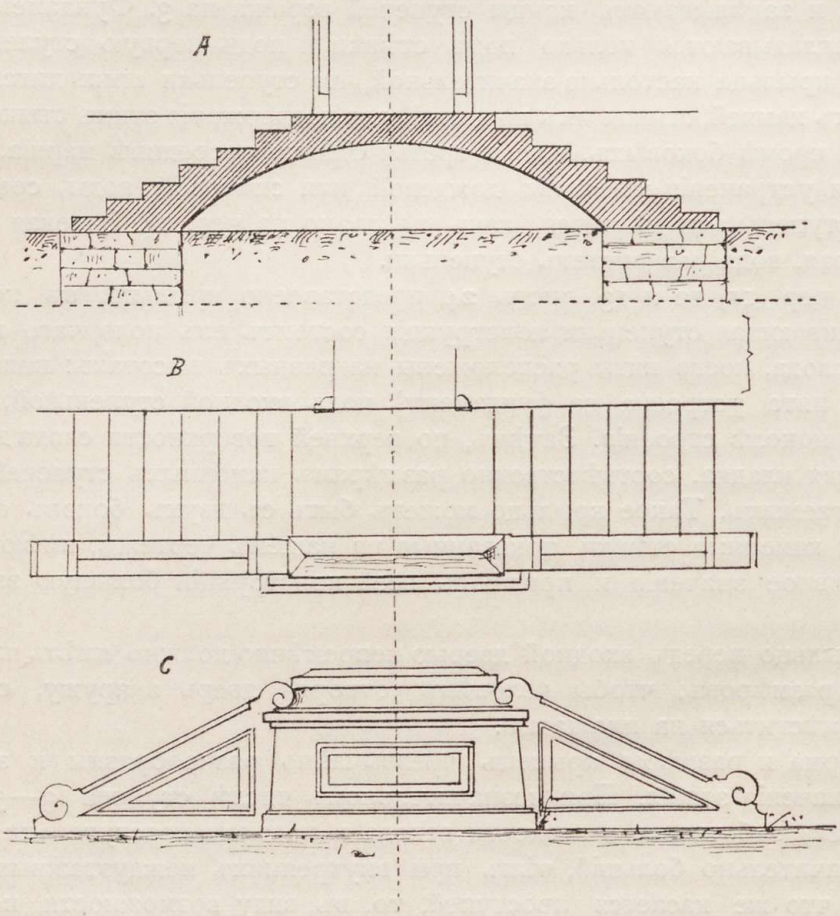
Форма и размѣры крылецъ чрезвычайно разнообразны и зависятъ отъ назначенія зданія. При незначительномъ числѣ ступней (3—5), нѣтъ надобности заботиться о легкости всхода и подъемъ подступеньки можетъ быть значительно большій, чѣмъ при внутреннихъ междуэтажныхъ лѣстницахъ; что же касается проступей, то, въ виду возможности поскользнуться во время гололедки, ширина ихъ не должна быть менѣе 8 верш., чтобы нога свободно, даже съ нѣкоторымъ запасомъ, на ней помѣщалась.

Для городскихъ обывательскихъ домовъ, если фасадъ располагается по красной линіи, т.-е. линіи, опредѣляющей ширину улицы, выступающія крыльца, чтобы не затѣснять тротуара, на основаніи правилъ строительнаго устава, не дозволяются. Дозволяется лишь одна ступенька шириною въ 8 верш.

При значительной длинѣ маршей крыльца удобнѣе располагать не перпендикулярно, а параллельно къ строенію, какъ показано на чер. 585; при чемъ всходы могутъ быть съ одной или съ двухъ сторонъ. При такомъ устройствѣ крыльцо выступаетъ со стѣны только на ширину марша, давая

возможность, не увеличивая выступа, имѣть площадку передъ дверью надлежащихъ размѣровъ. Поддерживающая конструкція можетъ быть или въ видѣ сплошной массы каменной кладки, или, если ступеньки изъ цѣльнаго камня, то концы ихъ задѣлываются въ стѣны. На чертежѣ 585 поддерживающая часть состоитъ исъ плоскаго свода, котораго пяты расположены на особомъ фундаментѣ, а толщина въ замкѣ, при пролетѣ до 2-хъ саж., можетъ быть не болѣе $^1/_2$ кирпича съ утолщеніемъ къ пятамъ до 1 кирп.

Чер. 585.



Сводъ можетъ быть открытымъ, если подъ нимъ находится окно для освѣщенія подвала, или закрытымъ вертикальною стѣнкою, какъ это и показано на чер. 585 *c*. Здѣсь стѣнка выведена изъ кирпича и оштукатурена цементнымъ растворомъ.

§ 90.

B). **Внутреннія** или **междуэтажныя каменныя** лѣстницы можно раздѣлить по конструкціи на слѣдующіе виды:

1) Лѣстницы, коихъ площадки и марши поддерживаются желѣзными балками и косоурами.

2) **Висячія лѣстницы** т.-е. такія, коихъ ступеньки, состоя изъ цѣльнаго камня, задѣлываются однимъ концомъ въ стѣну; другой же конецъ остается свободнымъ.

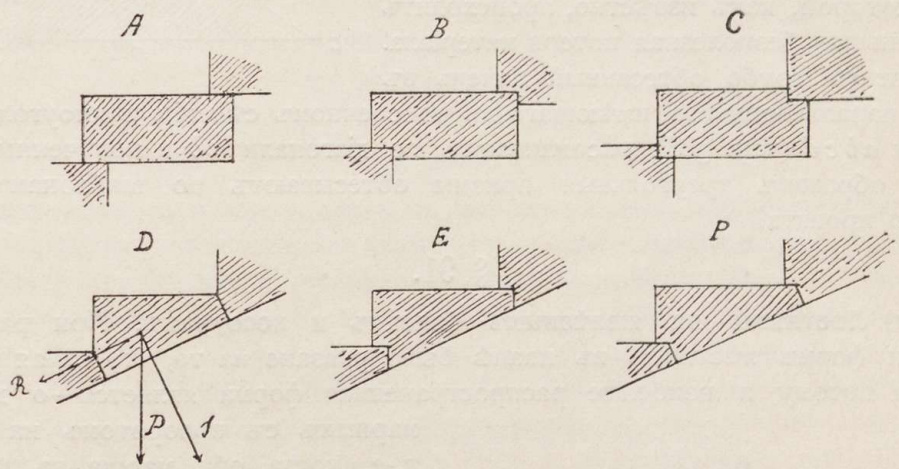
3) **Лѣстницы на сводахъ** кирпичныхъ или бетонныхъ. Желѣзо-бетонныя лѣстницы.

4) **Лѣстницы со ступеньками, задѣланными обоими концами въ стѣну.**

5) **Металлическія лѣстницы.**

Ступеньки для внутреннихъ каменныхъ лѣстницъ въ большинствѣ случаевъ дѣлаются изъ цѣльнаго обтесаннаго камня, придавая ему въ поперечномъ сѣченіи форму прямоугольника или треугольника. Ступеньки между собой сопрягаются простой накладкой (чер. 586 *A*), или въ четверть (*B* и *C*); послѣднее сопряженіе хотя и дороже, но болѣе прочно, такъ какъ предупреждаетъ сдвигъ ступеньки.

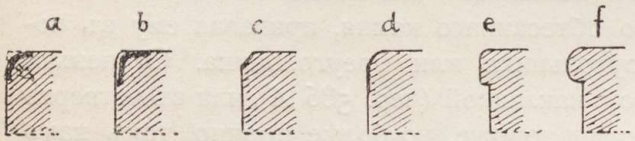
Чер. 586.



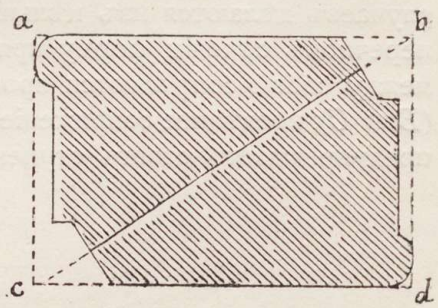
При устройствѣ висячихъ лѣстницъ, а также на желѣзныхъ, поддерживающихъ ихъ косоурахъ, для уменьшенія собственнаго вѣса и для сбереженія каменнаго матеріала (напримѣръ, при мраморныхъ лѣстницахъ), ступенькамъ въ поперечномъ сѣченіи придаютъ треугольную форму (чер. 586 *D*, *E* и *F*) и сопряженіе по длинѣ устраиваютъ по одному изъ показанныхъ трехъ способовъ (*D*, *E*, *F*), изъ коихъ первый способъ (сопряженіе въ притыкъ) состоитъ въ обдѣлкѣ сопрягающихъ плоскостей перпендикулярно къ линіи наклона маршей. Грузъ ступеньки *P*, вертикально направленный, разложится на двѣ составляющія *R* и *S* (чер. *D*); плоскость стыка должна быть расположена перпендикулярно къ направленію слагающей *R*. Нельзя не замѣтить, что сопряженіе ступней, показанное на чер. *F*, наиболѣе цѣлесообразно, такъ какъ здѣсь имѣется противодѣйствіе какъ сдвигу, такъ и скольженію по плоскости шва. Сопряженіе, показанное на чер. *E*, хотя и имѣетъ нѣкоторыя практическія преимущества, но даетъ острый уголъ, чего вообще надо избѣгать при каменныхъ работахъ.

Внѣшнее ребро ступеней больше всего подвергается изнашиванію, поэтому при слабыхъ породахъ камней и лѣстницахъ, предназначенныхъ для большой ходьбы, напримѣръ, на фабрикахъ, заводахъ, казармахъ и т. п., этотъ уголъ обдѣлывается желѣзомъ, какъ показано на чер. 587 *a* и *b*. Во всякомъ случаѣ этотъ уголъ надо или скосить наклонной плоскостью (чер. *c*), или закруглить (чер. *d*, *e*, *f*). При болѣе парадныхъ лѣстницахъ ступеньки украшаютъ валиками (*e* и *f*).

Чер. 587.



Чер. 588.

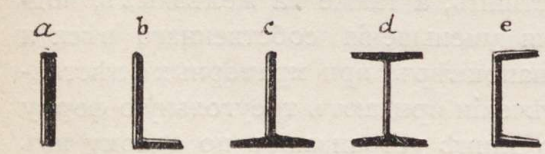


При приготовленіи ступеней изъ естественнаго камня примѣняютъ распиловку, при которой, какъ извѣстно, происходитъ наименьшая безполезная потеря матеріала. Для этого грубо обтесанный камень въ видѣ параллелепипеда, имѣющаго въ поперечномъ сѣченіи прямоугольную форму *a b c d* (чер. 588), распиливаютъ по діагонали *c b* и полученныя такимъ образомъ треугольныя призмы обтесываютъ по шаблонамъ согласно проекта.

§ 91.

1) **Лѣстницы на желѣзныхъ балкахъ и косоурахъ.** При разсмотрѣніи формъ лѣстницъ въ планѣ было указано на то, что самая удобная, а потому и наиболѣе распространенная форма является—о двухъ маршахъ съ поворотомъ на 180°, т.-е. когда оба марша въ планѣ другъ другу параллельны (чер. 1 и 2 листъ 25). Возьмемъ именно этотъ случай для болѣе подробнаго поясненія какъ расчета, такъ и конструкціи каменныхъ маршей и площадокъ, основанныхъ на желѣзныхъ балкахъ. Для поддержанія ступеней эти балки ставятся въ наклонномъ положеніи, отъ площадки до площадки, и носятъ названіе косоуровъ. Для этой цѣли можетъ примѣняться (чер. 589) полосовое, угловое, тавровое, двутавровое и швеллерное желѣзо. Изъ перечисленныхъ сортовъ прокатнаго желѣза наибольшее примѣненіе имѣютъ полосовое, двутавровое и швеллерное.

Чер. 589.



§ 92.

Разбивка лѣстницы и опредѣленіе размѣровъ ступеней, маршей и лѣстничной клѣтки.

Требуется устроить каменную лѣстницу (чер. 1 и 2, листъ 25) на желѣзныхъ косоурахъ въ 2 марша, каждый шириною въ два аршина, съ одинаковымъ числомъ ступеней, при высотѣ между этажами отъ пола 1-го этажа до пола 2-го этажа 6 арш. 12 в. (108 верш.).

Концы ступней каждаго марша расположены на желѣзныхъ косоурахъ. Прежде всего надо опредѣлить число ступеней, для чего задаемся высотой подступеньки. Положимъ, что для даннаго случая, обыкновенной чистой лѣстницы, эта высота можетъ быть принята въ 3,5 верш. Такъ какъ марши должны быть съ одинаковымъ числомъ ступней, то промежуточная площадка будетъ на половинѣ высоты, т.-е. на высотѣ $\frac{108}{2} = 54$ верш.

Раздѣлимъ эту высоту на высоту каждой ступеньки для полученія числа ступеней— $n = \frac{54}{3{,}5} = 15{,}4$, въ цѣломъ числѣ 16, а слѣдовательно, болѣе точно:

$$b = \frac{54}{16} = 3\,^3/_8 \text{ верш. (15 см.).}$$

Ширину (a) проступи опредѣлимъ по формулѣ

$$a + 2\,b = 14$$

слѣдовательно $a + 2 \times 3\,^3/_8 = 14$,

откуда $a = 14 - 6\,^3/_4 = 7\,^1/_4$ верш.

Какъ видно изъ чер. 1 листа 25, изображающаго продольный, вертикальный разрѣзъ лѣстницы, послѣдняя ступенька каждаго марша входитъ въ ширину междуэтажной и верхней площадки, поэтому число горизонтальныхъ проекцій проступей въ маршѣ (чер. 2, планъ лѣстницы) будетъ равно числу подъемовъ безъ 1, а такъ какъ всѣхъ подъемовъ 16, то длина горизонтальной проекціи марша получается равной:

$$(16-1).\ 7\,^1/_4 = 108{,}75 \sim 109 \text{ верш.,}$$

т.-е 6 арш. 13 верш.

Ширина площадокъ должна быть равна ширинѣ маршей, т.-е. 2 арш. слѣдовательно длина всей клѣтки должна быть:

6 арш. 13 в. + 4 арш. = 10 арш. 13 в.

Ширина клѣтки, если горизонтальное разстояніе между маршами сдѣлать = 7 в., опредѣляется въ 4 арш. 7 в.

Примѣчаніе. Если лѣстница служитъ для нѣсколькихъ этажей различной высоты, то для каждаго этажа число ступеней желательно имѣть одинаковое, для чего опредѣляютъ среднюю высоту этажей и дѣлятъ ее на заданный подъемъ подступеньки. Полученное число и принимаютъ за число ступеней для каждаго этажа, что даетъ возможность опредѣлить болѣе точно подъемъ ступеней для лѣстницъ каждаго этажа.

Напримѣръ, положимъ, что мы имѣемъ 4-хъэтажное зданіе, въ которомъ между полами:

1 и 2 этажа $h = 108$ верш.
2 и 3 „ $h = 100$ „
3 и 4 „ $h = 80$ „

Вся высота $H = 288$ верш.

Слѣдовательно, раздѣляя на число этажей, средняя высота этажа $= \frac{288}{3} = 96$ в.

Подъемъ ступеньки заданъ въ 3 верш.; поэтому число ступеней для каждаго этажа равно $\frac{96}{3} = 32$ ступени, а точные подъемы проступей:

До 2-го этажа $\frac{108}{32} = 3^3/_8$ верш.

„ 3-го „ $\frac{100}{32} = 3^1/_8$ „

„ 4-го „ $\frac{80}{32} = 2^1/_2$ „

Такимъ образомъ чѣмъ выше расположенъ этажъ, тѣмъ покойнѣе къ нему лѣстница, что вполнѣ цѣлесообразно для облегченія всхода даже слабымъ людямъ.

Разбивку лѣстницъ обыкновенно производятъ расчерчиваніемъ на стѣнахъ лѣстничной клѣтки точное положеніе и размѣры площадокъ и ступеней или же на особыхъ доскахъ и рейкахъ. Затѣмъ приготовляютъ шаблоны и по нимъ обтесываютъ ступеньки.

§ 93.

Косоуры и площадочныя балки.

Для поддержанія ступеней лѣстницы, изображенной на чер. 1 и 2, листъ 25,—косоурами служатъ двѣ наклонно расположенныя двутавровыя балки, при чемъ въ первомъ маршѣ нижніе концы ихъ упираются въ особый фундаментъ, а верхніе, посредствомъ угольниковъ, привинчиваются болтиками къ горизонтально расположенной балочкѣ, поддерживающей промежуточную площадку.

Въ слѣдующемъ маршѣ оба конца косоуровъ прикрѣплены къ площадочнымъ балкамъ. Вмѣсто особаго фундамента подъ первую входную ступеньку лѣстницы, если грунтъ слабый и материкъ залегаетъ глубоко,—выгоднѣе тоже располагать двутавровыя балочки и устраивать площадку и первую ступень такъ же, какъ и промежуточныя площадки, т.-е. между двумя желѣзными балочками перекинуть кирпичный плоскій сводикъ въ $^1/_2$ кирпича, на немъ приготовить подбутку изъ тощаго бетона и выстлать каменными плитами. При этомъ косоуръ упирается въ балку и съ ней скрѣпляется.

Если же подъ первую ступеньку устраивается особый фундаментъ, то слѣдуетъ позаботиться о приспособленіяхъ для передачи давленія косоура на каменную кладку, точно такъ же какъ это было указано при укладкѣ желѣзныхъ балокъ, т.-е. необходимо подложить чугунныя или желѣзныя подкладки для распредѣленія давленія на большую площадь, соотвѣтственно сопротивленію каменной кладки раздавливанію. Кромѣ того, при дѣйствіи временной нагрузки можетъ проявляться и горизонтальное усиліе, способное сдвинуть конецъ косоура, поэтому подкладка должна быть закрѣплена. На чер. 3 и 4, листъ 25, представленъ съ боку и съ торца конецъ косоура съ прикрѣпленіемъ къ нему угольниками горизонтальной желѣзной под-

кладки, расположенной на чугунной подушкѣ. Послѣдняя съ нижней стороны имѣетъ выступающее ребро, входящее въ желобокъ камня, назначеніе коего то же, что и при укладкѣ желѣзныхъ балокъ.

На чер. 5 чугунная подушка отсутствуетъ; имѣется лишь желѣзная подкладка и къ ней прикрѣпленъ угольникъ *a*, образуя выступающее ребро, задѣланное въ каменную кладку фундамента.

Такъ какъ наклонъ маршей обыкновенно бываетъ больше угла тренія, то при свободномъ расположеніи ступеней на двухъ косоурахъ, безъ задѣлки ихъ концовъ, на фундаментъ подъ первую ступеньку будетъ передаваться и давленіе отъ всѣхъ остальныхъ ступеней марша; поэтому на устройство фундамента подъ первую ступеньку надо обратить особое вниманіе.

Ступеньки могутъ поддерживаться или двумя косоурами, или однимъ; въ послѣднемъ случаѣ одинъ конецъ ступени задѣлывается въ стѣну, а другой располагается на косоурѣ. Такая конструкція во всѣхъ отношеніяхъ выгоднѣе. Она требуетъ меньше желѣза и вмѣстѣ съ тѣмъ даетъ бо̀льшую устойчивость лѣстницѣ; но зато требуетъ пробивки въ стѣнѣ гнѣздъ глубиною около 3 верш. Такая пробивка допустима лишь при толщинѣ стѣны не менѣе 2-хъ кирпичей.

При устройствѣ маршей на двухъ косоурахъ нѣтъ надобности вводить концы ступенекъ въ стѣну.

Для устройства лѣстничныхъ площадокъ располагаются двутавровыя балки, служащія вмѣстѣ съ тѣмъ опорой для концовъ косоуровъ (чер. 8, листъ 25). Для большаго удобства прикрѣпленія косоура, идущаго вверхъ, конецъ его нѣсколько изогнутъ. У стѣны самое удобное располагать швеллеръ, что и показано на нашемъ чертежѣ. Между этими балками дѣлается заполненіе по общему способу устройства несгораемыхъ покрытій. Въ большинствѣ случаевъ перекидываются кирпичные или бетонные сводики. Поверхъ ихъ наносится тощій щебеночный бетонъ, на который настилается полъ изъ лещадокъ каменныхъ, терракотовыхъ, цементныхъ и т. п.

Такъ какъ весь грузъ, передающійся на швеллерную балочку состоитъ только изъ половины вѣса самой площадки, то ее поперечное сѣченіе значительно меньше, чѣмъ двутавровой (чер. 8, листъ 25), которая, кромѣ того, воспринимаетъ грузъ отъ двухъ маршей и собственный вѣсъ ступеньки на ней лежащей.

Сопряженіе ступеней по длинѣ показано на чер. 7 и 8.

§ 94.

Размѣры поперечныхъ сѣченій косоуровъ и площадочныхъ балокъ *). Чтобы опредѣлить размѣръ косоуровъ, прежде всего необходимо знать грузъ, который на нихъ дѣйствуетъ. Онъ состоитъ, во-1-хъ, изъ собственнаго вѣса ступеней и, во-2-хъ, изъ толпы людей, идущихъ по лѣстницѣ.

*) Для простоты расчета всѣ мѣры на чертежѣ 1 и 2, листъ 25, переведены въ круглыхъ числахъ на метры.

Для опредѣленія временной нагрузки покрытій мы принимали толпу людей въ числѣ 9 человѣкъ на кв. саж.; здѣсь же, на лѣстницѣ, надо принять вдвое больше, то-есть minimum 18 человѣкъ на кв. саж. проекціи марша.

На чер. 7 пунктирно обозначенъ прямоугольникъ *abcd*, имѣющій вышину 15 см., равную высотѣ подступеньки, а ширину 30 см., равную ширинѣ проступи. Такимъ образомъ, опредѣляя объемъ марша, мы можемъ его разсматривать, какъ горизонтальную площадку, состоящую изъ сплошнаго камня толщиною въ 15 см. Принимая вѣсъ 1 куб. м. известковаго камня= =2500 кг., получаемъ собственный вѣсъ марша:

$$p' = 2500 \times 0{,}15 = 375 \text{ кг.}$$

Грузъ отъ толпы людей, считая средній вѣсъ человѣка въ 4 пуда, выраженный въ килограммахъ:

$$p'' = 255 \text{ кг. на 1 кв. м.}$$

Сложный вѣсъ всего марша вмѣстѣ со временной нагрузкой

$$p = p' + p'' = 375 + 255 = 630 \text{ кг.}$$

Круглымъ числомъ 650 кг. на квад. м. горизонтальной проекціи марша.

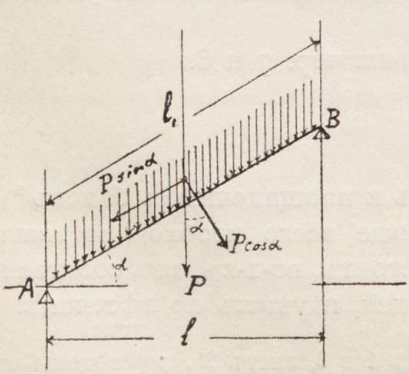
Если l—длина марша въ планѣ, а b—его ширина, то на каждый косоуръ переходитъ по половинѣ всего груза, т.-е.

$$P = \frac{plb}{2}.$$

При расчетѣ наклонныхъ стропилъ, какъ наклонно расположенныхъ балокъ, было указано, что при этомъ наклонъ балки не имѣетъ вліянія на величину сгибающаго момента, который берется въ зависимости отъ горизонтальной проекціи этой балки.

Дѣйствительно, представимъ себѣ наклонную балку, длиною l_1 (чер. 590) съ равномѣрно распредѣленнымъ на ней грузомъ, котораго равнодѣйствующая $= P$. Грузъ этотъ разложится на двѣ составляющія: $P\sin\alpha$ и $P\cos\alpha$, изъ коихъ послѣдняя вызоветъ моментъ изгиба M

Чер. 590.



$$M = \frac{P\cos\alpha \; l_1}{8}$$

Но $$l_1 = \frac{l}{\cos\alpha}$$

Поэтому $$M = \frac{P\cos\alpha}{8} \cdot \frac{l}{\cos\alpha} = \frac{Pl}{8}$$

Слѣдовательно, если M выразить въ сантиметрахъ, P въ килогр., а b и l въ метрахъ, то мы будемъ имѣть

$$M = \frac{Pl}{8} 100.$$

При $p = 650$ кг. на кв. метръ, получимъ

$$M = \frac{650 \cdot b \cdot l}{2} \cdot \frac{100 \cdot l}{8} = \infty 4000\, bl^2.$$

Этотъ моментъ внѣшнихъ силъ долженъ равняться моменту сопротивленія внутреннихъ силъ въ поперечномъ сѣченіи косоура, поэтому

$$4000\, bl^2 = RW,$$

гдѣ R—прочное сопротивленіе желѣза на изгибъ, откуда

$$W = \frac{4000 \cdot bl^2}{R}.$$

Если R приравнять 1000 кг. на кв. см., мы получимъ простое выраженіе для W:

$$W = 4\, bl^2.$$

Въ нашемъ случаѣ, по отношенію къ лѣстницѣ, изображенной на ч. 1 и 2, лист. 25, $l = 4{,}5$ м., а $b = 1{,}5$ м., слѣдов.

$$W = 4 \cdot 1{,}5 \cdot 4{,}5^2 = 121{,}5 \text{ см.}^3$$

Этому моменту сопротивленія соотвѣтствуетъ балка № 17, вѣсомъ 19,7 кг. пог. метръ. Такой же грузъ переходитъ и на косоуръ, расположенный у стѣны лѣстничной клѣтки.

Въ нижеслѣдующей таблицѣ указаны величины для W, подходящій номеръ двутавровой балки нормальнаго нѣмецкаго профиля и вѣсъ G погоннаго метра, при различной длинѣ l горизонтальной проекціи и ширинѣ b марша.

Таблица XXXVIII.

l въ метр.	$b=1$ м.			$b=1{,}25$ м.			$l=1{,}5$ м.			$l=1{,}75$ м.			$l=2$ м.		
	W	N	G	W	N	G	W	N	G	W	N	G	W	N	G
2	19	8	5,91	26	9	7,02	26	9	7,02	34	10	8,28	34	10	8,28
2,5	26	9	7,02	34	10	8,28	43	11	9,60	43	11	9,60	55	12	11,1
3	34	10	8,28	55	12	11,1	55	12	11,1	67	13	12,6	82	14	14,2
3,5	55	12	11,1	67	13	12,6	82	14	14,2	98	15	15,9	117	16	17,8
4	67	13	12,6	82	14	14,2	98	15	15,9	117	16	17,8	137	17	19,7
4,5	82	14	14,2	117	16	17,8	137	17	19,7	161	18	21,7	161	18	21,7
5	117	16	17,8	137	17	19,7	161	18	21,7	185	19	23,8	214	20	26,1
5,5	137	17	16,7	161	18	21,7	185	19	23,8	214	20	26,1	244	21	28,3

W — моментъ сопротивл. въ куб. сантим.
N — номеръ нормальн. нѣмец. профиля.
G — вѣсъ въ килограммахъ.

Площадочныя балки. Грузъ, передаваемый на площадочную двутавровую балку (чер. 8., л. 25), состоитъ:

1) Изъ сосредоточенныхъ, въ мѣстахъ прикрѣпленія косоуровъ, грузовъ, равныхъ каждый

$$\frac{P}{2} = \frac{650 \cdot b \cdot l}{2 \cdot 2} + p'.$$

Здѣсь p' — собственный вѣсъ косоура, равный:

$$5 \times 20 = 100 \text{ кг.},$$

$b = 1{,}5$ м. и $l = 4{,}5$ м.

Слѣдов. весь грузъ отъ одного косоура на балку

$$P_1 = \frac{P}{2} = \frac{650 \cdot 1{,}5 \cdot 4{,}5}{2 \cdot 2} + 100 = \text{кр. чис. } 1200 \text{ кг.}$$

2) Изъ груза послѣдней ступеньки перваго марша и первой ступеньки второго:

$$P_{II} = 0{,}20 \times 0{,}35 \times 3{,}5 \times 2500 = 612 \text{ кг.}$$

3) Изъ груза кирпичнаго сводика, тощаго бетона и плиточнаго пола (чер. 8, л. 25). Весь сложный грузъ этого покрытія, вмѣстѣ съ временной нагрузкой толпой людей, можно принять = 800 кг. на кв. м.

Тогда получимъ:

$$P_{III} = \frac{3{,}5 \cdot 1{,}5 \cdot 800}{2} = 2100 \text{ кг.}$$

А вся равномѣрно распредѣленная нагрузка на балку:

$$P_{II} + P_{III} = 612 + 2100 = 2712 \text{ кг.}$$

Расчетная длина тавровой балки равна (см. стр. 311)

$$l = 1{,}04 \times 3{,}3 + 0{,}1 = 3{,}53.$$

Распредѣленіе нагрузки показано на чер. 591, изъ котораго видно, что сосредоточенные грузы, переходящіе на балку въ мѣстахъ прикрѣпленія четырехъ косоуровъ, равны каждый 1200 кг. и, кромѣ того, балка загружена равномѣрной нагрузкой, равной въ общей сложности 2712 кг. Слѣдовательно въ каждой опорѣ A и B вызывается реакція:

$$A = B = \frac{2712}{2} + 2 \cdot 1200 = 3756 \text{ кг.}$$

Опасное сѣченіе находится въ срединѣ балки, относительно котораго наибольшій моментъ изгиба (чер. 591)

$$M = 3756 \cdot 1{,}75 - \frac{2712}{2 \cdot 2} \cdot \frac{1{,}65}{2} - 1466\,(1{,}65 + 0{,}15) = 6573 - 680 - 2199 = 3816.$$

Слѣдоват.

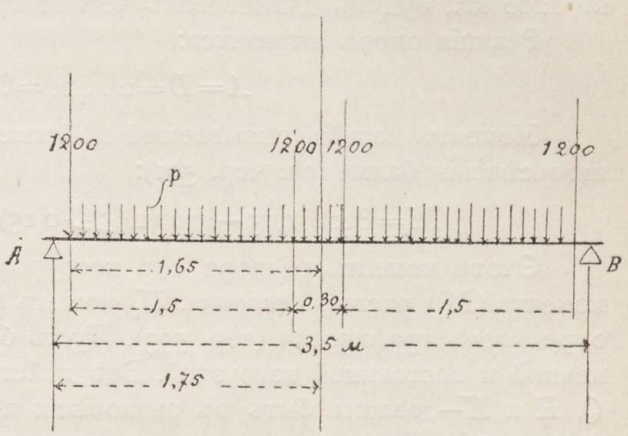
$$W = \frac{3816 \cdot 100}{1000} = 381{,}6.$$

Этому моменту сопротивленія соотвѣтствуетъ балка № 25, вѣсомъ 38,7 кг. пог. метръ.

На швеллерную балочку переходитъ половина площадочнаго груза вмѣстѣ съ временной нагрузкой, т.-е.

$$P = pl = 2100 \text{ кг.}$$

Чер. 591.



$$M = \frac{Pl}{8} = \frac{2100 \cdot 3{,}3}{8} = 866{,}2,$$

$$W = \frac{866{,}2 \cdot 100}{1000} = 86{,}6.$$

Этому моменту сопротивленія соотвѣтствуетъ по таблицѣ № 2 (въ концѣ книги) швеллеръ № 14, вѣсомъ 15,9 кг. погон. метръ.

Хотя косоуръ привинчивается или приклепывается къ площадочной балкѣ, но такъ какъ онъ прислоняется къ ея стѣнкѣ, то, кромѣ передачи вертикальнаго давленія, будетъ проявляться и распоръ, который не трудно опредѣлить изъ моментовъ вращенія (чер. 592) относительно точки A:

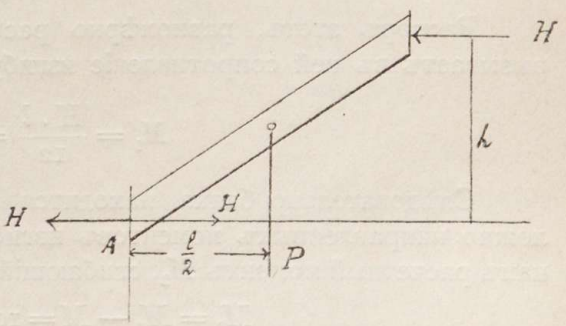
$$P\frac{l}{2} = Hh,$$

откуда

$$H = \frac{P}{2} \cdot \frac{l}{h}.$$

Этотъ распоръ воспринимаютъ какъ верхнія, такъ и нижнія площадныя балки. Если нижній конецъ лежитъ на фундаментѣ, то было уже выше указаны способы закрѣпленія подушки въ предупрежденіе сдвига (чер. 3, 4 и 5, листъ. 25); распоръ же отъ верхняго конца косоура, упирающагося въ балку, необходимо опредѣлить для провѣрки сопротивленія этой балки изгибу относительно вертикальной оси, проходящей черезъ центръ тяжести ея поперечнаго сѣченія.

Чер. 592.



Въ нашемъ случаѣ для примѣра, представленнаго на чер. 1 и 2, л. 25, P получается равнымъ (чер. 592)

$$P = \frac{650 \cdot b \cdot l}{2} = \frac{650 \cdot 1{,}5 \cdot 4{,}5}{2} = 2200 \text{ кг.}$$

$h = 2{,}25$ м. и $l = 4{,}2$ м., слѣдоват.

$$H = \frac{2200 \cdot 4{,}2}{2{,}25} = 410 \text{ кг.}$$

Засимъ, мы имѣемъ распредѣленіе сосредоточенныхъ на площадочную балку грузовъ совершенно въ томъ же порядкѣ, какъ показано на чер. 591; отсутствуетъ лишь нагрузка равномѣрно распредѣленная и, вмѣсто усилій въ 1200 кг., будутъ дѣйствовать четыре груза H, равные каждый 410 кг.

Реакція опоръ выразится:

$$A = B = 2 \cdot 410 = 820 \text{ кг.}$$

Моментъ изгиба, вызываемый дѣйствіемъ распора относительно средняго сѣченія балки (см. чер. 591):

$$M = 820 \cdot 1{,}75 - 410\,(1{,}65 + 0{,}15) = 1435 - 738 = 697.$$

Этотъ моментъ распора отъ косоуровъ встрѣчаетъ противодѣйствіе момента (M_1) распора сводика. M_1 можетъ быть съ достаточной точностью опредѣленъ графически (чер. 593). Пусть будетъ Q вѣсъ сводика съ временной и постоянной нагрузкой. Всѣ дѣйствующія на половину свода силы Q, H и K—должны быть въ равновѣсіи и пересѣкаться въ общей точкѣ пересѣченія. Такъ какъ сводъ съ очень незначительнымъ подъемомъ, то разстояніе центра тяжести половины свода отъ точки вращенія C можно принять $= \frac{l}{4}$, если l—пролетъ.

Задавшись произвольнымъ масштабомъ силъ (для даннаго случая примемъ 1000 кг. въ 2 см.), проводимъ вертикаль, равную силѣ Q и разлагаемъ ее на двѣ составляющія параллельныя H и K, при чемъ получаемъ величину распора $H = ac$.

$$Q = \frac{1{,}20 \cdot 3{,}3 \cdot 800}{2} = 1580.$$

Отложивъ эту величину по масштабу на вертикали ab (чер. 593) и, проведя изъ точки b параллельную линію KE, получимъ

$$H = 3750 \text{ кг.}$$

Распоръ этотъ, равномѣрно распредѣленный по всей длинѣ балки, вызываетъ въ ней сопротивленіе изгибу, моментъ котораго:

$$M_1 = \frac{H \cdot l}{12} = 1030 \text{ кг.}$$

Слѣдовательно балка находится подъ дѣйствіемъ двухъ противоположно направленныхъ моментовъ изгиба. Разность этихъ моментовъ даетъ намъ расчетный моментъ M_2, сгибающій балку въ горизонтальной плоскости.

$$M_2 = M_1 - M = 1030 - 697 = 333.$$

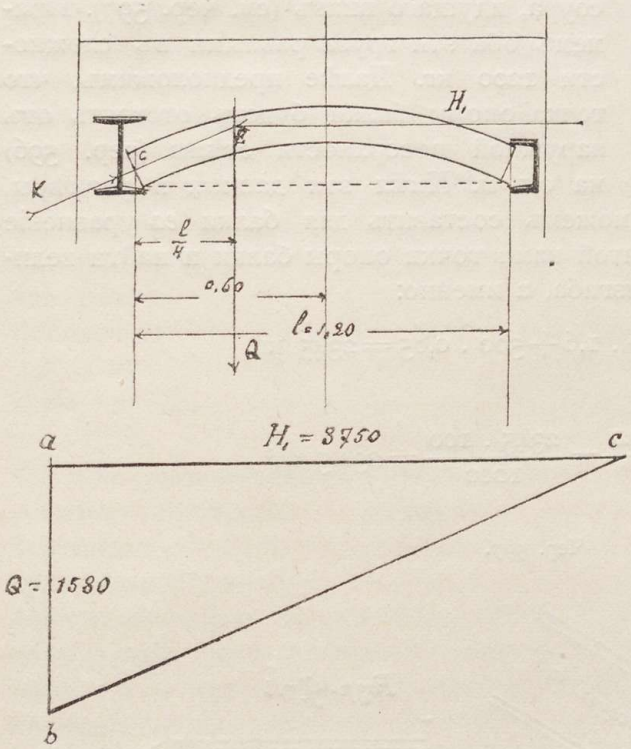
Слѣдов. моментъ сопротивленія относительно вертикальной нейтральной оси yy

$$W_y = \frac{333 \cdot 100}{1000} = 33{,}3 \text{ см.}^3$$

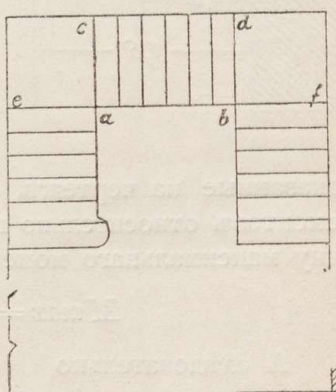
Этому сопротивленію удовлетворяетъ балка № 22 по таб. 2, а такъ какъ мы кладемъ балку № 25, то сопротивленіе ея изгибу отъ вліянія распора свода—вполнѣ достаточно.

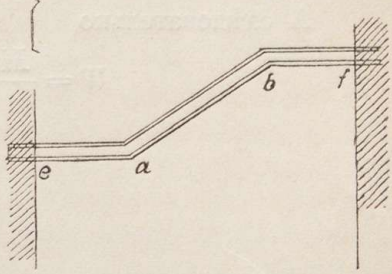
Нерѣдко условіями расположенія и размѣрами лѣстничной клѣтки или высотой помѣщенія вызывается необходимость въ устройствѣ лѣстницы съ тремя маршами (чер. 594), при чемъ для поддержанія площадочныхъ балокъ ставятся колонны; во всемъ остальномъ конструкція лѣстницы ничѣмъ не отличается отъ обыкновеннаго устройства маршей на желѣзныхъ косоурахъ. Но вмѣсто колоннъ удобнѣе, какъ это обыкновенно и дѣлается на практикѣ, укладывать для средняго марша *ab* и площадокъ одинъ общій изогнутый (ломаный) косоуръ (*e*, *a*, *b*, *f* чер. 595), задѣланный концами въ стѣну, а къ нему приклепываются съ помощью угольниковъ

Чер. 593.



Чер. 594.





Чер. 595.

косоуры перваго и третьяго маршей и поперечныя площадочныя балки *ac* и *bd*.

Лѣстницы въ три марша въ особенности удобны въ случаѣ необходимости помѣщенія лифта (подъемника), которому вполнѣ подходящее мѣсто остается между маршами. Поэтому на фабрикахъ очень часто встрѣчаются такія лѣстницы.

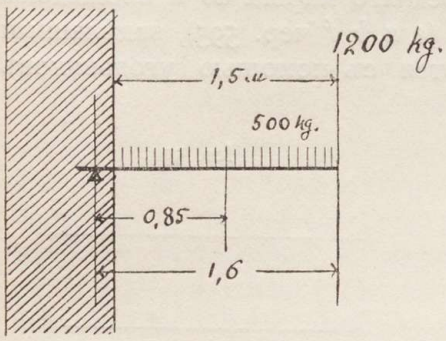
Размѣры поперечныхъ сѣченій ломаныхъ косоуровъ опредѣляются, расчитывая всѣ ихъ три части, т.-е. *ea*, *ab* и *bf* отдѣльно каждую; части *ea* и *bf*, какъ балки, задѣланныя однимъ концомъ въ стѣну, а *ab*, какъ наклонную балку, о чемъ уже было сказано.

Примѣръ. Предположимъ, что каменная лѣстница о трехъ маршахъ, какъ показано на чер. 594, устроена съ заполненіемъ между балками и

косоурами кирпичными или бетонными сводами, на которыхъ расположены ступеньки.

Площадки и марши имѣютъ ширину 1 арш. 12 верш. (1,2 м.). Стало быть, горизонтальная часть ломанаго косоура, которую надо расчитывать какъ балку, задѣланную однимъ концомъ въ стѣну (чер. 596), будетъ нагружена: 1) равномѣрной нагрузкой отъ половины вѣса площадки, соотвѣтственно размѣрамъ и конструкціи лѣстницы (положимъ, что этотъ грузъ равенъ 500 кг.) и 2) сосредоточеннымъ на концѣ балки грузомъ отъ косоура, идущаго вверхъ и такого же косоура, идущаго внизъ (см. чер. 597). Примемъ оба эти груза равными въ сложности 1200 кг. Далѣе предположимъ, что точка опоры балки будетъ отстоять отъ наружной поверхности стѣны (чер. 596) на 0,1 м. Имѣя эти данныя и размѣры, показанные на чертежѣ, мы можемъ составить для балки *ea* уравненіе моментовъ относительно принятой нами точки опоры балки и найти величину максимальнаго момента изгиба, а именно:

Чер. 596.

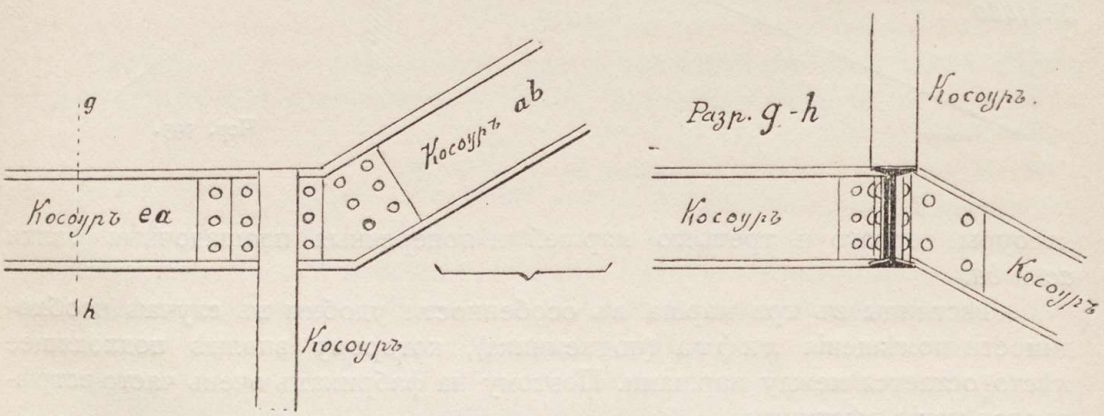


$$M\,max = 1200 \,.\, 1{,}6 + 500 \,.\, 0{,}85 = 2345 \text{ кг.}$$

А слѣдовательно

$$W = \frac{M\,max}{R} = \frac{2345 \,.\, 100}{1000} = 234{,}5 \text{ ст.}^3$$

Чер. 597.



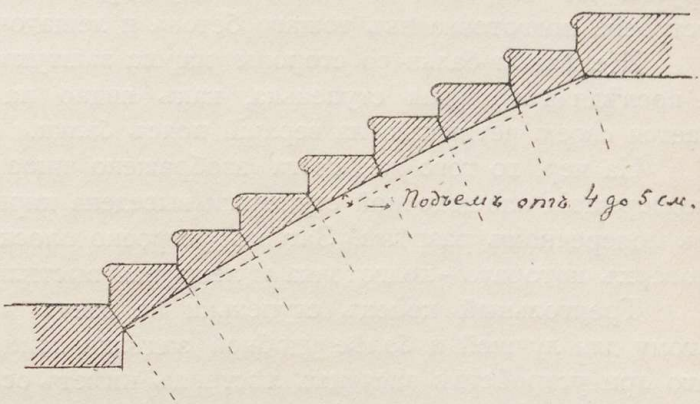
Этому моменту сопротивленія, по табл. 1 приложенія, соотвѣтствуетъ балка № 21 съ нѣкоторымъ запасомъ.

На чер. 697 въ двухъ поворотахъ показано расположеніе висячихъ косоуровъ и способъ прикрѣпленія съ помощью угольниковъ и заклепокъ, наклонныхъ балокъ съ горизонтальными.

§ 95.

2) **Висячія каменныя лѣстницы.** Висячими лѣстницами называются такія, у коихъ марши состоятъ изъ цѣльныхъ каменныхъ ступеней, задѣланныхъ однимъ концомъ въ стѣну, другой же остается свободнымъ. Въ этомъ случаѣ неподвижность и устойчивость ступеней главнымъ образомъ обезпечивается задѣлкой концовъ въ стѣну и загрузкой ихъ каменной кладкой; отчасти же и тѣмъ, что давленіе передается отъ одной ступеньки къ другой и переходитъ такимъ образомъ на первую и послѣднюю ступень. При правильной конструкціи и при длинѣ ступеней, не превосходящей 1,5 метр., такія лѣстницы не менѣе надежны, чѣмъ со ступеньками, лежащими на косоурахъ, тогда какъ ихъ стоимость уменьшается на стоимость послѣднихъ. Ступеньки изъ желѣза и бетона могутъ имѣть длину и болѣе полутора метровъ, такъ какъ сопротивленіе ихъ на изломъ можетъ быть доведено до весьма высокой степени, не увеличивая размѣровъ ихъ поперечнаго сѣченія.

Чер. 598.



Главныя требованія, которыя должны быть соблюдены при устройствѣ висячихъ лѣстницъ, заключаются въ слѣдующемъ: 1) площадочная ступенька должна быть прочно задѣлана въ стѣну на 5—6 вершковъ; задѣлка остальныхъ ступеней можетъ быть ограничена и 3-мя вершками, но не иначе какъ при условіи, чтобы каждая 4-я или 5-я ступенька въ маршѣ была задѣлана въ стѣну тоже вершковъ на 6.

2) Продольныя сопряженія ступеней должны быть или такъ, какъ показаны на чер. 586 *C* или, что еще лучше на томъ же чертежѣ лит. *D*. Такое же сопряженіе показано и на чер. 7, листъ 25, на которомъ намѣчены и размѣры сопрягающихъ плоскостей.

Изъ чер. 586 *D* видно, что грузъ ступеньки *Q* разложится на двѣ составляющія, изъ коихъ *R* дѣйствуетъ по направленію марша и сжимаетъ его, а *S* стремится сдвинуть ступеньку по перпендикулярному направленію. Поэтому нижней поверхности марша совѣтуютъ придавать форму плоской кривой (чер. 598) съ подъемомъ отъ 4 до 5 см.; площадочныя же ступеньки какъ нижнія, такъ и верхнія, необходимо прочно задѣлывать въ стѣну и располагать на желѣзной балкѣ, какъ показано на чер. 9, листъ 25, такъ какъ эти ступеньки служатъ опорами для марша, представляющаго изъ себя ползучій сводъ. Очевидно, что при такомъ устройствѣ каждая сту-

пенька должна быть приготовлена по особому шаблону, что значительно усложняетъ работу и удорожаетъ лѣстницу.

3) Для прочности висячей лѣстницы никогда не слѣдуетъ задѣлывать концы ея ступеней одновременно съ возведеніемъ стѣнъ, а лишь по окончаніи ихъ кладки; при чемъ задѣлка производится на хорошемъ цементномъ или алебастровомъ растворѣ.

На чер. 6, листъ 25, въ вертикальномъ разрѣзѣ представленъ одинъ изъ самыхъ обыкновенныхъ случаевъ висячей лѣстницы съ двумя маршами. Площадки такихъ лѣстницъ или дѣлаются изъ толстыхъ плитъ, основанныхъ однимъ концомъ на ступенькахъ, а другимъ на стѣнѣ или же устраиваются сводики на балкахъ, что и показано на нашемъ чертежѣ (чер. 6, 9, л. 25). Въ послѣднемъ случаѣ площадки выстилаются тонкими плитками такъ же, какъ это дѣлается и въ лѣстницахъ съ косоурами.

На чер. 9, л. 25 показано устройство площадки на кирпичномъ сводикѣ, который опирается на выпускную пяту въ стѣнѣ лѣстничной клѣтки, другой же стороной основанъ на двутавровой балочкѣ. Поверхъ свода устроена подготовка изъ тощаго бетона и лещадочная выстилка.

Желѣзныя балки со стороны марша заштукатуриваются цементомъ, а послѣдняя и первая ступенька, какъ видно на чер. 9, л. 25, располагается своею четвертью на верхній поясъ балки.

На чер. 10 того же листа изображено иное устройство. Здѣсь для поддержанія площадочной ступеньки выведена кирпичная арка, показанная въ поперечномъ разрѣзѣ. Затѣмъ устроено плоское бетонное заполненіе, поверхъ котораго—подготовка и лещадная выстилка.

Треугольный конецъ ступеньки не даетъ правильной постели; поэтому для лучшей и болѣе удобной задѣлки концовъ ступеней въ стѣну, что при устройствѣ висячихъ лѣстницъ имѣетъ особенное значеніе—поперечное сѣченіе концовъ оставляютъ въ прямоугольномъ видѣ (чер. 12 и 9, листъ 25). Такая форма ступеней рекомендуется въ особенности въ тѣхъ случаяхъ, когда лѣстница дѣлается изъ цемента; измѣнить форму ступеней при этомъ не представляетъ никакого затрудненія и почти не увеличиваетъ стоимость. Для естественнаго же камня такое измѣненіе поперечнаго сѣченія требуетъ большей затраты матеріала и удорожаетъ ступеньку.

На чер. 11 представлены ступеньки висячей лѣстницы, концы коихъ, кромѣ задѣлки въ стѣну, поддерживаются еще и каменными, выпускными со стѣны консолями или кронштейнами. Такое устройство примѣняется при значительной длинѣ ступеней.

Матеріаломъ для висячихъ лѣстницъ служитъ по преимуществу крѣпкій тесаный камень; но за послѣднее время съ большимъ успѣхомъ примѣняются для этой цѣли ступеньки изъ цементнаго бетона со введеніемъ въ его массивъ желѣзныхъ полосъ или проволоки.

При длинѣ ступеней не болѣе 1,2 м. концы ихъ достаточно задѣлывать въ стѣну на глубину 12—13 см.; при большей же длинѣ (отъ 1,2 до 2 м.) задѣлку увеличиваютъ до 0,25 м.; при этомъ надо замѣтить, что даже при самой тщательной работѣ все же проявляется нѣкоторая осадка концовъ ступеней; поэтому не мѣшаетъ этимъ концамъ придавать небольшой подъемъ.

Для расчета висячихъ лѣстницъ мы не имѣемъ точныхъ данныхъ, и должны пользоваться эмпирическими указаніями.

Разлагая вертикально дѣйствующій грузъ (P) ступеньки (чер. 599) на двѣ составляющія R и S, мы видимъ, что первая изъ нихъ стремится сдвинуть ступеньку или прижать ее къ ступенькѣ, расположенной ниже, поэтому во всемъ рядѣ ступеней будетъ проявляться сжатіе, какъ въ сводѣ, а другая сила S, равная $P\cos\alpha$, во-1-хъ, сгибаетъ ступеньку, а во-2-хъ, вращаетъ около нижняго ребра a. Такимъ образомъ каждая ступенька отъ дѣйствія вертикальнаго груза подвергается изгибу, скругиванію и сжатію.

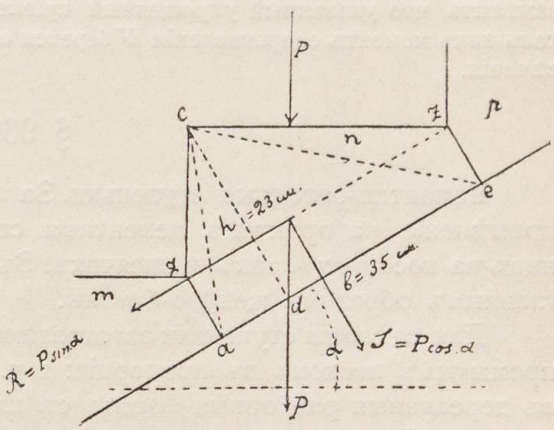
Вращеніемъ можно принебречь, такъ какъ этому препятствуютъ сосѣднія ступеньки; главнымъ же образомъ слѣдуетъ расчитывать на сопротивленіе изгибу, перелому; для этого руководствуются общей формулой

$$M = KW,$$

откуда

$$K = \frac{M}{W}.$$

Чер. 599.



Здѣсь M — внѣшній ломающій моментъ, равный:

$$M = \frac{P\cos\alpha\, l}{2},$$

если l—длина ступеньки, α уголъ наклона марша, K—сопротивленіе камня на изгибъ и W—моментъ сопротивленія изгибу.

Слѣдовательно

$$K = \frac{P\cos\alpha\, l}{2W}.$$

Принимая, для простоты расчета, поперечное сѣченіе ступеньки равнымъ треугольнику $a\,c\,e$, обозначенному пунктиромъ на чер. 599, моментъ сопротивленія его относительно нейтральной оси zz, параллельной наклону марша, равенъ

$$W = \frac{1}{24} \cdot b \cdot h^2.$$

Слѣдоват.

$$K = \frac{24 \cdot P\cos\alpha\, l}{2 \cdot b \cdot h^2}$$

Примѣръ. Положимъ, что ширина марша $l = 1{,}5$ м. Собственный вѣсъ ступеньки P, полагая вѣсъ 1 куб. м. известков. камня въ 2500 кг., и грузъ 4-хъ человѣкъ въ 256 кг., получается равнымъ $P = 441$ кг. *); основаніе треугольника — линія ae = =55 см., а высота $h = 23$ см. и уголъ наклоненія $\alpha = 40^0$; тогда получимъ:

$$K = \frac{24 \cdot 441 \cdot 0{,}76 \cdot 150}{2 \cdot 35 \cdot 23^2} = 30{,}4 \text{ кг. на кв. см.}$$

Комиссія, выбранная союзомъ нѣмецкихъ архитекторовъ и инженеровъ **), состоящая изъ Баушингера, Функа и Хартига, для изслѣдованія сопротивленія камней,

*) $[(0{,}35 \times 0{,}07) + (0{,}17 \times \frac{0{,}30}{2}) \times 1{,}5 \times 2500] + 256 = 441$ кг.

**) L. Debo. Die Festigkeit der Baumaterialien, стр. 59.

признала слѣдующія среднія минимальныя нормы временнаго сопротивленія камней на сжатіе:

Известнякъ, т.-е. мраморъ, доломитъ и проч.

1 сортъ—1000 кг. на кв. см.
2 „ — 800 „ „ „ „
3 „ — 600 „ „ „ „
} Сред. 800 кг.

Принимая $^1/_6$ отъ этой средней, величину для сопротивленія на изломъ получимъ

$$K = 133 \text{ кг.}$$

Слѣдоват., провѣренное нами на переломъ поперечное сѣченіе ступеньки все же имѣетъ болѣе чѣмъ четырехкратную надежность, хотя для камня, какъ извѣстно, берутъ 10-тикратную; поэтому, если бы ступеньки взаимно другъ друга не поддерживали и не передавали часть своего груза на первую и послѣднюю ступеньки, то провѣренные размѣры нельзя было бы признать достаточными. При этомъ надо замѣтить, что указанный упрощенный пріемъ расчета даетъ значительный запасъ, такъ какъ моментъ сопротивленія W берется относительно уменьшеннаго поперечнаго сѣченія.

§ 96.

Цементно-бетонныя ступеньки. За послѣднее время получили широкое примѣненіе на практикѣ цементныя ступени какъ при устройствѣ лѣстницъ на косоурахъ, такъ и висячихъ. Въ послѣднемъ случаѣ употребляютъ главнымъ образомъ желѣзо-бетонъ.

Для сдѣланія ступеньки заготовляютъ сырую смѣсь цемента съ хорошо промытымъ пескомъ въ пропорціи: 1 ч. цем. и 3 ч. песку и набиваютъ ее въ деревянныя разборныя формы, съ плотной утрамбовкой. Для уменьшенія стиранія проступи ее съ поверхности затираютъ или чистымъ цементомъ, или растворомъ изъ 1 ч. цем. и 2 ч. песку.

Что касается стиранія вообще, то по опытамъ D-r Böhme оказывается: 1) что цементный растворъ безъ примѣси песку имѣетъ меньшее сопротивленіе на стираніе сравнительно съ растворомъ съ пескомъ и 2) что наилучшая смѣсь (по объему) въ этомъ отношеніи есть составъ изъ 1 ч. цемента и 2 ч. песку.

Бетонныя ступени, приготовленныя безъ введенія желѣзной проволоки, имѣютъ обыкновенно прямоугольное поперечное сѣченіе, какъ это показано на чер. 601, и сопротивленіе ихъ расчитывается какъ бруса, лежащаго на двухъ опорахъ*), при чемъ наибольшее сжатіе и (D) вытягиваніе (Z) крайнихъ верхнихъ и нижнихъ волоконъ бетоннаго бруска могутъ быть опредѣлены, разумѣется, только тогда, когда будетъ установлено положеніе нейтральной оси, относительно которой при дѣйствіи момента внѣшнихъ силъ возникаютъ моменты инерціи верхней и нижней части поперечнаго сѣченія бруска.

Положеніе нейтральной оси FF (чер. 600), бруска лежащаго на опорахъ, можетъ быть опредѣлено изъ отношенія коэффиціента Z къ D.

Опытъ показалъ, что сопротивленіе цементнаго бетона сжатію въ 9 разъ больше сопротивленія растяженію, поэтому

$$D = 9\,Z \text{ и } Z = \frac{1}{9}\,D.$$

*) Der Portland-Cement und seine Anwendungen. S. 94.

Слѣдов. положеніе нейтральной оси, какъ линіи, представляющей переходъ отъ сжатія къ растяженію, можетъ быть выведено изъ условія

$$Dc^2 = Zd^2$$

или, подставляя вышеуказанныя величины для D и Z, получимъ:

$$Dc^2 = \frac{1}{9} Dd^2,$$

откуда

$$d^2 = 9\,c^2$$

или

$$d = 3\,c.$$

Слѣдоват., если между D и Z существуетъ принятое нами отношеніе, то нейтральная ось располагается на разстояніи $^1/_4$ всей высоты бетоннаго бруска отъ его верхняго ребра и на $^3/_4$ отъ нижняго.

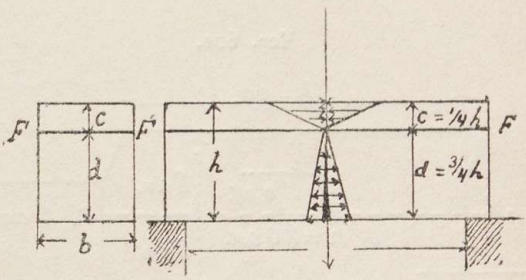
Положимъ, что J_d и J_z суть моменты инерціи верхней и нижней части брус относительно нейтральной оси FF (чер. 600) тогда:

$$J_d = \frac{bc^3}{3}\ ^*),$$

а

$$J_z = \frac{bd^3}{3}.$$

Чер. 600.



Обозначая черезъ M моментъ изгиба, которому подверженъ брусъ отъ дѣйствія внѣшнихъ силъ, напряженія D на сжатіе въ верхнемъ ребрѣ бруса и на растяженіе Z въ нижнемъ—легко опредѣляются по уравненіямъ

$$D = \frac{c}{J_d} M \text{ и } Z = \frac{d}{J_z} M.$$

Или, подставляя вмѣсто J_d и J_z ихъ величины

$$D = \frac{c}{\frac{bc^3}{3}} M = \frac{3M}{bc^2};\ Z = \frac{d}{\frac{bd^3}{3}} M = \frac{3M}{bd^2}.$$

Но такъ какъ $c = \frac{h}{4}$, а $d = \frac{3h}{4}$, то вставляя эти величины получимъ:

$$D = \frac{3M}{b \cdot \frac{h^2}{16}} = \frac{48M}{b \cdot h^2};\ Z = \frac{3M}{b \cdot \frac{9h^2}{16}} = \frac{48M}{9bh^2}.$$

Зная высоту ступеньки h, ширину ея b и внѣшній дѣйствующій моментъ M, легко провѣрить ея сопротивленіе на изгибъ, какъ бруса, лежащаго на двухъ опорахъ.

Положимъ, что длина ступеньки $l = 1{,}5$ м.

Ея собственный вѣсъ вмѣстѣ съ нагрузкой $P = 400$ кг.

$$M = \frac{Pl}{8} = \frac{400 \cdot 1{,}5}{8} \cdot 100 = 7500 \text{ кг. см.}$$

---

*) Моментъ инерціи поперечнаго сѣченія прямоугольнаго бруса относительно горизонтальной оси, проходящей черезъ нижнее или верхнее ребро его, если b—ширина, а h—высота сѣченія, равно $J = \frac{bh^3}{3}$.

Если высота ступеньки $h = 20$ см. (чер. 601), а ширина $b = 35$ см., то наибольшее сжатіе и растяженіе крайнихъ волоконъ равно:

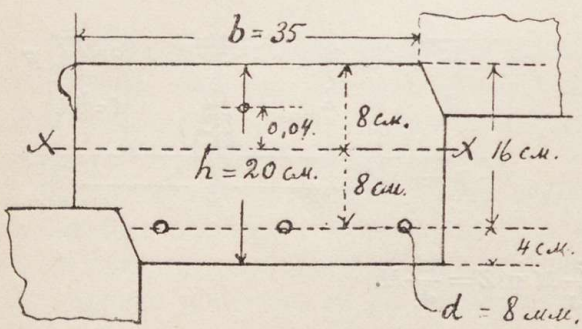
$$D = \frac{48.7500}{35.400} = 26 \text{ кг.}$$

$$Z = \frac{48.7500}{9.35.400} = 2{,}9 \text{ кг.}$$

А такъ какъ на сжатіе для бетона прочное сопротивленіе принимается въ 30 кг., а для растяженія 3 кг., то размѣры поперечнаго сѣченія ступени можно считать вполнѣ достаточнымъ.

Тѣ же самыя прямоугольныя ступеньки получаютъ значительно большее сопротивленіе изгибу, если въ ихъ поперечное сѣченіе ввести желѣзную проволоку (чер. 601). Для этого при набиваніи бетона въ форму, утрамбовавъ первый слой высотою около 1 вершка, располагаютъ три или четыре прута, а за тѣмъ продолжаютъ дальнѣйшую набивку. По прошествіи 28 дней ступень считается совершенно готовой для укладки на мѣсто.

Чер. 601.



Въ верхній слой цементнаго бетона, образующаго проступь, иногда примѣшиваютъ мелкаго мраморнаго щебня, что придаетъ ступеньки видъ мозаики (террацо).

Расчетъ желѣзно-бетонной ступеньки на сопротивленіе ея изгибу можетъ быть произведенъ точно такъ же, какъ и частей желѣзо-бетоннаго накрытія Хеннебикъ.

Положимъ, что въ массивъ такой ступеньки (чер. 601), на разстояніи 4 см. отъ нижней ея поверхности, введены три желѣзныхъ прута діаметромъ 8 мм.

Для предупрежденія излома необходимо, чтобы сумма моментовъ сопротивленія $(W + W_1)$ внутреннихъ молекулярныхъ силъ равнялась бы внѣшнему моменту изгиба M, равному, какъ мы видѣли.

$$7500 \text{ кг. см.} = 75 \text{ кг. м.}$$

Необходимо слѣдовательно, чтобы

$$M = W + W_1.$$

Разстояніе отъ нейтральной оси XX до поверхности ступеньки $= 8$ см., а до центра тяжести площади, подверженной сжатію, — 0,04 м.; поэтому моментъ сопротивленія сжатію (чер. 601), если коэффиціентъ на сжатіе бетона принять въ 25 кг. на кв. см., будетъ.

$$W = 35 \times 8 \times 25 \times 0{,}04 = 280 \text{ кг. м.}$$

На растяженіе, совершенно пренебрегая сопротивленіемъ бетона, будутъ работать три прута, каждый въ діаметрѣ 8 мм., а слѣдов. сложная площадь всѣхъ трехъ равна $3 \times 50 = 150$ мм^2.; разстояніе отъ центровъ тяжести сѣченій прутьевъ до нейтральной оси 0,08 м, а сопротивленіе желѣза можно принять съ большимъ запасомъ 8 кг. на кв. мм. Тогда получимъ:

$$W_1 = 150 \cdot 8 \cdot 0{,}08 = 96 \text{ кг. м.}$$

Сложный моментъ сопротивленія

$$W + W_1 = 280 + 96 = 376 \text{ кг. м.}$$

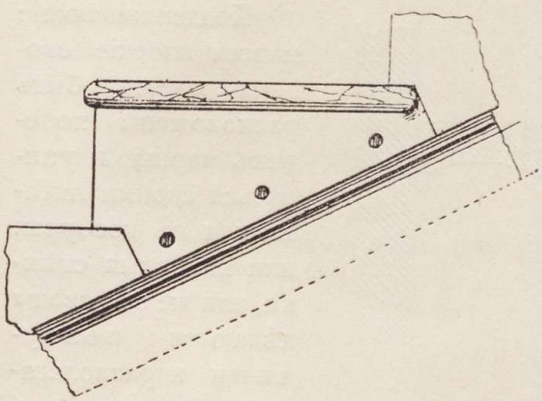
А такъ какъ внѣшній моментъ изгиба равенъ 75, то размѣры ступеньки для даннаго случая болѣе чѣмъ достаточны.

Бетонныя ступеньки треугольной формы точно такъ же (чер. 602 и 603) снабжаются желѣзными прутьями, уложенными по длинѣ ступеньки.

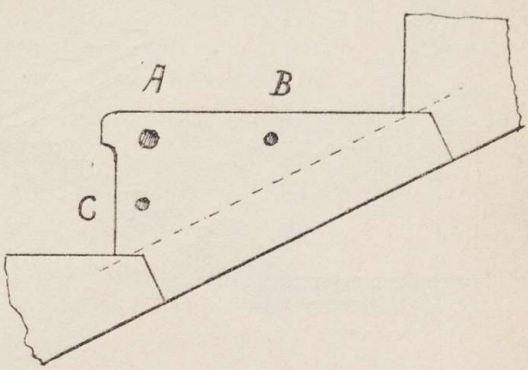
Если лѣстница на косоурахъ, то прутья должны располагаться на разстояніи 2 — 3 см. отъ ея нижней наклонной поверхности (чер. 602), т. к. сгибающее усиліе будетъ направлено перпендикулярно къ этой поверхности и максимальный моментъ изгиба будетъ въ срединѣ ступени.

Въ ступенькахъ висячихъ маршей расположеніе желѣзныхъ прутьевъ нѣсколько иное (чер. 603). Здѣсь наибольшій моментъ изгиба будетъ у конца задѣланнаго въ стѣну, при чемъ растяженію подвергается верхняя, а не нижняя часть поперечнаго сѣченія и прежде всего выступающій уголъ

Чер. 602.



Чер. 603.



ступеньки (А чер. 603), поэтому здѣсь и долженъ быть расположенъ главный желѣзный прутъ въ діаметрѣ отъ 15 до 20 мм., а затѣмъ два второстепенныхъ прута *B* и *C* діаметрами въ 8 мм.

На чертежѣ 602 представлена бетонная ступенька, у которой проступь состоитъ изъ цѣльной мраморной доски. Такія ступеньки извѣстны подъ названіемъ „Микстъ“. Мраморная доска, безъ всякихъ особыхъ приспособленій, крѣпко сцѣпляется съ бетономъ и составляетъ съ нимъ какъ бы одно цѣлое, что способствуетъ значительно большему сопротивленію ступеньки на изломъ, поэтому при длинѣ ступенекъ въ 2 — $2^1/_4$ арш. укрѣпленіе ихъ введеніемъ желѣзныхъ прутьевъ—не требуется.

Внѣшній видъ лѣстницы „микстъ“ очень мало отличается отъ лѣстницы изъ цѣльнаго мрамора; стоимость же значительно дешевле послѣдней.

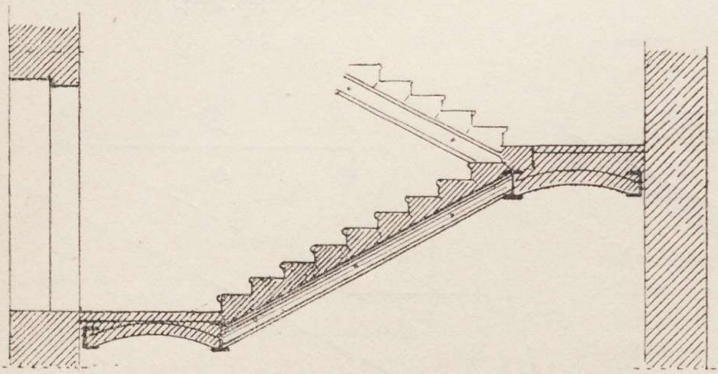
§ 97.

3). **Лѣстницы на сводахъ. Бетонныя и желѣзо-бетонныя лѣстницы.** Лѣстницы, коихъ марши поддерживаются сплошной поверхностью или сво-

дами, имѣютъ ту выгоду, что даютъ возможность на этой поверхности устраивать ступеньки не только изъ цѣлыхъ камней, какъ это было указано раньше, но также изъ какого угодно мелкаго матеріала и изъ бетона. Кирпичныя ступеньки съ поверхности оштукатуриваются цементомъ или перекрываются мраморными, цементными, а также и деревянными досками.

Сплошные кирпичные своды слишкомъ грузны и для устройства междуэтажныхъ лѣстницъ примѣняются очень рѣдко и то лишь въ тѣхъ случаяхъ, когда преслѣдуется особая прочность и долговѣчность. Гораздо легче, скорѣй и выгоднѣе дѣлать своды какъ для маршей, такъ и для площадокъ изъ трамбованнаго бетона или изъ желѣзо-бетона. Съ другой стороны, всякое сводчатое покрытіе, а въ особенности ползучимъ сводомъ, проявляетъ распоръ, съ которымъ необходимо считаться. Если своды опираются на стѣны, то приходится придавать послѣднимъ надлежащую толщину или вводить связи и загрузку опорныхъ стѣнъ.

Чер. 604.



Поддерживающіе марши плоскіе сводики могутъ быть расположены поперекъ марша и упираться своими пятами или въ косоуры, или каменныя стѣнки, или же эти своды дѣлаются ползучими и располагаются вдоль марша, отъ площадки до площадки, слѣдовательно пяты ихъ находятся на разныхъ уровняхъ. При ширинѣ маршей до 2,5 м. толщина поперечныхъ сводиковъ можетъ быть не болѣе ½ кирпича, съ подъемомъ не менѣе ⅛ пролета, т.-е. длины ступеньки.

Сводчатыя лѣстницы на желѣзныхъ косоурахъ.

Въ виду значительнаго распора проявляемаго плоскимъ сводикомъ, выгоднѣе опирать ихъ не на боковыя стѣны, а на косоуры изъ тавровыхъ или швеллерныхъ балокъ, стянутыхъ для уничтоженія распора, связями изъ болтоваго желѣза (чер. 605). Этимъ совершенно устраняется вліяніе распора на стѣны лѣстничной клѣтки, что въ особенности важно для верхнихъ этажей. Площадки могутъ быть устроены такъ же, какъ и въ предшествовавшихъ случаяхъ, т.-е. примѣняются желѣзныя балки и сводики изъ кирпича или бетона (чер. 604).

На чер. 604 изображена именно такая лѣстница, въ которой поддерживающими частями, какъ для площадокъ такъ и для маршей служатъ желѣзныя балки съ заполненіемъ кирпичными сводиками.

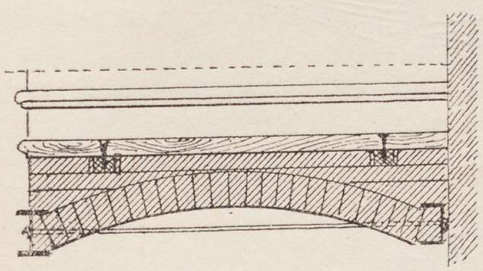
На чер. 605 показанъ поперечный разрѣзъ марша, изъ котораго видно,

что плоскій кирпичный сводикъ основанъ на двухъ косоурахъ, при чемъ у стѣны положенъ швеллеръ. Обѣ балки стянуты болтовымъ желѣзомъ въ 3-хъ мѣстахъ. По своду сложены изъ кирпича ступеньки, рядами, на цементномъ растворѣ, и покрыты деревянными досками, привинченнымъ къ деревяннымъ пробкамъ шурупами. Если вмѣсто доски кладется каменная плита, то ее просто подливаютъ на цементѣ.

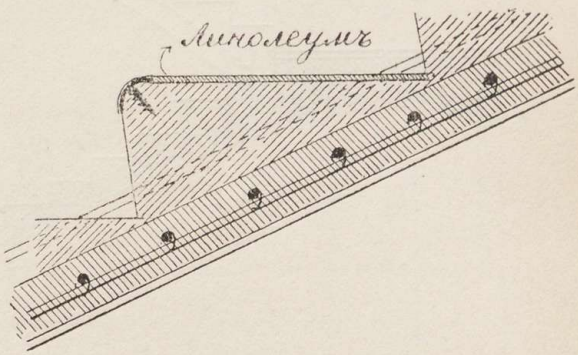
Бетонные или желѣзо-бетонные сводики во многихъ случаяхъ предпочитаются кирпичнымъ въ виду того, что они могутъ быть сдѣланы именно такой толщины, какая необходима, тогда какъ при кирпичномъ сводикѣ его толщина соотвѣтствуетъ размѣрамъ кирпича, т.-е. не можетъ быть менѣе $^1/_2$ кирпича, что въ большинствѣ случаевъ слишкомъ велико, тогда какъ въ $^1/_4$ кирпича—недостаточно.

Провѣрка толщины бетонныхъ и желѣзо-бетонныхъ заполненій между косоурами и площадочными балками ведется такимъ же способомъ, какъ это было указано въ статьѣ о несгораемыхъ потолочныхъ покрытіяхъ.

Чер. 605.



Чер. 606.



При сводчато-бетонныхъ покрытіяхъ связи точно такъ же необходимы и размѣры ихъ опредѣляются такъ, какъ было уже указано выше.

Для избѣжанія распора, вмѣсто сводиковъ, между косоурами можетъ быть устроено и прямое заполненіе по системѣ горизонтальныхъ несгораемыхъ покрытій бетонныхъ или кирпиче-желѣзныхъ.

За послѣднее время нерѣдко устраиваютъ бетонныя лѣстницы изъ сплошного трамбованнаго бетона на желѣзныхъ косоурахъ. Каждый маршъ вмѣстѣ со ступеньками представляетъ одинъ сплошной монолитъ. Для этой цѣли приготовляютъ на мѣстѣ деревянныя формы, соотвѣтствующія числу и размѣрамъ ступенекъ въ маршѣ и забиваютъ бетономъ изъ 1 ч. ц., 3 ч. п. и 4 ч. каменнаго или кирпичнаго щебня.

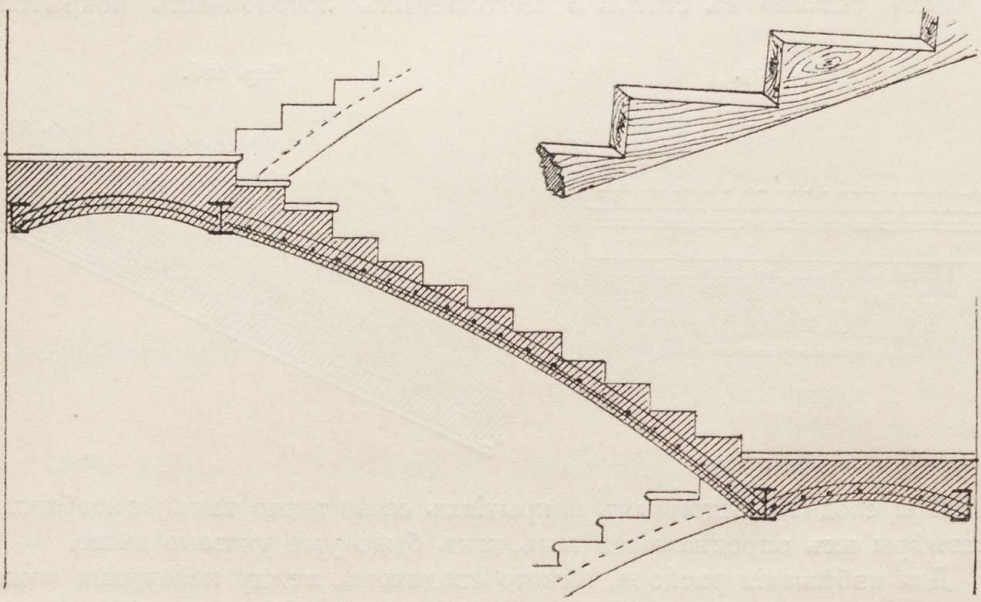
Поверхъ ступеней располагаютъ или деревянныя, или каменныя доски, или же проступь покрываютъ линолеумомъ. Въ послѣднемъ случаѣ для предохраненія внѣшняго угла ступени отъ поврежденій (чер. 606) къ нему прикрѣпляется изогнутая желѣзная полоска. На этомъ чертежѣ представлена въ продольномъ разрѣзѣ часть плоскаго желѣзо-бетоннаго покрытія по системѣ Monier, по верхъ котораго прямо на мѣстѣ набиты ступени.

Линолеумъ представляетъ изъ себя коверъ, напоминающій кожу, толщиною 3—4мм., сдѣланный изъ эластичной пробковой массы, обладающей очень слабой тепло—и звукопроводностью.

Приготовляется линолеумъ слѣдующимъ образомъ: кора пробковаго дерева (Quercus Suber L.) измельчается и перемалывается въ тонкій порошокъ и смѣшивается съ льнянымъ масломъ (олифой), которое, какъ извѣстно, отъ дѣйствія кислорода воздуха переходитъ въ твердое жировое тѣло (на этомъ свойствѣ основано и примѣненіе его въ малярномъ дѣлѣ). Естественнымъ путемъ это затвердѣваніе масла происходитъ очень медленно, поэтому процессъ ускоряютъ искусственно, примѣненіемъ способовъ наподобіе бессемерованія, т.-е. искусственнаго вдуванія въ массу кислорода воздуха, при чемъ время окисленія сокращается до нѣсколькихъ часовъ и получается масса мягкая, однородная и пластичная. Ее пропускаютъ черезъ голандры и формуютъ плитки.

Для приготовленія линолеума въ видѣ ковровъ, пробковой порошокъ и олифа перемѣшиваются въ особыхъ механическихъ мѣшалкахъ, и когда масса значительно

Чер. 607.



Чер. 608.

затвердѣетъ, то съ помощью пресса накладывается на джутовую ткань. Получаются длинные, плотные ковры, напоминающіе, какъ по своей эластичности, такъ и по цвѣту, толстую кожу, совершенно непроницаемые для воды и обладающіе замѣчательнымъ сопротивленіемъ стиранію.

Съ поверхности линолеумъ воспринимаетъ очень прочные рисунки различныхъ цвѣтовъ и въ такомъ видѣ украшаетъ лѣстницу какъ коверъ. Впрочемъ этотъ матеріалъ успѣшно примѣняется и для покрытія пола, въ особенности если междуэтажныя покрытія устроены изъ несгораемыхъ матеріаловъ.

Другой типъ сводчатыхъ лѣстницъ представленъ на чер. 607. Здѣсь поддерживающая конструкція состоитъ изъ ползучаго свода, идущаго отъ одной площадки до другой; слѣдовательно пяты этого свода находятся на разныхъ высотахъ. Такіе своды имѣютъ подъемъ около $^1/_{20}$ и проявляютъ вообще весьма значительный распоръ, дѣйствующій на площадочную балку. Для противодѣйствія этому распору площадки тоже устраиваются на сво-

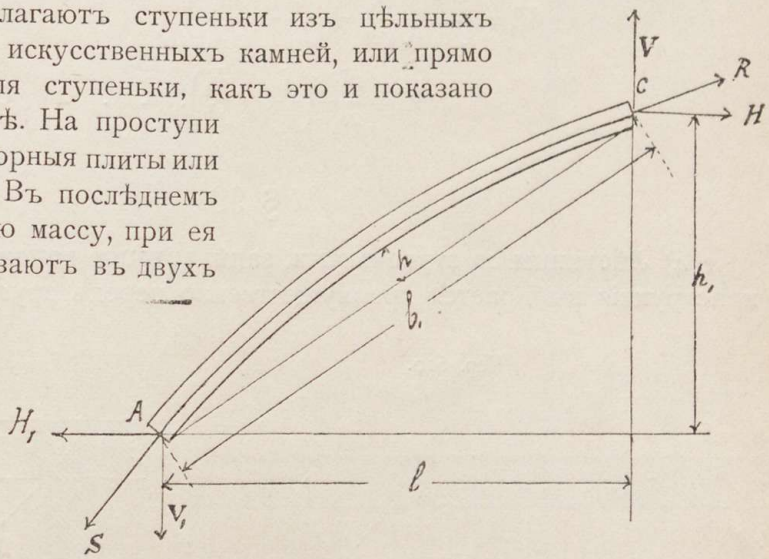
дикахъ, проявляющихъ горизонтальное усиліе на ту же балку, но въ противоположномъ направленіи.

Лѣстницы эти производятъ пріятное впечатлѣніе и имѣютъ легкій и красивый видъ.

Ползучіе своды изъ кирпича устраиваются рѣдко; гораздо выгоднѣе, быстрѣй и красивѣе — дѣлать ихъ изъ бетона или, еще лучше, изъ желѣзо-бетона, что и изображено на чер. 607. Здѣсь какъ площадки, такъ и марши устроены на сводахъ Monier, съ желѣзнымъ проволочнымъ каркасомъ. Они упираются въ двутавровыя желѣзныя площадочныя балки. Ширина марша и площадокъ около 2 арш. (1,5 м.); слѣдовательно размѣры ступеней тѣже, что и лѣстницы, изображенной на листѣ 25.

Поверхъ ползучаго свода или набивается бетонъ, для образованія наклонной прямолинейной плоскости, на которую располагаютъ ступеньки изъ цѣльныхъ естественныхъ или искусственныхъ камней, или прямо набиваютъ бетонныя ступеньки, какъ это и показано на нашемъ примѣрѣ. На проступи укладываются мраморныя плиты или деревянныя доски. Въ послѣднемъ случаѣ въ бетонную массу, при ея набивкѣ, устанавливаютъ въ двухъ мѣстахъ деревянные, зубчатые косоуры, выпиленные изъ 3-хдюймовыхъ досокъ (чер. 608), къ которымъ и привинчиваютъ шурупами дубовыя доски проступи. Впрочемъ, самое дешевое и удобное — покрывать ступеньки линолеумомъ (чер. 606).

Чер. 609.



Вмѣсто деревянныхъ досокъ, для привинчиванія деревянныхъ проступей могутъ быть введены въ бетонъ деревянныя пробки въ каждой ступенькѣ, какъ это показано на чер. 605.

Площадочныя балки необходимо провѣрять на ихъ сопротивленіе горизонтальному распору и, если поперечное сѣченіе окажется недостаточнымъ, то принять противъ ихъ прогиба надлежащія мѣры.

Передача давленія отъ плоскаго ползучаго свода на площадочныя балки выразится иначе, чѣмъ при употребленіи косоуровъ. Изъ чер. 609 мы видимъ, что давленія на опоры сосредоточены въ точкахъ A и C, въ видѣ равнодѣйствующихъ S и R, проходящихъ черезъ средины опорныхъ швовъ и направленныхъ по послѣднимъ касательнымъ къ кривой свода.

Каждая изъ этихъ силъ можетъ быть разложена въ точкахъ A и C — на составляющія—горизонтальныя H и H_1 и вертикальныя V V_1, при чемъ V_1 дѣйствуетъ внизъ, нагружая площадочную балку, а V — вверхъ, при-

поднимая ее. При этомъ H и H_1 равны между собой, а V и V_1 имѣютъ разныя величины.

Для опредѣленія H, V и V_1 можно руководствоваться слѣдующими формулами: *).

Если: l — длина кривой направляющей въ планѣ,
l_1 — величина пролета,
h_1 — подъемъ марша,
h — стрѣла подъема свода,
b — равномѣрная нагрузка на 1 кв. метръ горизонтальной проекціи марша, то для ширины марша въ 1 метръ, мы имѣемъ:

$$H_1 = H = \frac{pl^2}{2l_1}\left(\frac{l}{4h} + \frac{h_1}{l_1}\right). \quad . \quad . \quad . \quad (A).$$

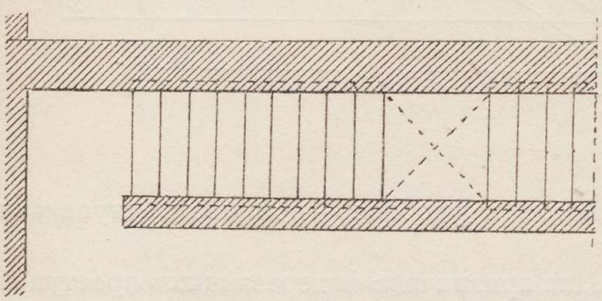
$$V_1 = \frac{pl^2}{2l_1}\left(\frac{h_1}{4h} + \frac{l}{l_1} + \frac{2h_1^2}{l.l_1}\right). \quad . \quad . \quad . \quad (B).$$

$$V = \frac{pl^2}{2l_1}\left(\frac{l}{l_1} - \frac{h_1}{4h}\right). \quad . \quad . \quad . \quad (C).$$

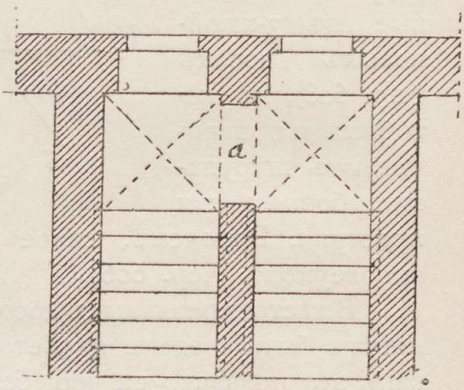
§ 98.

4) **Лѣстницы со ступеньками, задѣланными концами въ стѣны.** Такая конструкція выбирается преимущественно передъ другими въ томъ случаѣ,

Чер. 610.



Чер 611.



когда лѣстница должна быть прямая, безъ поворотовъ (чер. 610) и заключена въ клѣткѣ, ширина коей равна ширинѣ будущаго марша. Очевидно, что при такихъ условіяхъ такое устройство самое выгодное. Площадки при этомъ могутъ поддерживаться крестовыми или плоскими бочарными сводиками.

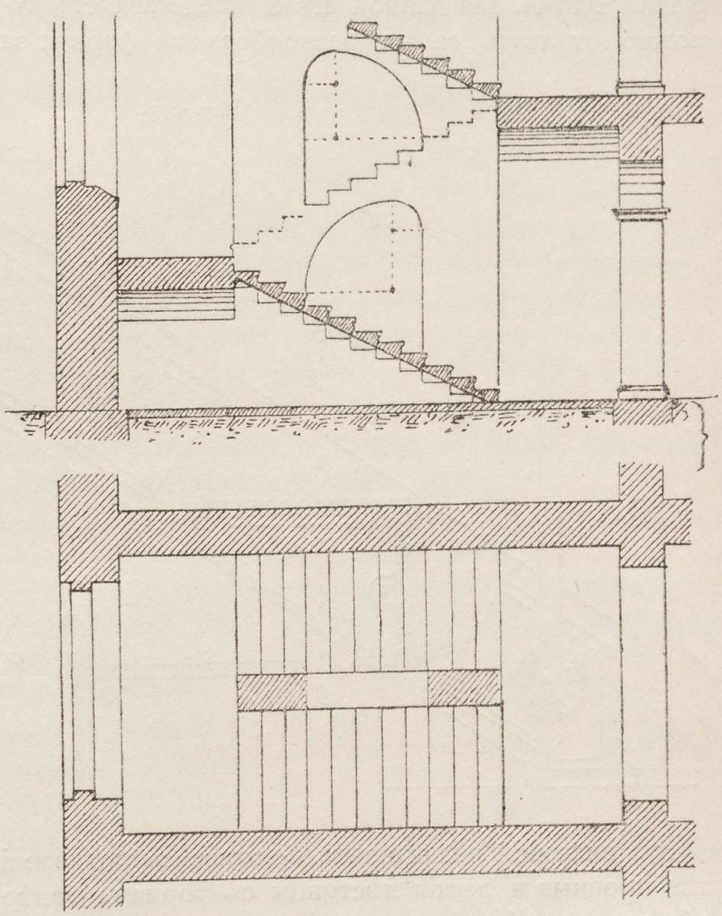
Такое же устройство примѣняютъ и для лѣстницъ съ поворотомъ (чер. 611). Здѣсь для поддержанія концовъ ступеней выводится между маршами стѣна въ $1^1/_2$ кирпича, въ которую и задѣлываются концы цѣльныхъ

*) Eisenkonstruktionen des Hochbaus. *R. Scholer.* S. 223.

каменныхъ или бетонныхъ ступеней, обыкновенно прямоугольнаго поперечнаго сѣченія. Площадки точно такъ же основываютъ или на двухъ крестовыхъ сводахъ, для чего необходима поперечная арка *a*, или на одномъ, подо всю площадку, лучковомъ сводѣ. Въ первомъ случаѣ освѣщеніе достигается устройствомъ двухъ оконъ, а во второмъ т.-е. при отсутствіи арки *a*, можетъ быть одно большое окно, что даетъ больше свѣта.

Массивность и огнеупорность такой конструкціи, въ которой совершенно отсутствуетъ желѣзо, какъ матеріалъ не выдерживающій высокой температуры, даютъ этимъ лѣстницамъ преимущественное примѣненіе въ зданіяхъ спеціальнаго назначенія, напр., для склада товаровъ, для музеевъ и т. п.

Чер. 612.



Самый главный недостатокъ этихъ лѣстницъ—слабое освѣщеніе дневнымъ свѣтомъ, что впрочемъ устраняется устройствомъ несплошныхъ каменныхъ стѣнъ между маршами, а съ пролетами, перекрытыми прямыми, или, что еще лучше, ползучими арками. — На черт. 612, въ разрѣзѣ и въ планѣ, представленъ примѣръ такого устройства. Здѣсь проемы въ средней стѣнѣ перекрыты ползучими арками, при двойномъ откосѣ маршей, т.-е. при tg. угла ихъ наклоненія $= 1/2$. Начертаніе кривой направляющей показано на чертежѣ. Такъ какъ лѣстница является съ открытыми софитами, то ступеньки въ сѣченіи имѣютъ треугольную форму и лишь концы ихъ, для удобства задѣлки въ стѣны, оставляются въ формѣ четыреугольныхъ призмъ.

Площадки основаны на лучковыхъ сводахъ, опирающихся на боковыя стѣны лѣстничной клѣтки. Большое одиночное или двойное окно служитъ хорошимъ освѣщеніемъ для лѣстницы.

Относительно разсматриваемыхъ нами лѣстницъ можно замѣтить вообще, что эта конструкція хотя и массивна, но зато прочна и долговѣчна

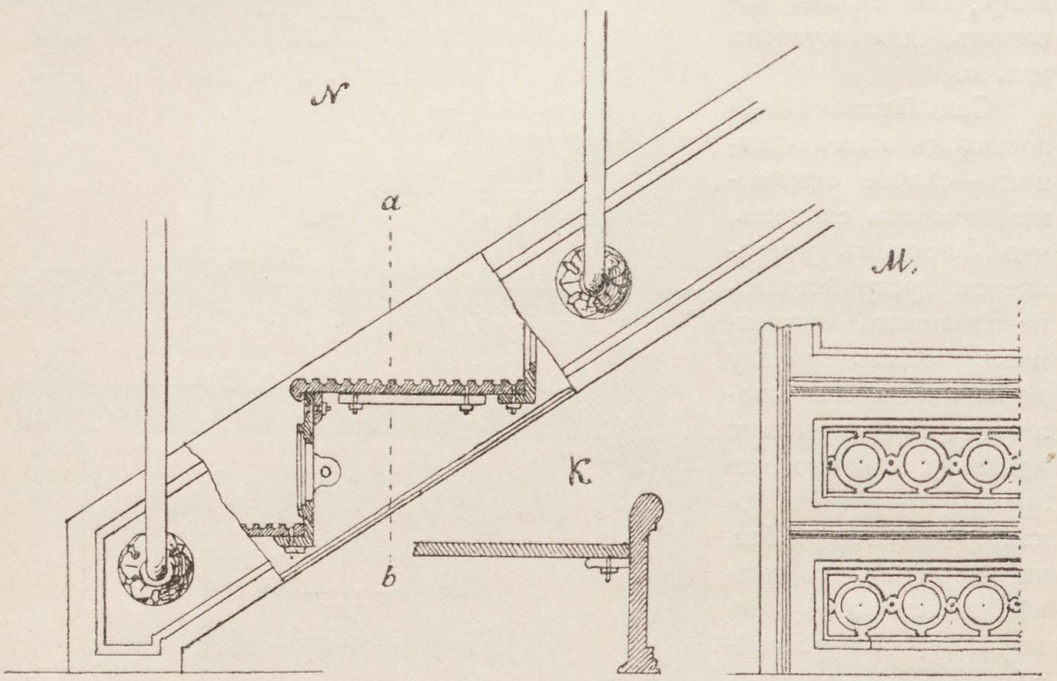
и, кромѣ того, несомнѣнно, болѣе безопасна въ пожарномъ отношеніи сравнительно съ предшествовавшими типами, поэтому бываютъ случаи, когда ихъ примѣненіе вполнѣ раціонально.

§ 99.

5) Металлическія лѣстницы.

Къ числу несгораемыхъ лѣстницъ принадлежатъ и металлическія, устраиваемыя изъ чугуна и желѣза; иногда соединяютъ и оба эти матеріала. Чугунъ для данной цѣли представляетъ то удобство, что изъ него можно отливать самыя разнообразныя формы; зато желѣзо, какъ мате-

Чер. 613.



ріалъ, имѣющій значительно большее сопротивленіе на изгибъ, даетъ болѣе прочныя и легкія лѣстницы съ формами болѣе тонкими. Въ сущности оба эти матеріала на случай пожара все же не удовлетворяютъ своему назначенію. Правда, они невоспламеняемы и несгораемы, но, въ то же время, имѣютъ способность быстро воспринимать высокую температуру и уже при 500° уменьшаютъ свое сопротивленіе внѣшнимъ силамъ на 75% (см. стр. 297; тамъ же и опыты Хайтта). Но даже, если бы раскаленныя металлическія лѣстницы и сохраняли свою прочность, то все равно пользоваться ими было бы невозможно. Въ этомъ отношеніи дерево, въ особенности предохраненное окраской отъ быстраго воспламененія, представляетъ лучшія условія. Опытъ показалъ, что деревянныя лѣстницы съ оштукатуреннымъ по войлоку софитомъ (нижняя поверхность марша) и площадками — воспламеняются въ рѣдкихъ случаяхъ.

Но, если въ пожарномъ отношеніи металлъ, какъ матеріалъ для лѣстницъ и не вполнѣ удовлетворяетъ своему назначенію, зато по отношенію къ его долговѣчности и высокимъ коэффиціентамъ сопротивленія на сжатіе, вытягиваніе и изгибъ—онъ превосходитъ всѣ остальные строительные матеріалы. Поэтому тамъ, гдѣ требуется соединить быстроту устройства съ прочностью и устойчивостью лѣстницы, способной выносить большіе грузы—чугунъ, а въ особенности желѣзо,—является однимъ изъ наиболѣе подходящихъ матеріаломъ.

За послѣднее время вмѣстѣ съ распространеніемъ желѣзо-бетонныхъ конструкцій, о которыхъ было сказано выше,—металлическія лѣстницы стали рѣже находить себѣ примѣненіе, т. к. желѣзо-бетонъ даетъ возможность также очень быстраго выполненія и, кромѣ того, на случай пожара представляетъ значительно меньше опасности.

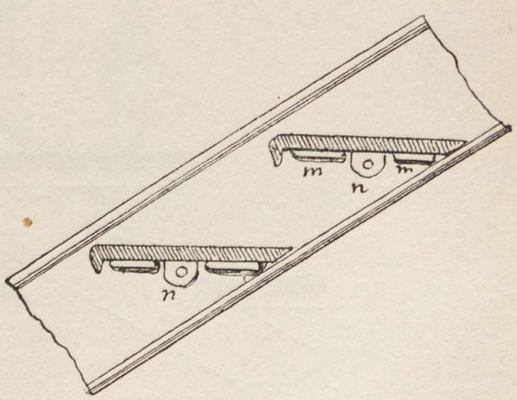
Чугунныя лѣстницы. Типичная конструкція чугунной, довольно красивой лѣстницы представлена на чер. 613. Здѣсь косоуры, проступи и подступеньки отлиты изъ чугуна и скрѣплены между собой посредствомъ винтовъ или болтовъ. Разрѣзъ по *ab* (чер. К) поясняетъ прикрѣпленіе проступи къ косоурамъ, а чер. лит. *М* изображаетъ въ фасадѣ подступенеки въ видѣ ажурныхъ рамокъ, тоже привинченныхъ къ косоурамъ и проступямъ.

Вертикальныя стойки изъ болтоваго желѣза, служащія для перилъ, входятъ загнутыми концами, съ винтовой нарѣзкой, въ дыры, просверленныя въ стѣнкѣ косоуровъ, и украшены розетками.

Такъ какъ отъ ходьбы чугунъ стирается, то, чтобы не скользить, поверхность проступи обыкновенно покрывается желобками.

Два простыхъ чугунныхъ (или желѣзныхъ) косоура, съ прикрѣпленными къ нимъ проступями (чер. 614), даютъ совершенно законченный маршъ для чугунной лѣстницы второстепеннаго значенія. Проступи располагаются на выступахъ *mm* и снабжены вертикальными ушками *m* для привинчиванія къ косоуру. Если послѣдній—желѣзная балка, то къ ея стѣнкѣ, для образованія выступовъ *mm*, приклепываются угольники.

Чер. 614.

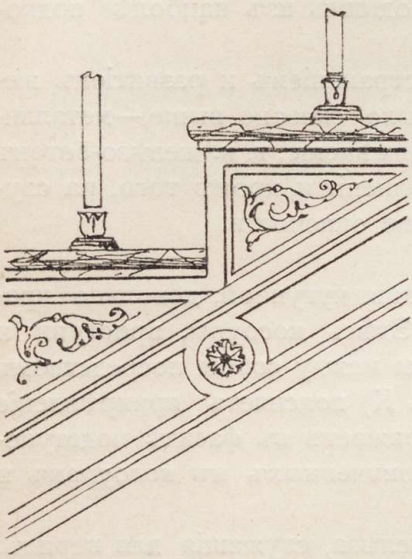


Чугунные косоуры имѣютъ форму или сплошныхъ чугунныхъ балокъ (чер. 613, *К*), къ стѣнкамъ которыхъ прикрѣпляются проступи и подступеньки, или эти балки имѣютъ видъ зубцовъ, служащихъ для поддержанія ступеней. На чер. 615 представлена такого типа лѣстница съ чугунными зубчатыми косоурами. Здѣсь металлическія проступи замѣнены мраморными досками, что, въ связи съ орнаментаціей косоуровъ и изящной лѣстничной рѣшеткой, представляетъ довольно красивый видъ, безшумною и удобную

ходьбу. Вмѣсто мраморныхъ плитъ, проступи могутъ быть и изъ дубовыхъ досокъ, но этимъ уже нарушается огнестойкость лѣстницы.

Для устройства площадокъ, такъ же какъ и при каменныхъ лѣстницахъ, укладываются балки чугунныя или желѣзныя двутавровыя; къ нимъ и прикрѣпляются посредствомъ болтовъ чугунные косоуры.

Чер. 615.

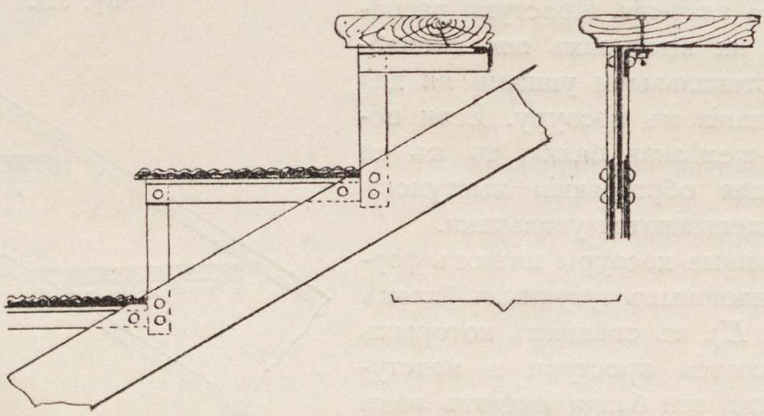


Въ нашемъ отечествѣ, не изобилующемъ твердыми каменными породами, для внутреннихъ каменныхъ лѣстницъ приходится довольствоваться довольно слабымъ известнякомъ, поэтому чугунныя лѣстницы съ желѣзными косоурами (чер. 614) во многихъ случаяхъ, въ особенности на фабрикахъ и заводахъ, могутъ быть примѣняемы съ большой пользой. Что касается ихъ недостатка въ пожарномъ отношеніи, то ступеньки изъ известняка такъ же разрушаются въ пламени пожара.

Желѣзныя лѣстницы на косоурахъ, благодаря разнообразію въ сортахъ прокатнаго желѣза и быстрой ихъ сборкѣ, имѣютъ большое распространеніе на практикѣ, въ особенности при устройствѣ лѣстницъ второстепеннаго назначенія.

Косоуры дѣлаются изъ полосового желѣза, швеллерныхъ, тавровыхъ и двутавровыхъ балокъ, а въ случаѣ значительныхъ размѣровъ и рѣшетчатые, состоящіе изъ уголковъ и полосъ.

Чер. 616.

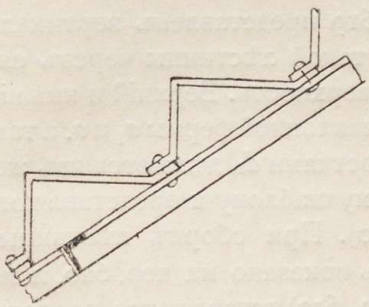


На чер. 616 представлена часть желѣзной лѣстницы, которой косоуръ состоитъ изъ двухъ широкихъ полосъ (20 см.), между которыми вклепываются горизонтальные и вертикальные угольники, служащіе для поддержанія проступей изъ рефленаго желѣза; послѣднее можетъ быть замѣ-

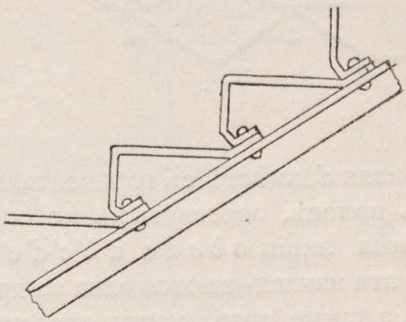
нено и деревянными досками. Вмѣсто двухъ полосъ, косоуры дѣлаются и изъ однотавроваго желѣза. Подступеньки могутъ и не быть. Вся лѣстница приготовляется и склепывается на заводѣ; остается только собрать и установить ее на мѣстѣ.

Площадки, точно такъ же какъ и при чугунныхъ лѣстницахъ, дѣлаются на желѣзныхъ балкахъ, съ покрытіемъ ихъ рефленымъ желѣзомъ.

Чер. 617.

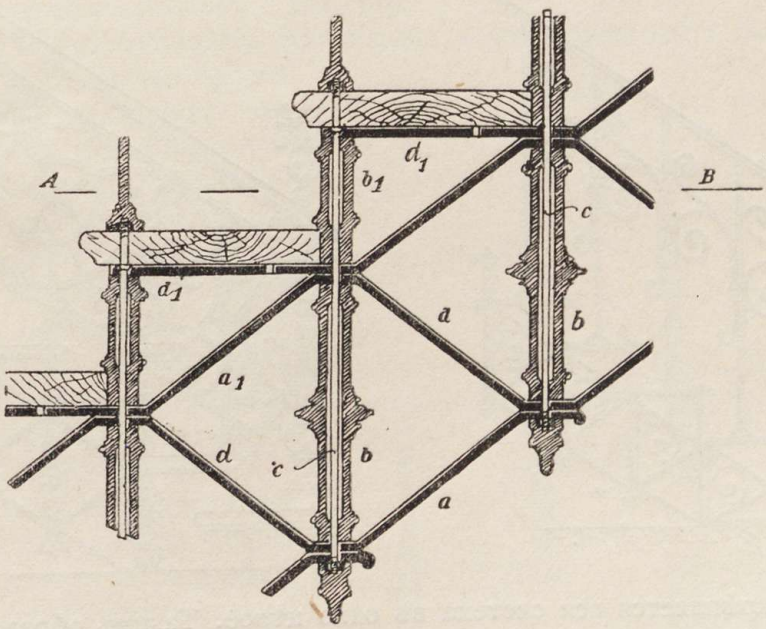


Чер. 618.



Еще проще устроить желѣзную лѣстницу легкаго типа съ помощью прикрѣпленія къ тавровому или угловому косоуру, идущему отъ площадки до площадки, изогнутыхъ полосъ желѣза по шаблону ступеньки (чер. 617

Чер. 619.

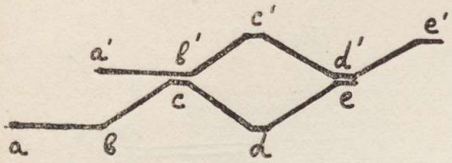


и 618). На эти зубцы накладываются проступи и къ нимъ же прикрѣпляются подступеньки.

Висячія желѣзныя лѣстницы. За послѣднее время появились весьма интересныя конструкціи висячихъ желѣзныхъ лѣстницъ, въ которыхъ ко-

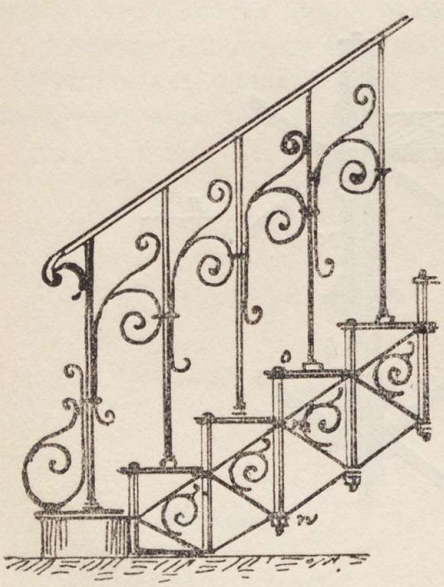
соуры въ видѣ отдѣльныхъ наклонныхъ балокъ совершенно отсутствуютъ и марши состоятъ изъ ступеней, связанныхъ другъ съ другомъ и идущихъ отъ площадки до площадки. Тетива, т.-е. косоуръ, образуется изъ частей одновременно съ установкою ступеней и составляетъ съ ними одно цѣлое, образуя какъ бы рѣшетчатую, наклонно поставленную ферму (чер. 619).

Чер. 620.

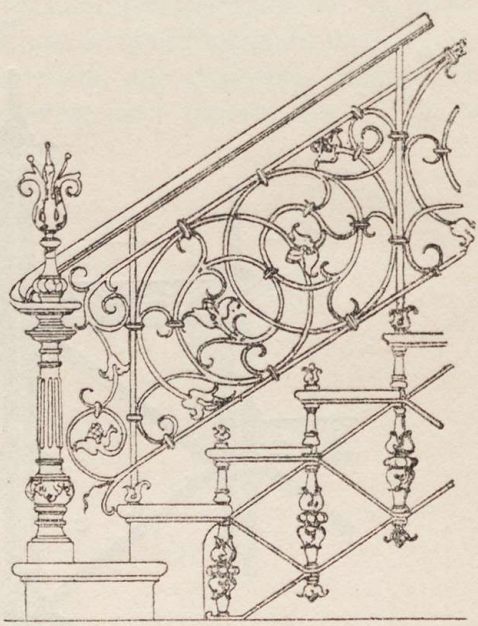


Первый, предложившій такія лѣстницы, былъ металлическій заводъ Joly, взявшій на нихъ патентъ въ Виттенбергѣ. На чер. 619 представленъ вертикальный разрѣзъ такой лѣстницы черезъ ея щековую поверхность. Верхній и нижній пояса этой наклонной фермы a_1 и a, а также и діагонали d, вмѣстѣ съ горизонтальными отростками d_1, дѣлаются изъ желѣзныхъ полосъ, перегнутыхъ по опредѣленному шаблону и представляющихъ ломаныя линіи $a\,b\,c\,d\,e$, $a'\,b'\,c'\,d'\,e'$ (черт. 620). При сборкѣ лѣстницы полосы эти накладываются одна на другую, какъ показано на чер. 620, и между ними, а также подъ концы отростковъ d_1 (чер. 619) вставляются распорки b, въ видѣ желѣзныхъ или чугунныхъ цилиндрическихъ столбиковъ, черезъ которые пропускаются болты c, c и завинчиваются снизу и сверху гайками.

Чер. 621.



Чер. 622.

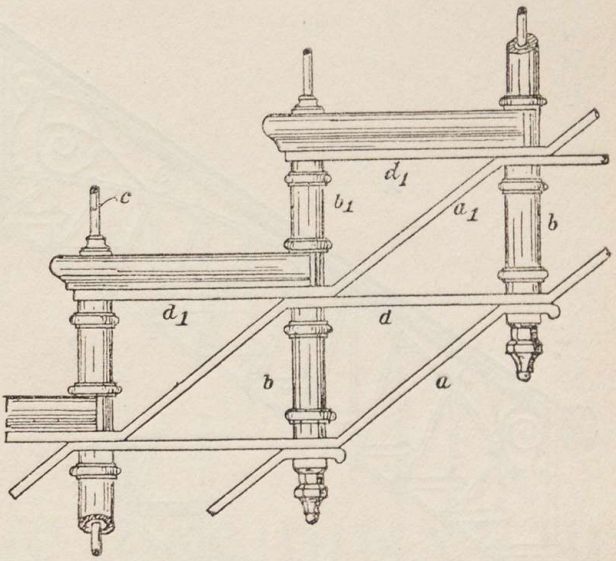


Этимъ и скрѣпляется вся система въ одно цѣлое. Такимъ образомъ получается рѣшетчатая тетива (косоуръ), при нагрузкѣ которой столбики и верхній поясъ со ступеньками будутъ сжиматься, а нижній поясъ (a) и болты—вытягиваться.

Концы вертикальныхъ болтовъ (c), связывающихъ всю систему, могутъ служить и для прикрѣпленія столбиковъ для перилъ.

Короткіе столбики b_1 снабжены вертикальнымъ пазомъ, въ которые вставляются подступеньки въ видѣ чугунной или желѣзной ажурной рамки. Проступи своими концами располагаются на полосахъ d_1, а по длинѣ поддерживаются плоскими горизонтальными выступами въ верхнемъ ребрѣ подступеньки.

Чер. 623.

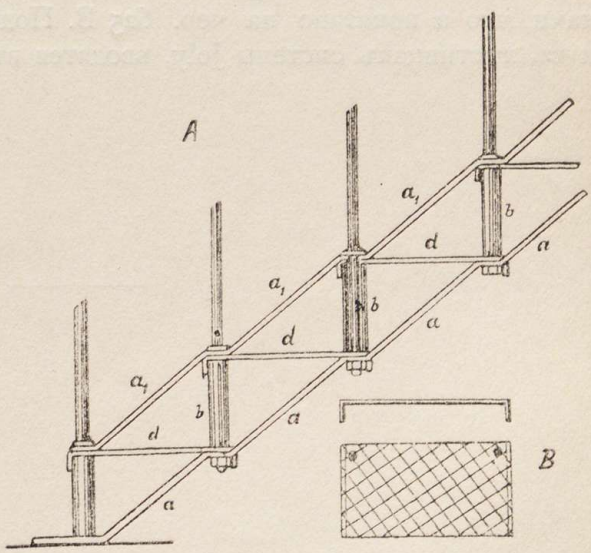


Проступи могутъ быть изъ рефленаго желѣза, деревянныхъ досокъ или каменныхъ плитъ.

Въ общемъ лѣстница получается очень легкая и красивая, поддающаяся чрезвычайно разнообразной художественной обработкѣ. Чертежи 621 и 622 даютъ понятіе о нѣкоторыхъ украшеніяхъ для тетевы и лѣстничныхъ перилъ, при чемъ на первомъ чертежѣ штанги перилъ ввинчиваются своими концами въ средину каждой ступеньки, а на второмъ онѣ служатъ какъ бы продолженіемъ болтовъ *c* рис. 619.

Идея *Joly* подвергалась различнымъ водоизмѣненіямъ и дальнѣйшему развитію. Такъ на чер. 623 мы видимъ нѣсколько иную ломаную линію желѣзныхъ полосъ, но характеръ конструкціи остается тотъ же; точно такъ же имѣются пояса a и a_1 и выступающія части этихъ полосъ d_1, подпертыя чугунными пустотѣлыи столбиками b и b, при чемъ столбики въ этой системѣ короче. Это конструкція *O. Wilk* (Eisenach).

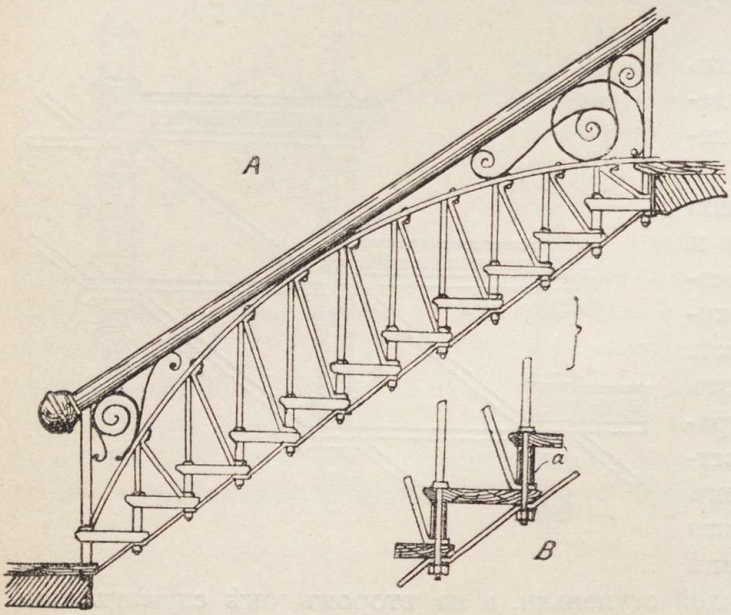
Чер. 624.



При томъ же конструктивномъ мотивѣ, но еще проще и съ меньшей затратой желѣза, выполняется висячая лѣстница, представленная на чер. 624. Здѣсь проступи располагаются на діагоналяхъ d и для образованія каждой ступеньки необходимъ только одинъ столбикъ или желѣзная трубочка b, въ которую пропускается болтъ, служащій вмѣстѣ съ тѣмъ и для перилъ лѣстницы. Желѣзныя полосы не

нарубаются отдѣльными отрѣзками для составленія нижняго и верхняго пояса (a и a_1), а идутъ неразрѣзными отъ площадки до площадки параллельно другъ другу. Для жесткости и большаго сопротивленія на изгибъ проступи дѣлаются изъ рефленаго желѣза съ загнутыми краями въ видѣ двухъ реберъ (чер. 624. B).

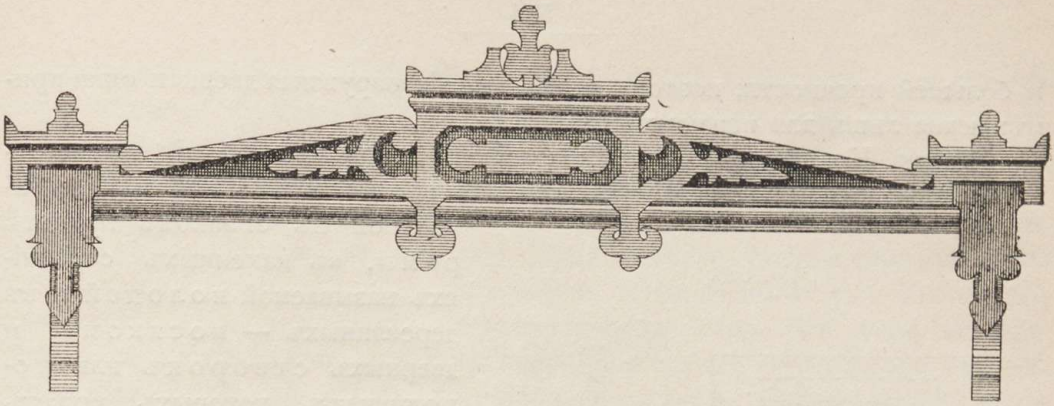
Чер. 625.



Довольно остроумно придумано устройство висячей лѣстницы, показанной на чер. 625. Здѣсь перила лѣстницы введены въ конструктивную поддерживающую часть *). Вся щековая поверхность лѣстницы, находящаяся въ одной щековой плоскости съ тетевой, напоминаетъ параболическую мостовую ферму и представляетъ чрезвычайно прочную конструкцію при наименьшей затратѣ матеріала. Желѣзныя или деревянныя проступи поддерживаются полыми вертикальными цилиндриками, желѣзными или чугунными, черезъ которые проходятъ вертикальные болты перилъ лѣстницы. Снизу болты завинчиваются гайками, что и показано на чер. 625 B. Подступеньки, точно такъ же какъ и въ лѣстницахъ системы Joly, вводятся въ пазы гильзъ a.

*) Die Eisenkonstruktionen des Hochbaues. R. Schöler.

Заполненіе оконныхъ и дверныхъ отверстій.



Ст. 8. Заполненіе оконныхъ и дверныхъ отверстій.

§ 100.

Когда строеніе закончено вчернѣ, т.-е. возведены стѣны, положены потолочныя балки и устроены черные полы и подготовка подъ чистые, поставлены стропила и кровля,—тогда приступаютъ къ чистой отдѣлкѣ, которой разнообразіе, изящество и сложность вполнѣ зависитъ отъ назначенія построеннаго зданія.

Въ обыкновенныхъ случаяхъ къ работамъ по отдѣлкѣ зданія принадлежатъ: 1) заполненіе оконныхъ и дверныхъ отверстій; 2) оштукатурка зданія снаружи; 3) устройство чистыхъ половъ; 4) отдѣлка стѣнъ помѣщенія, т.-е. оштукатурка ихъ, облицовка деревомъ, оклейка обоями, окраска и проч. и, наконецъ, 5) если строеніе предполагается жилымъ,—устройство отопленія и вентиляціи. Послѣднее, т.-е. вентиляція—необходима для всякаго рода помѣщенія.

Изъ всѣхъ перечисленныхъ работъ мы разсмотримъ лишь первую, т.-е. устройство дверей и оконъ.

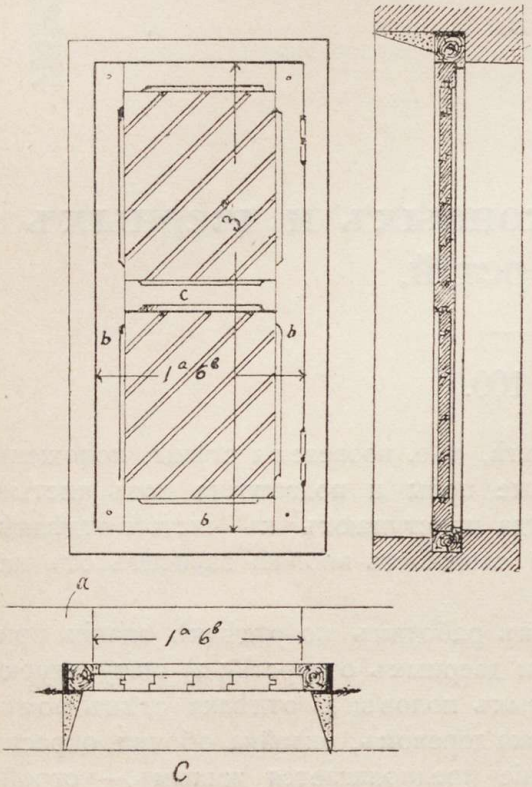
Какъ въ наружныхъ, такъ и во внутреннихъ стѣнахъ зданія, будутъ ли это капитальныя стѣны, или перегородки, оставляются пролеты или отверстія. Въ наружныхъ стѣнахъ такіе пролеты служатъ для входа въ строеніе или для проникапія въ него дневного свѣта, а во внутреннихъ стѣнахъ—для прохода изъ одного помѣщенія въ другое. Пролеты, служащіе для прохода, заполняются дверями, дающими возможность отдѣлять или изолировать помѣщеніе; свѣтовые же пролеты въ стѣнахъ вообще называются окнами, которыя въ нашемъ климатѣ непремѣнно должны быть заполнены или глухими или створчатыми стеклянными перегородками, т.-е. оконными рамами или переплетами.

Заполненія оконныхъ и дверныхъ отверстій могутъ быть или деревянныя или металлическія. Преимущество первыхъ заключается главнымъ образомъ въ ихъ малой теплопроводности, а вторыхъ—въ несгораемости

и бо́льшей прочности; поэтому металлическія наружныя двери и окна примѣняются лишь для нежилыхъ строеній.

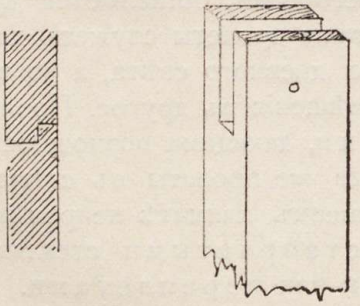
Двери. Конструкція заполненія всякаго дверного отверстія въ каменной или деревянной стѣнѣ состоитъ изъ прочно задѣланной или укрѣпленной въ стѣнномъ пролетѣ рамы, въ каменныхъ строеніяхъ называемой колодой, а въ деревянныхъ — косякомъ, и дверныхъ створокъ или полотнищъ, которыхъ можетъ быть одна, двѣ, три, а иногда и больше. Створки прикрѣпляются къ колодѣ посредствомъ шарнирныхъ петель или пятниковъ и могутъ вращаться на вертикальной оси.

Чер. 626.

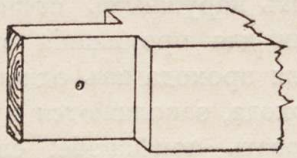


Самая простая одностворная или, какъ иногда говорятъ, однопольная дверь, заполняющая отверстіе въ каменной стѣнѣ, представлена въ фасадѣ, вертикальномъ и горизонтальномъ разрѣзахъ на чер. 626. Пролетъ каменной кладки обдѣланъ внутри съ выступомъ въ ½ кирпича, называемымъ притолокой, къ которой прислоняется деревянная колода, связанная изъ брусковъ, имѣющихъ въ сторонѣ квадрата отъ 2 до 3 верш. Изъ разрѣзовъ *B* и *C* видно, что въ колодѣ оставляется четверть, въ которую и вставляется дверь. Щель между колодой и каменной клад-

Чер. 627.



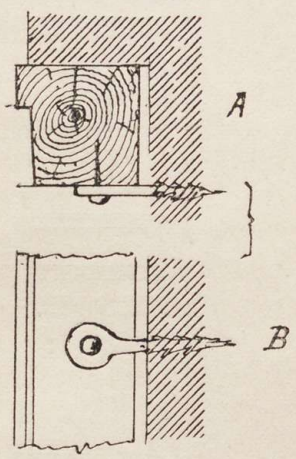
Чер. 628.



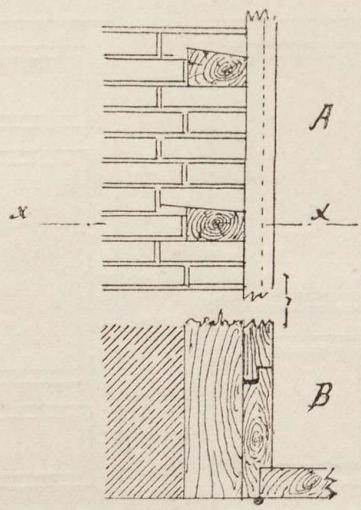
кой плотно забивается паклей, а откосы кругомъ заштукатуриваются. Такимъ образомъ получается плотное и непроницаемое сопряженіе колоды

съ каменной кладкой. Устройство самой двери совершенно сходно съ устройствомъ обыкновенной деревянной перегородки; оно состоитъ изъ обвязки *b*, *b*, сдѣланной изъ 1 или 1½-вершковыхъ досокъ, шириною отъ 2 до 3 верш., и средника *c*. Образовавшіяся такимъ образомъ двѣ рамки, заполняются болѣе тонкими досками, сплоченными между собой по длинѣ въ четверть съ отобраніемъ кромки (чер. 627). Доски эти ставятся горизонтально или наклонно и входятъ въ пазъ обвязки, которая въ углахъ связана въ шипъ (чер. 628), закрѣпленный деревяннымъ нагелемъ. Вся дверь навѣшивается на петли, привинченныя къ колодѣ, прикрѣпленной въ свою очередь къ каменной кладкѣ стѣны съ помощью ершей. Одинъ конецъ ерша вбивается въ каменную кладку, а другой, имѣющій проушину, прибивается посредствомъ гвоздя къ колодѣ, что и показано на чер. 629 въ горизонтальномъ разрѣзѣ *A* и въ фасадѣ *B*.

Чер. 629.



Чер. 630.



Вмѣсто прислонной колоды, въ дверной пролетъ каменной стѣны вставляютъ коробки изъ полутора- или двухвершковыхъ досокъ, въ видѣ четырехугольной рамы. Для прикрѣпленія коробки къ каменной кладкѣ въ послѣдней между рядами кирпича вставляются деревянные бруски, какъ это показано въ вертикальномъ разрѣзѣ *A* и въ планѣ *B* на чер. 630. Бруски имѣютъ видъ лапы, такъ какъ ребро, выходящее наружу тоньше внутренняго и равно ширинѣ кирпичнаго ряда, т.-е. 1½ вершкамъ.

Ширина дверей, измѣряемая въ четвертяхъ колоды или коробки, зависитъ отъ ихъ назначенія и назначенія самаго зданія и бываетъ очень разнообразна. Въ различныхъ случаяхъ можно принимать приблизительно слѣдующіе размѣры: для входныхъ дверей—отъ 2 до 3 аршинъ, при чемъ для общественныхъ залъ, фабрикъ и т. п.—отъ 2 до 2½ арш.

Ширина внутреннихъ дверей въ жилыхъ помѣщеніяхъ должна быть такова, чтобы давала возможность пронести всякую мебель; вообще принимается:

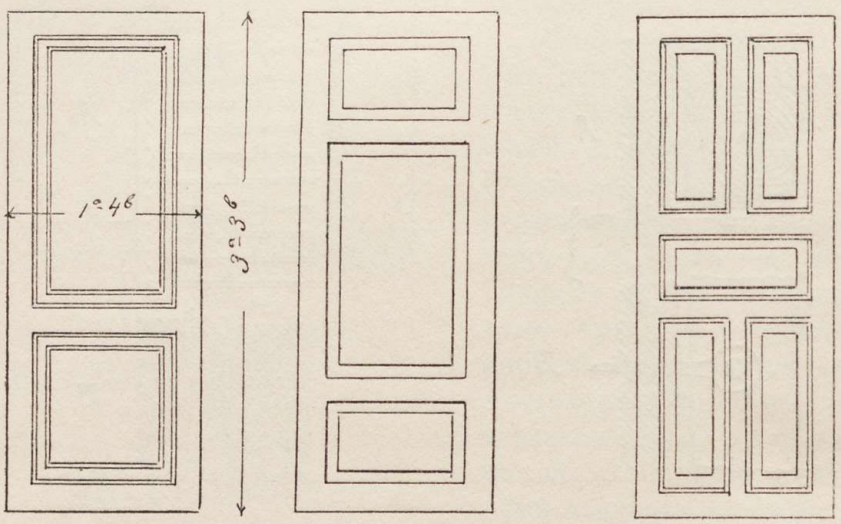
Въ обыкновенныхъ жилыхъ комнатахъ отъ 1 арш. 4 в. до 2 арш.
„ небольшихъ комнатахъ „ 1 арш. 2 в. до $1^1/_2$ арш.
„ кухняхъ, погребахъ, кладов. и проч. „ 1 арш. до 1 арш. 4 верш.

Менѣе 1 арш. шириной двери не дѣлаются.

Высота дверей зависитъ отъ назначенія ихъ. Въ общемъ слѣдуетъ замѣтить, что наилучшая пропорція двупольныхъ дверей получается при отношеніи ширины двери къ ея высотѣ какъ 1 : 2, т.-е. два квадрата или, что еще лучше, высота двери должна равняться діагонали этого прямоугольника (приблизительно 1 : $2^1/_4$).

На чер. 631 представлена однопольная филенчатая дверь столярной работы. Она состоитъ изъ обвязки и одного средника; заполненіе же устроено не изъ отдѣльныхъ дощечекъ, а изъ клееныхъ щитовъ, назыв.

Чер. 631. Чер. 632. Чер. 633.



филенками, отсюда и названіе дверей. Филенки приготовляются изъ хорошо высушенныхъ дюймовыхъ или полуторадюймовыхъ сосновыхъ досокъ и вставляются въ пазы обвязки и средниковъ, какъ это показано на чер. 634 въ фасадѣ и разрѣзѣ. Изъ этого чертежа видно, что края филенки нѣсколько скашиваются и вводятся въ пазъ, довольно глубокій, чтобы имѣть запасъ (на $^1/_8$ до $^3/_{16}$ верш.) на случай усыханія или разбуханія филенки отъ вліянія сухости или влажности воздуха. Скошенная часть дѣлается шириною около 1 верш. и назыв. фигареемъ. Обвязка и средники профилюются простыми калевками; эта профилевка, какъ видно изъ чер. 634, нѣсколько ослабляетъ пазъ, утоняя его стѣнки, поэтому прочнѣе дѣлать накладныя калевки, какъ это показано на чер. 635; здѣсь стѣнки обвязки, ограничивающія пазъ, остаются въ полной цѣлости, а къ нимъ прибиваются тонкими проволочными гвоздиками профилеванныя рейки. Такая обкладка даетъ болѣе рельефное и нарядное обрамленіе филенокъ.

Сопряженіе концовъ обвязки въ углахъ и со средниками дѣлается

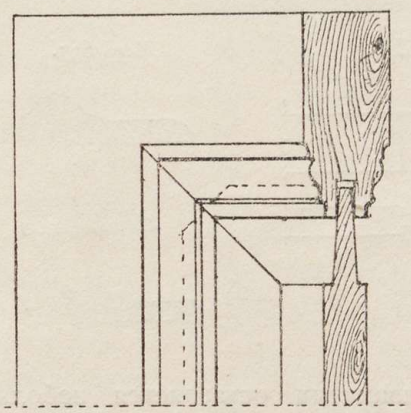
шипами (чер. 628), однимъ или двумя, смотря по толщинѣ досокъ. Для большей прочности шипъ дѣлается такъ, какъ это показано на чер. 636, т.-е. съ вырѣзомъ и, кромѣ того, по сторонамъ его загоняются тонкіе клинья *mm* изъ болѣе твердаго дерева.

Чѣмъ длиннѣе, а главное чѣмъ шире филенки, тѣмъ больше онѣ измѣняются отъ вліянія влажности, коробятся, а иногда и трескаются, поэтому выгоднѣе разбивать дверныя полотнища на болѣе мелкія части. Такъ, однопольная дверь, показанная на чер. 631, можетъ быть разбита на 3 (чер. 632) и даже на 5 филенокъ (чер. 633). Такія двери и прочней, и красивѣе.

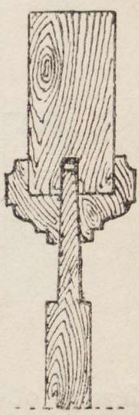
Съ цѣлью предупредить ссыханіе или коробленіе филенокъ, ихъ склеиваютъ иногда изъ двухъ слоевъ тонкихъ досокъ, хорошо просушенныхъ и расположенныхъ по направленіямъ взаимно перпендикулярнымъ.

На чер. 1, листъ 26, показана детально въ фасадѣ, вертикальномъ и горизонтальномъ разрѣзѣ прочная и довольно массивная однопольная дверь шириною 1 арш. 2 верш. и высотою 3 арш., о пяти филенкахъ. Обвязка сдѣлана изъ досокъ $1^1/_4$ верш., а филенки — изъ полуторадюймовыхъ досокъ.

Чер. 634.



Чер. 635.



Сопряженіе колоды съ деревянной стѣной или перегородкой закрыто наличникомъ, который служитъ обрамленіемъ дверного пролета. Простые наличники, наподобіе указаннаго на чертежѣ 1, дѣлаются шириною отъ 2 до 4 в. изъ хорошо высушеннаго дерева при толщинѣ досокъ отъ $^1/_2$ до $1^1/_2$ верш. На чер. 637 показано нѣсколько профилей простыхъ дверныхъ наличниковъ.

Дверныя полотна прикрѣпляются къ колодамъ съ помощью шарнирныхъ петель или пятниковъ.

Для этой цѣли наибольшее примѣненіе имѣютъ петли, показанныя на чер. 3 и 4 листъ 26, въ фасадѣ и въ вертикальномъ разрѣзѣ. Онѣ состоятъ изъ двухъ желѣзныхъ или мѣдныхъ плоскихъ планокъ *a* и *b*, снабженныхъ съ одного бока вертикальными цилиндрическими гильзами (трубочками). Въ нижней гильзѣ закрѣпленъ неподвижно двумя заклепками *d* и *d* стержень *c*, на который и надѣвается гильза верхней планки.

Чтобы избѣжать тренія краевъ гильзъ при вращеніи дверей, въ верхнюю гильзу ввинчивается стержень *e* такой длины, чтобы при соприкасаніи обоихъ стержней, между верхней и нижней гильзой оставался бы небольшой промежутокъ, что и показано на нашемъ чертежѣ. Соприкасающіеся концы стержней, для уменьшенія трущихся поверхностей, закруглены въ

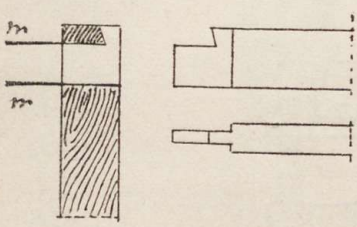
видѣ полусферы. При навѣшиваніи дверей сперва врѣзываютъ въ колоду за подлицо съ ея внутренной поверхностью, нижнюю планку петли съ неподвижнымъ стержнемъ и привинчиваютъ ее шурупами съ потопленными въ планку головками.

Совершенно такимъ же образомъ прикрѣпляютъ верхнюю часть петли съ внутреннимъ короткимъ стержнемъ къ дверной обвязкѣ; затѣмъ дверное полотно навѣшиваютъ. Обыкновенно бываетъ достаточно для каждой дверной створки двухъ петель, въ рѣдкихъ случаяхъ трехъ.

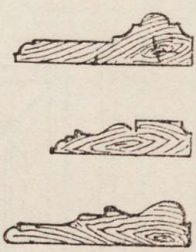
Весьма важно избѣжать скрипа дверей при ихъ вращеніи; съ этой цѣлью петли передъ навѣсомъ смазываютъ. Есть петли съ приспособленіемъ для ихъ смазыванія; такъ въ Берлинѣ фирмою F. Spengler изготовляются петли, для смазыванія которыхъ верхняя головка *e* (чер. 4, л. 26) отвинчивается и масло вливается. Нижняя головка имѣетъ форму чашечки, въ которую постепенно сливается излишекъ масла.

При грузныхъ дверяхъ значительныхъ размѣровъ употребляются пятники (чер. 5, листъ 26), состоящіе изъ двухъ желѣзныхъ полосъ, врѣзанныхъ за подлицо и привинченныхъ къ колодѣ и къ нижней поверхности дверной обвязки шурупами. Нижняя планка, какъ это видно изъ чертежа, снабжается вертикальнымъ коротким стержнемъ, на который и надѣвается проушина верхней планки. Между обѣими планками оставляется небольшой промежутокъ, чтобы уменьшить трущіяся поверхности при вращеніи дверей. Верхняя часть дверного полотнища удерживается обыкновенными шарнирными петлями.

Чер. 636.



Чер. 637.



Двупольныя двери. Дверные пролеты шириною болѣе $1^1/_2$ аршинъ заполняются двупольными дверями, которыхъ конструкція совершенно сходна съ однопольными. Онѣ дѣлаются или простой плотничной работы и состоятъ изъ обвязки со средниками, съ забиркой промежутковъ между брусками тонкими досками въ паз или болѣе чистой столярной работы—филенчатыя. Послѣдній видъ представленъ на чер. 638.

Такъ какъ ширина двупольныхъ дверей, для полученія надлежащей пропорціи дверного отверстія, требуетъ соотвѣтственной высоты, то, чтобы не дѣлать излишне длинныхъ полотнищъ, верхнюю часть отверстія заполняютъ или глухимъ щитомъ (*a*, чер. 638) или, если нуженъ просвѣтъ, то неподвижной стеклянной рамой, назыв. фрамугой. Для этой цѣли колода въ верхней части раздѣляется горизонтальнымъ средникомъ *b*.

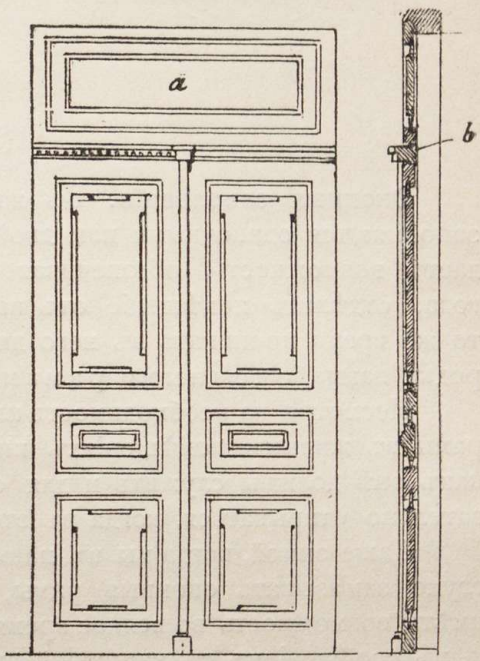
Двупольныя двери употребляются въ общественныхъ зданіяхъ, на фабрикахъ и заводахъ, въ парадныхъ комнатахъ частныхъ квартиръ и главнымъ образомъ какъ входныя двери; словомъ, тамъ, гдѣ могутъ про-

ходить одновременно нѣсколько человѣкъ или гдѣ требуется проносить громоздкіе предметы.

Въ частныхъ квартирахъ, въ особенности при ограниченныхъ размѣрахъ комнатъ, двупольныя двери неумѣстны и неудобны и ихъ слѣдуетъ помѣщать лишь въ исключительныхъ случаяхъ.

На чер. 2, листъ 26, представленъ примѣръ наружной входной двери въ фасадѣ и двухъ разрѣзахъ. Надъ дверями и по сторонамъ ихъ вставлены неподвижныя оконныя рамы, а также и въ самыхъ дверяхъ верхнія филенки замѣнены цѣльными стеклами. Такое устройство приходится примѣнять въ тѣхъ случаяхъ, когда прихожая или лѣстничная клѣтка въ нижней части не имѣетъ оконъ и дверной пролетъ долженъ служить источникомъ дневного свѣта.

Чер. 638.



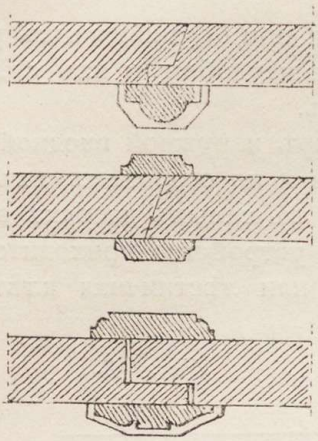
Наружныя двери дѣлаются изъ $1^1/_2$-вершковыхъ сосновыхъ досокъ, всегда болѣе массивными сравнительно съ внутренними дверями, при чемъ слѣдуетъ обратить вниманіе на плотность притвора. Отъ ссыханія дверной обвязки въ притворѣ можетъ образоваться щель, черезъ которую наружный воздухъ въ холодное время года проникаетъ въ помѣщеніе и охлаждаетъ его. Для предупрежденія этого неудобства къ дверной обвязкѣ, для закрытія притвора, съ одной или съ обѣихъ сторонъ прибиваются вертикальныя рейки. На чер. 639 представлено въ горизонтальномъ разрѣзѣ нѣсколько способовъ плотнаго затвора съ помощью реекъ, ширина коихъ дѣлается отъ $1^1/_2$ до 3 дюймовъ, а толщина—отъ 1 до $1^1/_2$ д.

Входныя двери должны отворяться наружу, чтобы ими можно было легко воспользоваться въ случаѣ пожара для выхода. Для общественныхъ зданій это правило введено въ обязательныя постановленія по строительной части.

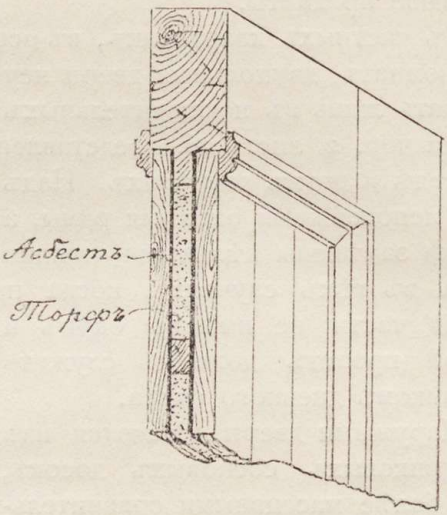
Для наружныхъ дверей, способныхъ сохранять тепло и дурно проводить звукъ, что тоже очень важно, проф. Nussbaum *) рекомендуетъ конструкцію, изображенную на чер. 640. Здѣсь обвязка съ внутренней стороны снабжена гребнемъ, служащимъ для обшивки дверного полотнища съ обѣихъ сторонъ тесомъ, предварительно подложивъ подъ эту обшивку два слоя асбестоваго картона. Образовавшійся промежутокъ, равный толщинѣ гребня, наполняется сыпучимъ дурнымъ проводникомъ: измельченнымъ торфомъ, древесными опилками, инфузорной землей и т. п. Сопряженіе обвязки съ обшивками обкладывается накладными галтелями.

*) Nussbaum. Das Wohnhaus, стр. 713.

Чер. 639.



Чер. 640.



§ 101.

Оконныя заполненія. Въ жилыхъ помѣщеніяхъ оконные пролеты заполняются одиночными или двойными стеклянными перегородками, что даетъ возможность, обезпечивая сохраненіе тепла въ холодное время года, отдѣлить помѣщеніе отъ наружной атмосферы, не препятствуя въ то же время проникать въ него дневному свѣту. Эти стеклянныя перегородки назыв. оконными рамами или переплетами.

Несмотря на необходимость плотнаго заполненія оконныхъ пролетовъ, рамы въ жилыхъ помѣщеніяхъ никогда не задѣлываются наглухо, такъ какъ онѣ должны служить и для освѣженія комнатнаго воздуха, а слѣдовательно открываться, когда въ этомъ встрѣтится надобность.

Даже зимой, когда мы въ нашемъ суровомъ климатѣ принуждены наглухо замазывать оконныя рамы, въ нихъ оставляются форточки, чтобы имѣть возможность во всякое время пользоваться прямымъ, непосредственнымъ сообщеніемъ съ наружной атмосферой.

О формѣ оконныхъ и дверныхъ отверстій было уже сказано выше (стр. 170); здѣсь мы скажемъ лишь объ ихъ размѣрахъ, какъ источниковъ дневного свѣта въ помѣщеніяхъ.

Обыкновенно размѣры свѣтовой поверхности окна опредѣляютъ отношеніемъ величины этой поверхности къ квадратному содержанію пола помѣщенія. При этомъ, однако, огромное значеніе имѣетъ, открытая ли мѣстность вокругъ строенія или она заслоняется сосѣдними домами, такъ какъ прямымъ источникомъ свѣта, какъ было уже упомянуто выше, является только поверхность неба (стр. 480, § 78).

Всякій отраженный свѣтъ уже значительно слабѣе. Во всякомъ случаѣ, въ нашемъ умѣренномъ климатѣ свѣтъ въ помѣщеніяхъ всегда желателенъ и, если ограничиваютъ размѣры оконъ, то только съ цѣлью уменьшить охлаждающія поверхности, такъ какъ окна, даже при двойныхъ рамахъ, имѣютъ значительно большій коэффиціентъ потери тепла и всегда

болѣе низкую температуру сравнительно съ каменной или деревянной стѣной, нормальной для жилого помѣщенія толщины *).

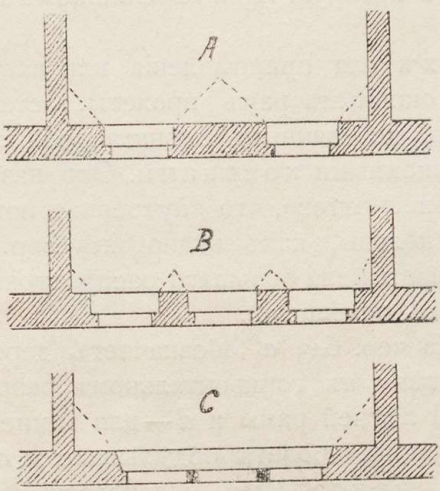
Для обыкновенныхъ жилыхъ домовъ дневной свѣтъ получается вполнѣ достаточнымъ при отношеніи свѣтовой поверхности оконъ къ поверхности пола какъ 1 : 7.

Въ школахъ, больницахъ, а также на фабрикахъ и заводахъ, гдѣ требуется больше свѣта, это отношеніе доводится до $^1/_5$ и даже до $^1/_4$.

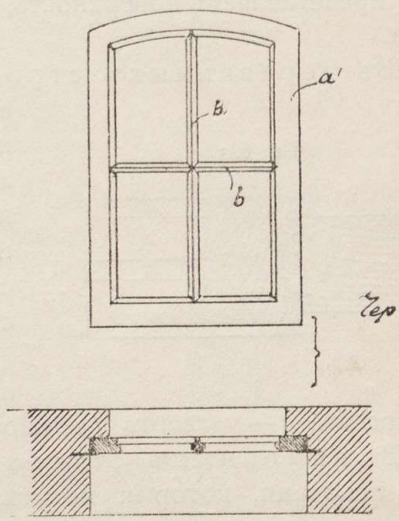
Чтобы свѣтъ дальше проникалъ въ глубину помѣщенія, окна слѣдуетъ поднимать, если это возможно, къ самому потолку или оставлять лишь такой промежутокъ, какой необходимъ для помѣщенія драпировки; наличники съ богато украшенными верхушками днемъ мало замѣтны надъ окнами.

Расположеніе оконъ группами и раздѣленіе ихъ неширокими простѣнками всегда даетъ лучшій эффектъ освѣщенія. Нуссбаумъ сравниваетъ

Чер. 641.



Чер. 642.



расположеніе оконныхъ пролетовъ, показанное на чер. 641 *A*, *B* и *C*. Размѣщеніе лит. *A* онъ находитъ неудачнымъ, такъ какъ простѣнокъ посрединѣ наружной стѣны между свѣтлыми окнами производитъ въ натурѣ непріятное впечатлѣніе темнаго пятна. На чер. *B* при тѣхъ же размѣрахъ комнаты, но при устройствѣ, вмѣсто двухъ — трехъ оконъ, свѣту вполнѣ достаточно и распредѣленіе его удачно, но все же онъ считаетъ наилучшимъ размѣщеніе и размѣры оконъ и простѣнковъ, показанные на чер. *C*. Здѣсь одно большое окно въ 3 рамы, свѣту много и онъ охватываетъ всю комнату.

Главную часть оконныхъ заполненій составляютъ стекла, расположенныя въ одинъ, два, а иногда и въ три ряда; по причинѣ хрупкости этого матеріала, стекла укрѣпляются въ переплетахъ, имѣющихъ видъ рѣшетокъ (чер. 642), которыя вмѣстѣ со стеклами и образуютъ собственно оконную раму.

*) Потеря тепла 1 кв. саж. оконъ съ двойными рамами при разности температуръ на 1° С. равна 19 ед. т. фунтовыхъ, а каменной стѣны въ $2^1/_2$ кирп. только 9 ед. т.

Если оконное отверстіе въ каменной стѣнѣ заполняется глухой, неподвижной стеклянной рамой, какъ это часто дѣлается для нежилыхъ строеній, то она просто прислоняется своей обвязкой къ выступающей притолокѣ и, такъ же какъ дверная колода (чер. 626), прикрѣпляется къ каменной кладкѣ ершами, а откосы оштукатуриваются.

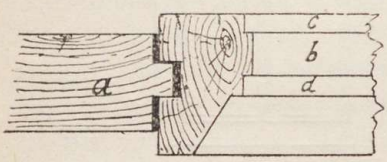
Итакъ, каждая оконная рама должна состоять изъ обвязки *a* (чер. 642) и такъ назыв. горбыльковъ *b*, подраздѣляющихъ раму на болѣе мелкія части, соотвѣтственно размѣрамъ стеколъ.

Въ жилыхъ строеніяхъ, какъ было уже сказано, оконныя рамы дѣлаются створчатыя, поэтому ихъ нельзя прислонять къ каменной кладкѣ, какъ показано на чер. 642, а необходимо навѣсить на особую раму, называемую, такъ же какъ и при устройствѣ дверей, колодою (при каменныхъ строеніяхъ) и косякомъ (при деревянныхъ).

Оконные переплеты въ нашемъ климатѣ для жилыхъ строеній должны быть двойные въ виду того, что при одной рамѣ, въ сильные морозы, окно представляетъ поверхность, черезъ которую теряется слишкомъ много тепла.

Въ деревянныхъ строеніяхъ для прикрѣпленія или навѣшиванія оконныхъ рамъ пролеты, оставленные въ деревянныхъ стѣнахъ, обдѣлываются оконными косяками. Это названіе произошло оттого, что внутренняя поверхность колоды, какъ видно изъ чер. 643, скашивается для большаго распространенія свѣта въ помѣщеніи.

Чер. 643.



На чер. 643 *a* обозначаетъ деревянную стѣну въ горизонтальномъ разрѣзѣ, *b* — косякъ, *c* — четверть для наружной лѣтней рамы и *d* — для зимней.

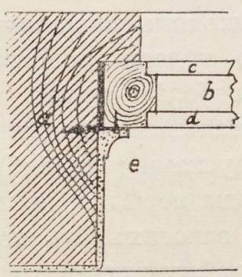
Въ каменныхъ стѣнахъ оконныя пролеты обдѣлываются оконными колодами, которыя могутъ быть закладныя и прислонныя. Первыя, густо просмоленныя, закладываются въ кирпичную кладку во время производства работъ, а вторыя прислоняются къ притолокѣ (чер. 644), такъ же какъ и дверныя колоды. Неудобства закладныхъ колодъ, какъ оконныхъ, такъ и дверныхъ, заключаются въ слѣдующемъ: 1) колоды, задѣланныя въ сырую кладку, несмотря на покрытіе смолой и войлокомъ, скоро загниваютъ; 2) отъ усыханія дерева около колоды образуются щели; 3) отъ неправильной осадки стѣнъ, ударовъ и толчковъ при подноскѣ матеріаловъ кирпичной кладки, колоды измѣняютъ свою форму или повреждаются; 4) при замѣнѣ повредившихся или сгнившихъ колодъ новыми, приходится выламывать кирпичную кладку. Всѣ эти недостатки закладныхъ колодъ совершенно вытѣснили ихъ изъ строительной практики, а поэтому мы будемъ говорить только о прислонныхъ колодахъ.

Для меньшей передачи тепла слѣдуетъ по возможности увеличивать разстояніе между лѣтней и зимней рамой, поэтому если устраивается только одна прислонная колода, то ширина ея должна быть не меньше 4 вершковъ.

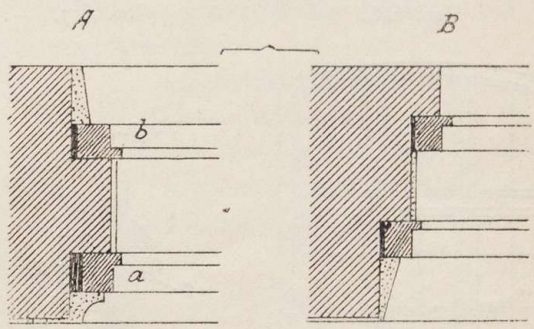
Точно такъ же какъ и при устройствѣ заполненія дверныхъ проемовъ, въ оконныхъ — оставляется притолока (выступъ), къ коей прислоняется колода, предварительно просмоленная и обложенная войлокомъ, а также и укрѣпленная ершами, какъ показано на чер. 644. Здѣсь *a*—каменная стѣна, *b*—оконная колода, *c* и *d*—четверти для навѣшиванія или вставки въ нихъ оконныхъ рамъ (переплетовъ), *e* — штукатурная галтель, коей прикрывается законопаченный зазоръ между колодой и каменной кладкой.

Болѣе раціонально примѣненіе вмѣсто одной колоды—двухъ, изъ коихъ одна для зимней, а другая для лѣтней рамы. Такая конструкція можетъ быть двухъ видовъ, какъ это показано въ горизонтальныхъ разрѣзахъ на чер. 645 *A* и *B*. Согласно чер. *A* въ каменной кладкѣ оставляются двѣ четверти: внутренняя и наружная, къ которымъ и прислоняются двѣ колоды; одна для зимней (*a*), а другая—для лѣтней (*b*) рамъ, при чемъ первыя отворяются вовнутрь, а вторыя—наружу. Второй примѣръ лит. *B*—обѣ четверти въ каменной кладкѣ обращены внутро, а слѣдовательно какъ

Чер. 644.



Чер. 645.



зимнія, такъ и лѣтнія створки отворяются въ одну внутреннюю сторону, что представляетъ неудобство въ трудности предупрежденія проникания дождевой воды во время вѣтра и, кромѣ того, требуетъ увеличенія ширины колоды для зимней рамы на двойную толщину лѣтнихъ рамъ; иначе послѣднія не могутъ вполнѣ отворяться, что неудобно.

Кромѣ того, отъ дѣйствія вѣтра рамы, отворяющіяся наружу, еще сильнѣй прижимаются къ четвертямъ колоды и затворъ дѣлается еще плотнѣй, тогда какъ при рамахъ, обращенныхъ внутрь, при сильномъ вѣтрѣ замѣчается обратное явленіе.

Устройство, вмѣсто одной колоды (чер. 644), двухъ, съ большимъ между ними разстояніемъ (чер. 645), раціональнѣе въ смыслѣ сохраненія тепла. Собственно съ теоретической стороны между двумя этими способами не замѣчается разницы, ибо увеличеніе толщины воздушной прослойки болѣе 0,1 м. не можетъ имѣть вліянія на передачу тепла *). Но съ практической стороны здѣсь замѣчаются два важныя обстоятельства, заставляющія отдать предпочтеніе способу съ двумя колодами на основаніи слѣдующаго: 1) при толщинѣ колоды около 4 верш. (фиг. 644) возможно промерзаніе стѣны у самой колоды внутри на притолокахъ, ибо можно себѣ представить

*) См. „Термокинетика“. П. Сальмановичъ. Гл. VIII.

обмѣнъ тепла въ обходъ колоды, какъ это показано кривыми линіями на чер. 644, и 2) при большомъ разстояніи между переплетами, въ 6—7 верш., стекло внутренней рамы меньше теряетъ тепла путемъ лучеиспусканія, поэтому и температура его будетъ выше, чѣмъ при болѣе близкомъ разстояніи между рамами. Эти удобства получаются за счетъ нѣкоторой потери мѣста или объема внутренняго помѣщенія, но жертва эта вполнѣ выкупается достигаемымъ улучшеніемъ въ теплосохраненіи.

Съ этой точки зрѣнія разстояніе между переплетами e должно находиться также въ зависимости отъ климатическихъ условій, и для его опредѣленія можетъ служить слѣдующая эмпирическая формула:

$$e = 0{,}06\ T_1 \text{ метровъ},$$

гдѣ T_1—наибольшая температурная разность, соотвѣтствующая данной географической мѣстности.

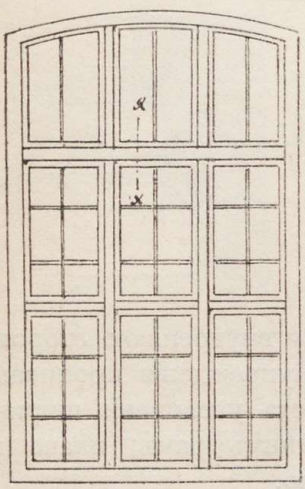
Такъ для Москвы и Петербурга при $T_1 = 45^0$,

$$e = 45 \cdot 0{,}06 = 0{,}27 \text{ м.},$$

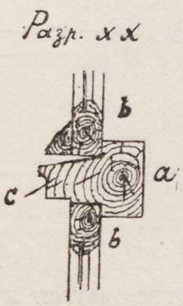
т.-е. 6 вершковъ.

При обыкновенныхъ размѣрахъ оконъ колода состоитъ изъ четырехъ брусьевъ, связанныхъ въ углахъ въ 1 или въ 2 шипа (чер. 628 и 636); если же окна значительныхъ размѣровъ (за исключеніемъ оконъ съ зеркальными стеклами) и рамы выходятъ слишкомъ велики, то колоды подраздѣляются на болѣе мелкія части горизонтальными и вертикальными брусками (чер. 646). Такія колоды нерѣдко примѣняютъ на заводахъ, въ котельныхъ помѣщеніяхъ и т. п. зданіяхъ. Въ такихъ колодахъ горизонтальные средники, для предотвращенія затеканія дождевой воды въ горизонтальныя сопряженія между колодой и рамой, имѣютъ выступы въ видѣ сливовъ, какъ это изображено на чер. 647 представляющемъ вертикальный разрѣзъ по линіи xx.

Чер. 646.



Чер. 647.



22

Указавъ конструкцію оконныхъ колодъ, переходимъ къ описанію рамъ или переплетовъ, т.-е. той части заполненія оконнаго просвѣта, которая назначается для вставки и укрѣпленія стеколъ. Обыкновенно переплеты со стеклами имѣютъ видъ вертикальныхъ тонкихъ перегородокъ, вставленныхъ или навѣшанныхъ на оконную колоду, обрамляющую оконный пролетъ.

Переплеты по матеріалу могутъ быть раздѣлены: на деревянные, изъ дубоваго или сосноваго лѣса, и металлическіе, изъ желѣза, чугуна и рѣдко изъ бронзы *).

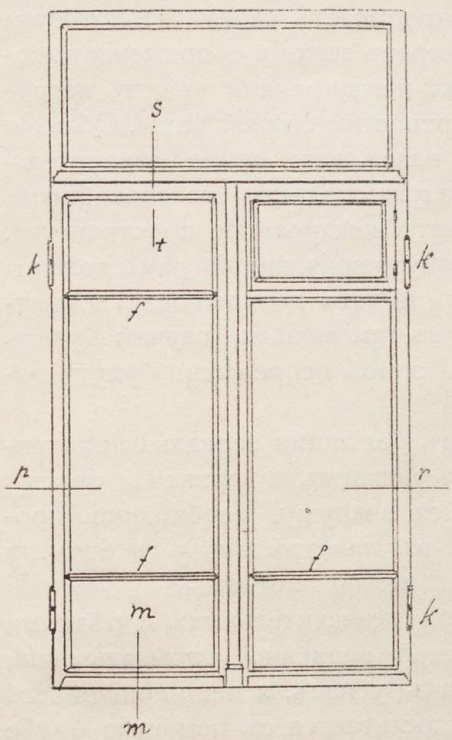
*) Напр., рамы въ храмѣ Христа Спасителя.

Деревяннымъ переплетамъ по большей части придаютъ форму прямоугольную, наиболѣе удобную для этого матеріала, но въ полукруглыхъ окнахъ переплеты по необходимости приходится дѣлать съ дугообразными частями.

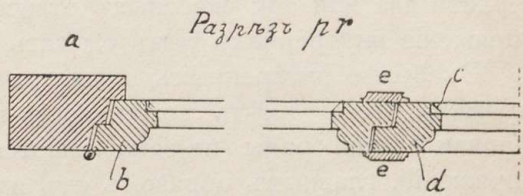
На чер. 648 представлена самая обыкновенная двустворчатая оконная рама, съ растворомъ вовнутрь и съ неподвижной верхушкой, назыв. фрамугою. Такимъ образомъ вся рама раздѣляется на 3 отдѣльныя части: верхушка и двѣ створки. Первая прикрѣпляется къ колодѣ неподвижно, а послѣднія навѣшиваются на колоду посредствомъ шарнирныхъ петель *K*, *K*. Каждая часть рамы состоитъ изъ обвязки и горбыльковъ *f*, *f*. Толщина и ширина рамныхъ брусковъ должна быть минимальная, чтобы не отнимать много свѣта; поэтому крѣпкое и стойко сопротивляющееся гніенію дерево для рамъ предпочитается.

Чѣмъ толще стекло, тѣмъ менѣе можетъ быть сдѣлано раздѣленій горбыльками и наоборотъ. Въ случаѣ зеркальныхъ стеколъ достаточно одной обвязки безъ всякихъ раздѣленій.

Чер. 648.



Чер. 649.



Такъ какъ рама должна по возможности плотно заполнять оконный пролетъ, чтобы не пропускать въ холодное время воздуха, а также быть непроницаемой для дождевой воды, то слѣдуетъ обращать особенное вниманіе на сопряженіе створокъ между собой и съ колодою. Эта непроницаемость достигается особой профилевкой четвертей колодъ и рамъ.

При этомъ, однако, не слѣдуетъ забывать, чтобы на случай увеличенія объема рамы отъ дѣйствія сырости какъ въ притворѣ, такъ и между оконной рамой и колодою, всегда оставался промежутокъ величиною отъ 1 до 2 мм.

Если мы представимъ себѣ разрѣзъ рамы, изображенный на чертежѣ 648, горизонтальной плоскостью по линіи *p r*, то наиболѣе употребительная форма фальцевъ показана на чер. 649. Изъ этого чертежа можно видѣть профилевку обвязки и четверть для стекла *c*. Здѣсь *a*—колода, *b*—обвязка лѣвой створки и *d*—правой створки. Фалецъ колоды устроенъ въ видѣ

двойной четверти; и для того, чтобы достигнуть болѣе плотнаго притвора обѣихъ створокъ, въ срединѣ прибиваются накладныя реечки *e*, *e*, изъ коихъ одна прибивается къ лѣвой, а другая къ правой створкѣ.

Зимнія рамы замазываются на зиму замазкой, состоящей изъ мѣла, олифы и небольшого количества клея.

Лѣтнія рамы не замазываются, съ цѣлью дать возможность наружному воздуху черезъ неплотности сопряженій проникать въ междурамное пространство. Только этимъ путемъ можно предупредить замерзаніе стеколъ наружнаго переплета. Дѣло въ томъ, что при этомъ происходитъ, хотя и медленное, но постоянное провѣтриваніе междурамнаго пространства: наружный, болѣе холодный воздухъ проникаетъ черезъ неплотности нижнихъ сопряженій рамъ съ колодою, а черезъ верхнія сопряженія выходитъ опять наружу, при чемъ въ промежуткѣ между рамами воздухъ нагрѣвается, соприкасаясь съ болѣе теплой поверхностью зимней рамы. Обладая зимой малымъ абсолютнымъ содержаніемъ влаги, даже самое незначительное повышеніе температуры наружнаго воздуха дѣлаетъ его способнымъ поглощать влагу; поэтому онъ и высушиваетъ междурамное пространство, постоянно унося влагу наружу. Наоборотъ, внутреннія, зимнія рамы должны быть какъ можно лучше замазаны, чтобы не дать возможности комнатному воздуху проникнуть между рамами; въ противномъ случаѣ будетъ обнаруживаться обратное явленіе и стекла зимой непремѣнно будутъ замерзать.

При устройствѣ магазинныхъ оконъ съ большими зеркальными стеклами, чтобы избѣжать ихъ намерзанія, въ нижнемъ и верхнемъ брускѣ рамной обвязки лѣтней рамы, отворяющейся внаружу, необходимо просверлить два или три сквозныхъ отверстія, въ діаметрѣ отъ 5 до 6 мм., а сопряженіе внутреннихъ рамъ сдѣлать какъ можно плотнѣе.

Въ болѣе умѣренныхъ климатахъ при незначительныхъ и рѣдкихъ морозахъ, чтобы имѣть возможность и зимой временно открывать окна, зимнія и лѣтнія рамы не замазываются какъ у насъ, а непроницаемость сопряженій, главнымъ образомъ отъ воды, достигается съ помощью болѣе сложной профилевки затворовъ и фальцевъ съ введеніемъ прокладки изъ полосъ какого-нибудь упругаго матеріала.

На чер. 650 въ горизонтальномъ разрѣзѣ показаны криволинейные фальцы съ прокладкою сукномъ или бумажною тканью. Здѣсь точно такъ же устроены накладныя реечки *e*, *e*, закрывающія притворъ.

Иногда вмѣсто сукна для той же цѣли употребляютъ гуттаперчевыя трубочки, какъ это показано на чер. 651; но такія трубочки скоро теряютъ свою эластичность.

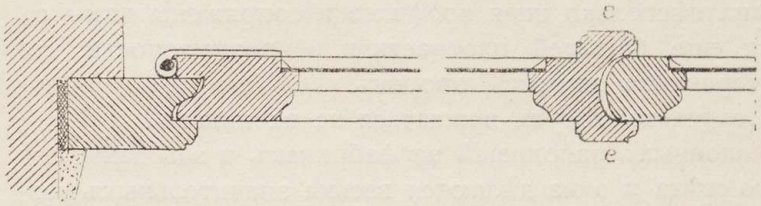
Горизонтальное сопряженіе створокъ съ фрамугою и колодою представлено на чер. 652 и 653, изображающіе разрѣзы рамы вертикальною плоскостью по линіямъ *st* и *mm* (чер. 648). Здѣсь *a*—прислонная колода, *b*—обвязка оконной створки, b_1—обвязка верхней неподвижной части рамы, *g* и *g*—выступающія части рамы или сливы, защищающія сопряженія отъ проникнанія въ нихъ воды, о чемъ уже упоминалось выше.

Къ нижней части колоды примыкаетъ и сопрягается съ ней греб-

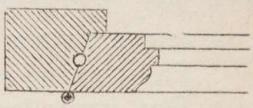
немъ деревянная подоконная доска *u*; снаружи подоконный сливъ окрывается желѣзомъ или оштукатуривается портландскимъ цементомъ.

На чер. 654 и 655 въ вертикальномъ и горизонтальномъ разрѣзахъ представлены весьма плотныя и непроницаемыя сопряженія оконной рамы

Чер. 650.



Чер. 651.

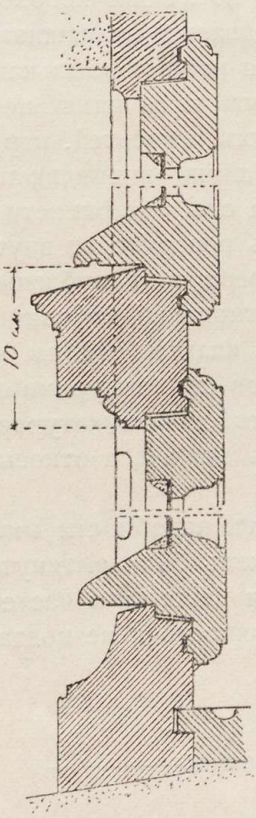


съ обвязкой, съ горизонтальнымъ средникомъ колоды и въ притворѣ оконныхъ переплетовъ. Здѣсь, соблюдая повсюду небольшой запасъ на случай разбуханія дерева (отъ 1 до 2 мм.), съ помощью довольно сложной профилевки и суконной прокладки (на чертежѣ въ видѣ черныхъ узкихъ полосокъ), — вполнѣ достигается плотность затвора и такія зимнія рамы на зиму могутъ оставаться незамазанными.

Чер. 652.

Чер. 653.

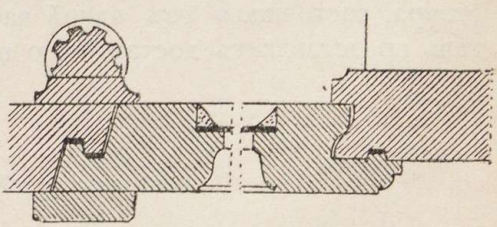
Чер. 654.



На чер. 1, 2 и 3, листъ 27, въ фасадѣ, вертикальномъ и горизонтальномъ разрѣзахъ, изображено окно съ двойными рамами для обыкновенной частной квартиры или для дома-особняка. Въ обѣихъ рамахъ оконныя створки открываются вовнутрь, поэтому здѣсь должно быть обращено особое вниманіе на плотность фальца въ предупрежденіе проникания дождевой воды.

Для прикрѣпленія створокъ оконное отверстіе обдѣлано двумя прислонными колодами для лѣтнихъ и зимнихъ створокъ.

Чер. 655.



Ширина наружной рамы въ четвертяхъ колоды — $1^1/_2$ арш., при вышинѣ 3 арш. 2 верш. Внутреннія рамы нѣсколько большихъ размѣровъ, что необходимо для возможности отворять лѣтнія створки во внутрь.

Обѣ рамы на три стекла—дѣленіе наиболѣе красивое съ неподвижной фрамугой. Разстояніе между обвязками зимнихъ и лѣтнихъ рамъ — $4^1/_2$ верш., а между ихъ стеклами — 5 верш. Обдѣлка внутреннихъ откосовъ, для меньшаго охлажденія междурамнаго пространства, деревянная.

Снаружи окно имѣетъ откосъ покрытый желѣзомъ, а снутри—деревянный, неширокій подоконникъ.

На чер. 4 показана нѣсколько иная профилевка сопряженія рамы съ колодою, достигающая еще большей плотности и непроницаемости, что рекомендуется для внутреннихъ зимнихъ створокъ.

Рамы въ обоихъ случаяхъ могутъ вращаться на пятникахъ.

При устройствѣ оконныхъ заполненій на фабрикахъ и заводахъ, гдѣ всегда требуется много свѣта и окна дѣлаются весьма значительныхъ размѣровъ нѣтъ необходимости въ употребленіи оконныхъ колодъ, такъ какъ вполнѣ достаточно для естественнаго провѣтриванія дѣлать створчатою не всю раму, а лишь среднюю ея часть, которая и навѣшивается на петли, прикрѣпленныя къ неподвижной части рамы. На чер. 5, 6 и 7, листъ 27, въ фасадѣ, вертикальномъ и горизонтальномъ разрѣзахъ, представлено такое оконное заполненіе для фабричныхъ зданій. Въ этомъ случаѣ оконная рама состоитъ изъ прочной обвязки (*a*), двухъ вертикальныхъ (*b*, *b*) и одного горизонтальнаго (*c*) средниковъ; послѣдній необходимъ для форточки. Къ одному изъ средниковъ привѣшивается вращающаяся на шарнирныхъ петляхъ *m* и *w* створка. Вся оконная рама горбыльками раздѣляется на 12 стеколъ. Передъ тѣмъ чтобы вставлять такія рамы, необходимо для нихъ приготовить притолоки въ видѣ двухъ четвертей, наружной и внутренней, съ промежуткомъ въ 6 вершковъ (длина кирпича); при этомъ наружная четверть для лѣтней рамы углублена отъ поверхности стѣны на 6 верш., а внутренняя, для зимней рамы, отъ поверхности внутренней стѣны, если толщина стѣны $2^1/_2$ кирпича,—на 3 вершка. Углубленіе оконной рамы съ фасада зданія желательно въ томъ отношеніи, что защищаетъ ее отъ дождя.

Приготовленныя въ каменной кладкѣ такимъ образомъ четверти, выступающія на $1^1/_2$—2 верш., вмѣстѣ съ междурамнымъ пространствомъ, чисто и правильно по ватерпасу и отвѣсу оштукатуриваются. Затѣмъ рама вставляется, оконопачивается кругомъ паклей, а откосы оштукатуриваются цементомъ.

Въ фабричныхъ строеніяхъ нѣтъ надобности имѣть внутренній подоконникъ, поэтому вмѣсто него можетъ быть вытянута галтель *M* изъ раствора, состоящаго изъ одной части цемента, 2 частей песку. Такая галтель представляетъ достаточную прочность и не поддается сырости.

Приложеніе.

ПРИЛОЖЕНІЕ.

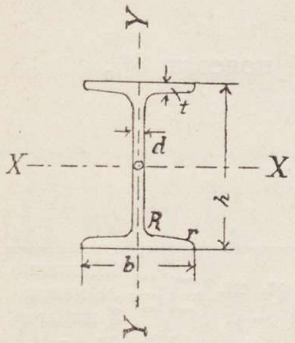


ТАБЛИЦА I-я.

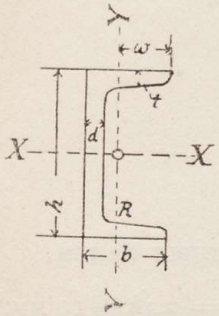
Двутавровыя желѣзныя прокатныя балки.

При высотѣ h не болѣе 250 мм.: $b = 0{,}4h + 10$ мм.;
$d = 0{,}03h + 1{,}5$ мм.
При $h > 250$ мм.: $b = 0{,}5h + 35$ мм.; $d = 0{,}036h$.
Уклонъ внутрен. поверхности поясовъ 14%.
$R = d$; $r = 0{,}6d$.

№№ профилей.	Размѣры въ мм.				Площадь F поперечн. сѣченія въ кв. см.	Вѣсъ 1 пог. м. въ килогр.	Моменты въ см. для осей x—x.		Моменты въ см. для осей y—y.	
	h	b	d	t			Моменты инерціи J_x (см.^{4}).	Моменты сопротивленія W_x (см.^{3}).	Моменты инерціи J_y (см.^{4}).	Моменты сопротивленія W_y (см.^{3}).
8	80	42	3,9	5,9	7,57	5,91	77,7	19,4	6,28	2,99
9	90	46	4,2	6,3	8,99	7,02	117,0	25,9	8,76	3,81
10	100	50	4,5	6,8	10,6	8,28	170,0	34,1	12,2	4,86
11	110	54	4,8	7,2	12,3	9,59	238,0	43,3	16,2	5,99
12	120	58	5,1	7,7	14,2	11,1	327,0	54,5	21,4	7,38
13	130	62	5,4	8,1	16,1	12,6	435,0	67,0	27,4	8,85
14	140	66	5,7	8,6	18,2	14,2	572,0	81,7	35,2	10,7
15	150	70	6,0	9,0	20,4	15,9	734,0	97,9	43,7	12,5
16	160	74	6,3	9,5	22,8	17,8	933,0	117,0	54,5	14,7
17	170	78	6,6	9,9	25,2	19,7	1165,0	137,0	66,5	17,1
18	180	82	6,9	10,4	27,9	21,7	1444,0	161,0	81,3	19,8
19	190	86	7,2	10,8	30,5	23,8	1759,0	185,0	97,2	22,6
20	200	90	7,5	11,3	33,4	26,1	2139,0	214,0	117,0	25,9
21	210	94	7,8	11,7	36,3	28,3	2558,0	244,0	137,0	29,3
22	220	98	8,1	12,2	39,5	30,8	3055,0	278,0	163,0	33,3
23	230	102	8,4	12,6	42,6	33,3	3605,0	314,0	188,0	36,9
24	240	106	8,7	13,1	46,1	35,9	4239,0	353,0	220,0	41,6
25	250	110	9,0	13,6	49,7	38,7	4954,0	396,0	255,0	46,4
26	260	113	9,4	14,1	53,3	41,6	5735,0	441,0	287,0	50,6
27	270	116	9,7	14,7	57,1	44,5	6623,0	491,0	325,0	56,0
28	280	119	10,1	15,2	61,0	47,6	7575,0	541,0	363,0	50,8
29	290	122	10,4	15,7	64,8	50,6	8619,0	594,0	403,0	66,1
30	300	125	10,8	16,2	69,0	53,8	9785,0	652,0	449,0	71,9
32	320	131	11,5	17,3	77,7	60,6	12493,0	781,0	554,0	84,6
34	340	137	12,2	18,3	86,7	67,6	15670,0	922,0	672,0	98,1
36	360	143	13,0	19,5	97,0	75,7	19576,0	1088,0	817,0	114,0
38	380	149	13,7	20,5	107,0	83,4	23978,0	1262,0	972,0	131,0
40	400	155	14,4	21,6	118,0	91,8	29173,0	1459,0	1160,0	150,0
42½	425	163	15,3	23,0	132,0	103,9	36956,0	1739,0	1433,0	176,0
45	450	170	16,2	24,3	147,0	115,0	45888,0	2040,0	1722,0	203,0
47½	475	178	17,1	25,6	163,0	127,0	56410,0	2375,0	2084,0	234,0
50	500	185	18,0	27,0	179,0	140,0	68736,0	2750,0	2470,0	267,0
55	550	200	19	30	212,0	166,0	99054,0	3602,0	3486,0	349,0

ТАБЛИЦА 2-я.

Швеллерное желѣзо (коробчатое).



$h = 0{,}25h + 25$ мм.

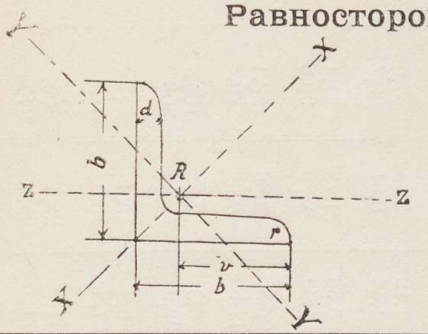
Уклонъ внутреннихъ поверхностей поясовъ 8%.

$R = t$; $r = \frac{t}{2}$.

№№ профилей.	Размѣры въ мм.				Поперечн. сѣченіе F въ кв. см.	Вѣсъ 1 п. м. въ кл.	Разстояніе центра тяжести v въ мм.	Моменты въ см. для осей $x-x$.		Моменты въ см. для осей $y-y$.		Минимальн. моменты 2 швеллер. для оси $y-y$.	
	h	b	d	t				Моментъ инерціи J_x (см.⁴).	Моментъ сопрот. W_x(см.³)	Моментъ инерціи J_y (см.⁴).	Моментъ сопрот. W_y(см.³)	Моментъ инерціи J_y (см.⁴).	Момонтъ сопрот. W_y(см.³)
3	30	33	5,0	7,0	5,44	4,24	19,9	6,39	4,26	5,33	2,68	29,04	8,8
4	40	35	5,0	7,0	6,21	4,85	21,7	14,1	7,1	6,68	3,08	35,34	10,1
5	50	38	5,0	7,0	7,42	5,55	24,3	26,4	10,6	9,12	3,75	45,1	11,9
6½	65	42	5,5	7,5	9,03	7,05	27,8	57,5	17,7	14,1	5,06	64,6	15,4
8	80	45	6,0	8,0	11,0	8,6	30,5	106,0	26,5	19,4	6,37	86,4	19,2
10	100	50	6,0	8,5	13,5	10,5	34,5	206,0	41,1	29,3	8,5	123	24,7
12	120	55	7,0	9,0	17,0	13,3	39,0	364,0	60,7	43,2	11,1	175,0	31,7
14	140	60	7,0	10,0	20,4	15,9	42,5	605,0	86,4	62,7	14,8	251,0	41,8
16	160	65	7,5	10,5	24,0	18,7	46,6	925,0	116,0	85,3	18,3	333,0	51,3
18	180	70	8,0	11,0	28,0	21,8	50,8	1354,0	150,0	114,0	22,4	434,0	61,9
20	200	75	8,5	11,5	32,2	25,1	54,9	1911,0	191,0	148,0	27,0	556,0	74,2
22	220	80	9,0	12,5	37,4	29,2	58,6	2690,0	245,0	197,0	33,6	737,0	92,1
24	240	85	9,5	13,0	42,3	33,0	62,7	3598,0	300,0	248,0	39,6	917,0	108,0
26	260	90	10,0	14,0	48,3	37,7	66,4	4823,0	371,0	317,0	47,8	1172,0	130,0
28	280	95	10,0	15,0	53,3	41,6	69,7	6276,0	450,0	399,0	57,2	1481,0	156,0
30	300	100	10,0	16,0	58,8	45,8	73	8026,0	535,0	495,0	67,8	1847,0	185,0

ТАБЛИЦА 3-я.

Равностороннее угловое желѣзо.



Главныя оси $X-X$ и YY.

$$R = \frac{d_{min} + d_{max}}{2}; \quad r = \frac{R}{2}.$$

Моменты выражены въ см.

№№ профилей.	Размѣръ профилей въ мм. b	d	Поперечн. сѣченіе F въ кв. см.	Вѣсъ G въ кл. м.	Разстояніе центра тяжести v въ см.	Моменты для осей $X-X$. Моментъ инерціи J_x (см.⁴).	Моментъ сопротив. W (см.³).	Моменты для осей YY. Моментъ инерціи J_y (см.⁴).	Моментъ сопротив. W_y (см.³).	Минимальн. моменты 2 уголковъ относительно осей XX. Моментъ инерціи J_x (см.⁴).	Моментъ сопротив. W_x (см.³).	Минимальн. моменты для 4 уголковъ относительно осей $X-X$ или YY. Моментъ инерціи J_1 (см.⁴).	Моментъ сопротив. W_2 (см.³).
1½	15	3	0,82	0,64	1,02	0,24	0,23	0,06	0,08	0,30	0,29	1,33	0,99
		4	1,05	0,82	0,99	0,29	0,28	0,08	0,10	0,37	0,37	1,84	1,23
2	20	3	1,12	0,87	1,40	0,62	0,44	0,15	0,17	0,77	0,55	3,14	1,57
		4	1,45	1,13	1,36	0,77	0,55	0,19	0,21	0,96	0,71	4,29	2,15
2½	25	3	1,42	1,11	1,77	1,27	0,72	0,31	0,30	1,58	0,89	6,14	2,45
		4	1,85	1,44	1,74	1,61	0,91	0,40	0,37	2,01	1,15	8,32	3,33
3	30	4	2,27	1,77	2,11	2,85	1,35	0,76	0,61	3,61	1,71	14,2	4,74
		6	3,27	2,55	2,04	3,91	1,84	1,06	0,78	4,96	2,43	21,9	7,31
3½	35	4	2,67	2,08	2,50	4,68	1,90	1,24	0,88	5,92	2,37	22,5	6,44
		6	3,87	3,02	2,42	6,50	2,63	1,77	1,15	8,26	3,41	34,6	9,88
4	40	4	3,08	2,40	2,88	7,09	2,50	1,86	1,17	8,94	3,11	33,3	8,33
		6	4,48	3,49	2,80	9,98	3,52	2,67	1,57	12,7	4,52	51,1	12,8
		8	5,80	4,52	2,72	12,4	4,38	3,38	1,81	15,8	5,80	69,5	17,4
4½	45	5	4,30	3,36	3,22	12,4	3,91	3,25	1,80	15,7	4,87	59,5	13,2
		7	5,86	4,57	3,14	16,4	5,16	4,39	2,28	20,8	6,63	85,0	18,9
		9	7,34	5,73	3,06	19,8	6,24	5,40	2,65	25,2	8,25	111,2	24,7
5	50	5	4,80	3,75	3,60	17,4	4,91	4,59	2,32	22,0	6,10	81,7	16,3
		7	6,56	5,12	3,51	23,1	6,53	6,02	2,85	29,1	8,30	116	23,3
		9	8,24	6,43	3,44	28,1	7,94	7,67	3,47	35,8	10,39	152	30,4
5½	55	6	6,31	4,92	3,94	27,4	7,04	7,24	3,27	34,6	8,79	131	23,8
		8	8,23	6,42	3,86	34,8	8,96	9,35	4,03	44,2	11,5	177	32,2
		10	10,07	7,85	3,78	41,4	10,64	11,27	4,64	52,7	13,9	224	40,8
6	60	6	6,91	5,39	4,31	36,1	8,51	9,43	3,95	45,5	10,6	170	28,3
		8	9,03	7,04	4,23	46,1	10,9	12,1	4,85	58,3	13,8	230	38,3
		10	11,07	8,63	4,15	55,1	13,0	14,6	5,58	69,7	16,8	291	48,4
6½	65	7	8,70	6,79	4,65	53,0	11,5	13,8	5,25	66,8	14,4	252	38,4
		9	10,98	8,56	4,57	65,4	14,2	17,2	6,31	82,6	18,1	329	50,6
		11	13,17	10,30	4,50	76,8	16 7	20,7	7,30	97,5	21,7	406	62,5

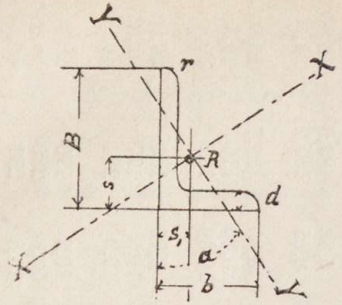


ТАБЛИЦА 4-я.

Не равностороннее угловое желѣзо.

Отношеніе ширины сторонъ $\frac{B}{b} = 1\frac{1}{2}$

$$d_{min} = \frac{b+B}{20}; \quad R = \frac{d_{min} + d_{max}}{2}; \quad r = \frac{R}{2}.$$

№№ профилей.	Размѣры профилей въ мм.			Поперечн. сѣченіе F въ кв. см.	Вѣсъ G въ кл. п. м.	Разстояніе центра тяжести въ см.		Положеніе главной оси $Y-Y$ $tg\,.\,\alpha$.	Моменты для осей $X-X$.		Моменты для осей $Y-Y$.		Минимальн. моменты 2 уголковъ для осей Y-Y.	
	b	B	d			s	s_1		Моментъ инерціи J_x (см.⁴).	Моментъ сопротив. W_x (см.³).	Моментъ инерціи J_y (см.⁴.).	Моментъ сопротив. W_y (см.³).	Моментъ инерціи J_y (см.⁴).	Моментъ сопротив. W_2 (см.³).
2/3	20	30	3	1,42	1,11	0,99	0,49	0,407	1,42	0,70	0,28	0,26	1,58	0,79
			4	1,85	1,44	1,03	0,54	0,382	1,82	0,90	0,33	0,32	2,19	1,09
3/4½	30	45	4	2,87	2,24	1,48	0,74	0,421	6,63	2,17	1,19	0,75	7,25	2,42
			5	3,53	2,75	1,52	0,78	0,400	8,01	2,63	1,44	0,91	9,21	3,07
4/6	40	60	5	4,79	3,74	1,95	0,97	0,426	19,8	4,82	3,66	1,73	21,4	5,28
			7	6,55	5,11	2,04	1,05	0,400	26,3	6,47	4,63	2,20	30,6	7,64
5/7½	50	75	7	8,33	6,50	2,47	1,24	0,417	53,1	10,4	9,58	3,66	58,4	11,7
			9	10,5	8,20	2,56	1,32	0,398	65,4	12,9	11,9	4,56	76,8	15,4
6½/10	65	100	9	14,2	11,0	3,31	1,59	0,399	160	23,6	26,8	7,73	165	25,4
			11	17,1	13,3	3,40	1,67	0,384	189	28,1	32,9	9,54	206	31,6
8/12	80	120	10	19,1	14,9	3,92	1,95	0,425	317	38,7	56,8	13,4	341	42,7
			12	22,7	17,7	4,00	2,02	0,412	370	45,4	67,5	16,0	415	51,9
10/15	100	150	12	28,7	22,4	4,89	2,42	0,426	747	73,0	134	25,4	800	80,0
			14	33,2	25,9	4,97	2,50	0,418	854	83,8	153	29,0	942	94,2

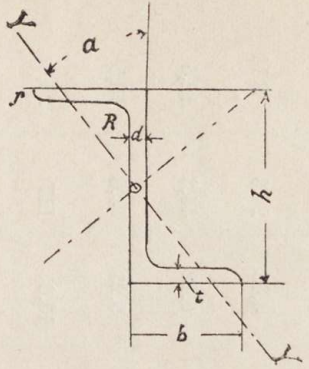


ТАБЛИЦА 5-я.

Зетовое желѣзо.

$b = 0{,}25 \cdot h + 30$ мм.

$d = 0{,}035 \cdot h + 3$ мм.

$t = 0{,}05 \cdot h + 3$ мм.

$R = t, \quad r = \frac{t}{2}$.

№№ профилей.	Размѣры въ мм.				Поперечное сѣченіе F въ кв. см.	Вѣсъ G въ кл. п. м.	Положеніе главной оси YY $tg\,.\,\alpha$.	Моменты для осей $X—X$.		Моменты для осей $Y—Y$.	
	h	b	d	t				Моментъ инерціи J_x (см.^{4}).	Моментъ сопротив. W_x (см.^{3}).	Моментъ инерціи J_y (см.^{4}).	Моментъ сопротив. W_y (см.^{3})
3	30	38	4	4,5	4,32	3,37	1,69	18,1	4,69	1,54	1,11
4	40	40	4,5	5	5,43	4,23	1,20	28,0	6,72	3,05	1,83
5	50	43	5	5,5	6,77	5,28	0,96	44,9	9,76	5,23	2,76
8	60	45	5	6	7,91	6,17	0,80	67,2	13,5	7,60	3,73
10	80	50	6	7	11,1	8,67	0,61	142	24,4	14,7	6,44
12	100	55	6,5	8	14,5	11,3	0,52	270	39,8	24,6	9,26
14	120	60	7	9	18,2	14,2	0,46	470	60,6	37,7	12,5
15	140	65	8	10	22,9	17,9	0,42	768	88,0	56,4	16,6
16	160	70	8,5	11	27,5	21,5	0,39	1184	121	79,5	21,4
18	180	75	9,5	12	33,3	26,0	0,37	1759	164	110	27,0
20	200	80	10	13	38,7	30,2	0,36	2509	213	147	33,4

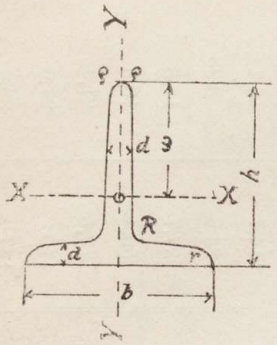


ТАБЛИЦА 6-я.

Однотавровое желѣзо.

$h = b$; $d = 0{,}1h + 1$ мм.; $R = d$;

$r = \frac{R}{2}$; $\rho = \frac{R}{4}$.

Наклонъ полки 2%, наклонъ стѣнки 2%.

№№ профилей.	Размѣры профилей въ мм.			Поперечное сѣченіе F кв. см.	Вѣсъ G въ кл. п. м.	Разстояніе w до до центра тяжести въ см.	Моменты для осей X—X.		Моменты для осей Y—Y.		Минимальн. моментъ двухъ тавровъ для осей Y-Y.	
	b	h	d				Моментъ инерціи J_x (см.⁴).	Моментъ сопротив. W_x (см.³).	Моментъ инерціи J_y (см.⁴).	Моментъ сопротив. W_y (см.³).	Моментъ инерціи J_y (см.⁴).	Моментъ сопротив. W_y (см.³).
2/2	20	20	3	1,12	0,87	1,42	0,38	0,27	0,20	0,20	0,39	0,39
2½/2½	25	25	3,5	1,64	1,28	1,77	0,87	0,49	0,43	0,34	0,85	0,68
3/3	30	30	4	2,26	1,76	2,15	1,72	0,80	0,87	0,58	1,73	1,16
3½/3½	35	35	4,5	2,97	2,32	2,51	3,10	1,23	1,57	0,90	3,14	1,80
4/4	40	40	5	3,77	2,94	2,88	5,28	1,84	2,58	1,29	5,16	2,58
4½/4½	45	45	5,5	4,67	3,64	3,24	8,13	2,51	4,01	1,78	8,03	3,57
5/5	50	50	6	5,66	4,42	3,61	12,1	3,36	6,06	2,42	12,1	4,85
6/6	60	60	7	7,94	6,19	4,34	23,8	5,48	12,2	4,05	24,3	8,11
7/7	70	70	8	10,6	8,27	5,06	44,5	8,79	22,1	6,32	44,3	12,6
8/8	80	80	9	13,6	10,6	5,78	73,7	12,8	37,0	9,25	74,0	18,5
9/9	90	90	10	17,1	13,3	6,52	119	18,2	58,5	13,0	117	26,0
10/10	100	100	11	20,9	16,3	7,26	179	24,6	88,3	17,7	177	35,3
12/12	120	120	13	29,6	23,1	8,72	366	42,0	178	29,7	356	59,4
14/14	140	140	15	39,9	31,1	10,2	660	64,7	330	47,2	660	94,3

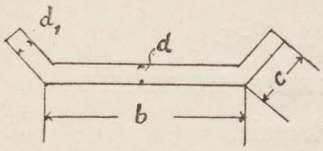
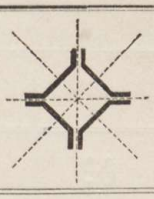


ТАБЛИЦА 7-я.

Трапеціодальное желѣзо

(Burbacher Hütte).

№№ профилей.	Размѣры профилей въ см.				Поперечное сѣченіе F въ кв. см.	 Моментъ инерціи J для всѣхъ четырехъ осей въ см. ^{4}
	b	c	d	d_1		
6	16,35	7	1,3	1,3	36,9	11747
6*a*	16,35	7	1,5	1,5	42 0	13814
6*b*	16,35	7,3	1,7	1,7	47,2	15880
7	28	8,35	1,8	1,8	88,8	73957
7*a*	28	8,5	2,0	2,0	96,8	81602
7*b*	28	8,63	2,2	2,2	104,8	89217
7*c*	28	8,77	2,4	2,4	112,8	96892
7*d*	28	8,9	2,6	2,6	120 8	104537
7*e*	28	9,05	2,8	2,8	128,8	112182
7*f*	28	9,20	3,0	3,0	136,8	119827
7*g*	28	9,33	3,2	3,2	141,8	127472
7*h*	28	9,5	3,4	3,4	152,8	135117
7*i*	28	9,6	3,6	3 6	160,8	142760

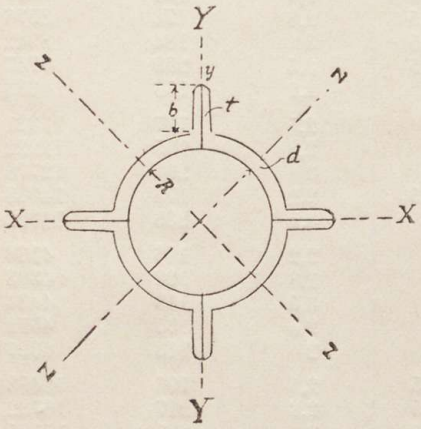
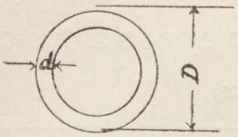


ТАБЛИЦА 8-я.

Квадрантное желѣзо.

№№ профилей.	Размѣры въ мм.				Поперечное сѣченіе F всѣхъ четырехъ частей.	Моментъ инерціи J для всѣхъ осей (см. ^{4}).	Моменты сопротивленій.	
	R	b	d	t			Максимальн. для осей zz W_z (см. ^{3}).	Минимальн. для осей yy W_y (см. ^{3}).
5	50	35	4	6	29,8	576	89,3	66,2
5	50	35	8	8	48,0	906	135	102
7 1/2	75	40	6	8	54,9	2068	237	175
7 1/2	75	40	10	10	80,2	2982	331	248
10	100	45	8	10	88,1	5511	501	370
10	100	45	12	12	120	7478	663	495
12 1/2	125	50	10	12	129	12161	917	676
12 1/2	125	50	14	14	169	15788	1165	867
15	150	55	12	14	179	23687	1515	1120
15	150	55	18	17	249	32738	2051	1130

ТАБЛИЦА 9-я.



Чугунныя пустотѣлыя колонны.

F—площадь поперечнаго сѣченія.
J—моментъ инерціи.
Размѣры въ см. $J = 8\,Pl^2$.

D	d	F	J	D	d	F	J
10	1,2	33	327	15	1,8	75	1656
10	1,5	40	373	15	2	82	1766
10	1,8	46	408	16	1,5	68	1815
10	2	50	427	15	2,2	88	1866
11	1,2	37	450	15	2,5	98	1994
11	1,5	45	518	19	2,8	143	4814
11	1,8	52	571	20	2,2	123	4948
11	2	57	601	19	3	151	4995
12	1,2	41	601	20	2,5	137	5369
12	1,5	49	696	19	3,5	170	5379
12	1,8	58	774	20	2,8	151	5743
13	1,2	44	782	20	3	160	5968
12	2	63	817	20	3,5	181	6452
13	1,5	54	911	22,5	2	129	6831
14	1,2	48	997	22,5	2,2	140	7311
13	1,8	63	1019	22,5	2,5	157	7977
13	2	69	1080	22,5	2,8	173	8576
13	2,2	75	1134	22,5	3	184	8942
14	1,5	59	1167	22,5	3,5	209	9747
13	2,5	82	1201	25	2,2	158	10334
14	1,8	69	1311	25	2,5	177	11321
14	2	75	1395	25	2,8	195	12222
15	1,5	64	1467	25	3	207	12778
14	2,5	90	1564	27,5	2,2	175	14098
14	2,8	99	1641	25	3,5	236	14022
16	1,8	80	2056	19	2,2	116	4168
15	2,8	107	2102	20	1,8	103	4303
16	2	88	2199	18	3,5	159	4434
17	1,5	73	2214	19	2,5	130	4511
16	2,2	95	2328	20	2	113	4637
16	2,5	106	2498	27,5	2,5	196	15493
17	1,8	86	2517	27,5	2,8	217	16782
16	2,8	116	2643	27,5	3	231	17585
18	1,5	78	2668	27,5	3,5	264	19405
17	2	94	2698	30	2,8	239	22362
16	3	123	2726	30	3	254	23475
17	2,2	102	2863	30	3,5	291	26024
18	1,8	92	3042	32,5	2,8	261	28464
17	2,5	114	3082	32,5	3	278	30557
19	1,5	82	3180	32,5	3,5	319	34010
18	2	101	3267	35	2,8	283	36988
17	2,8	125	2371	35	3	302	38943
17	3	132	3381	35	3,5	346	43490
18	2,2	109	3474	37,5	2,8	305	46240
19	1,8	97	3636	37,5	3	325	48742
18	2,5	122	3751	37,5	3,5	374	54593
20	1,5	87	3754	40	2,8	327	56925
19	2	107	3912	40	3	349	60066
18	2,8	134	3992	40	3,5	401	67450
18	3	141	4135				

ТАБЛИЦА 10-я.

Моментовъ сопротивленія (w_0) и вѣса (g_0) погон. метра желѣзныхъ клепаныхъ балокъ безъ поясныхъ накладокъ, съ одной (w_1) и съ двумя накладками (w_2).

Высота балки см.	2 уголка 80.80.10 мм. Толщина стѣнки 1 см., заклепки 2,0 см.				2 уголка 100.100.13 мм. Толщина стѣнки 1 см., заклепки 2,4 см.				Высота балки см.
	Безъ накладокъ.		Съ одной накладкой 180×10 мм.	Съ двумя накладками 180×10 мм.	Безъ накладокъ.		Съ одной накладкой 230×13 мм.	Съ двумя накладками 230.12 мм.	
	w_0 (см. ^{3}).	g_0 (кг.).	w_1 (см. ^{3}).	w_2 (см. ^{3}).	w_0 (см. ^{3}).	g_0 (кг.).	w_1 (см. ^{3}).	w_2 (см. ^{3}).	
50	1458	85,8	2112	2762	2058	114,8	3077	4150	50
55	1664	89,7	2395	3112	2338	118,7	3478	4662	55
60	1879	93,6	2686	3470	2627	122,6	3890	5184	60
65	2102	97,5	2986	3838	2924	126,5	4310	5716	65
70	2333	101,4	3294	4214	3230	130,4	4740	6257	70
75	2573	105,3	3612	4599	3545	134,3	5179	6807	75
80	2822	109,2	3938	4992	3869	138,2	5627	7367	80
85	3079	113,1	4273	5394	4201	142,1	6084	7936	85
90	3344	117,0	4615	5805	4542	146,0	6549	8513	90
95	3617	120,9	4967	6224	4891	149,9	7023	9100	95
100	3900	124,8	5326	6652	5248	153,8	7506	9695	100
105	4190	128,7	5695	7088	5615	157,7	7997	10299	105
110	4498	132,6	6071	7533	5989	161,6	8497	10911	110
115	4796	136,5	6456	7985	6372	165,5	9006	11532	115
120	5111	140,4	6849	8447	6763	169,4	9522	12161	120
125	5435	144,3	7252	8917	7163	173,3	10047	12800	125
130	5768	148,2	7662	9395	7571	177,3	10581	13446	130

$g_1 = g_0 + 28{,}1$ kg/m.; $g_2 = g_0 + 56{,}2$ kg/m. $g_1 = g_0 + 46{,}6$ kg/m.; $g_2 = g_0 + 93{,}3$ kg/m.

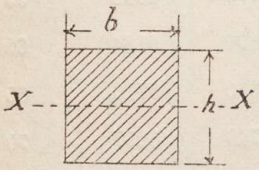
ТАБЛИЦА 11-я.

Сопротивленія деревянныхъ стоекъ.

Отношеніе $\frac{L}{D}$ длины къ поперечному измѣренію.	1	12	24	36	48	60	72
Сопротивленіе	1	5/6	1/2	1/3	1/6	1/12	1/31
Предѣлъ прочнаго сопротивленія въ кл. на кв. см.	60	50	30	20	10	5	2,5

ТАБЛИЦА 12-я.

Деревянныя стойки квадратн. поперечн. сѣченія.



F—площадь поперечнаго сѣченія.

W—моментъ сопротивленія.

I—моментъ инерціи.

Размѣры въ см. (K. Hartwig).

h=*b*	*F*	*W*	*J*	*h*=*b*	*F*	*W*	*J*	*h*=*b*	*F*	*W*	*J*
5	25	20,8	52,1	15	225	563	4219	25	625	2604	32552
6	36	36	108	16	256	683	5461	26	676	2929	38081
7	49	57,2	200,1	17	289	819	6960	27	729	3281	44287
8	64	85,3	341	18	324	972	8748	28	784	3659	51221
9	81	121,5	546	19	361	1143	10860	29	841	4055	58940
10	100	166,7	833	20	400	1333	13333	30	900	4500	67500
11	121	221,8	1220	21	441	1544	16207	31	961	4955	76960
12	144	288	1728	22	484	1775	19521	32	1024	5461	87381
13	169	366	2380	23	529	2028	23320	33	1089	5990	98827
14	196	487	3211	24	576	2304	27648	34	1156	6551	111361

Литература,

послужившая для составленія настоящаго курса.

Handbuch der Architectur. 1. Theil, 1. Band, 2. Häfte. III. Theil, 1. und 2. Band, Heft 3 und 5. 3 Band, Heft 1 und 2. Darmstadt. 1891. Verlag. v. Arnold Bergstässer.

Klasen, L. Handbuch der Fundirungs-Metoden. Leipzig. 1895. Baumgärtner's Buchhandlung.

Förster, Max. Die Eisenkonstruktionen der Ingenieur-Hochbauten. Leipzig. 1899. Verlag v. Wilhelm Engelmann.

Lange, Walther. Halle a. S. 1901. Der Ban der Treppen. Verlag von Hofstetter.

Fink, F. Der Bauschlosser. 1868. Leipzig. Verlag von Otto Spamer.

Tolkmitt, G. Bauaufsicht und Baufürung. Berlin. 1899. Verlag. v. Wilhelm Ernst. u. Sohn.

Nussbaum, Chr. Das Wohnhaus. 1896. Jena. Verlag von Gustav Fischer.

Wanderley, Germano. Die Konstruktionen in Stein. 1895. Fulda und Leipzig. Verlag von I. I. Arnd.

Der Portland-Cement und seine Anwendung im Bauwesen. 1892. Berlin. Kommissions-Verlag von Ernst Toeche.

Issel, Hans. Handlexikon der gebräuchlichen Baustoffe.

Müller, W. Der Bau steinerner Treppen. 1901. Leipzig. Verlag von Bernh. Friedr. Voigt.

Canttaneo, Luici. L'Arte muratoria. Milano. Antonio Vallardi-Editore.

Die Sheddachbauten. 1877. Leipzig. Verlag von Baumgärtner's Buchhandlung.

Haase, Max. Der Gewölbebau. 1900. Halle a. S. Verlag von Ludw. Hofstetter.

Hartwig, Karl. Hülfstafeln für Holzbau. Berlin. 1893. Verlag v. Julius Springer.

Issel, Hans. Der innere Ausbau. Leipzig. 1899. Verl. v. Voigt.

Debo Ludw. Die Lage der neutralen Ichichte bei gebogenen Körpern. Die Festigkeit der Baumaterialien. Hanover. 1891 u. 1897.

Паукеръ, Г. Е. Строительная механика. С.-Петербургъ. 1891 г.

Э. Брандтъ. Металлъ въ примѣненіи къ гражданскимъ сооруженіямъ. С.-Петербургъ. 1887 г.

В. Г. Шуховъ. Теорія арочныхъ фермъ. Москва. 1897 г.

Н. К. Лахтинъ. Строительная механика. Лекціи, читанныя въ училищѣ живописи, ваянія и зодчества. С.-Петербургъ. 1899 г.

Поль Кристофъ. Желѣзо-бетонъ и его примѣненіе. Москва. 1903 г.

Н. Житкевичъ. Плоскія междуэтажныя покрытія и ихъ расчетъ. С.-Петербургъ. 1900 г. Изданіе К. Риккера.

R. Feret. Технологія строительныхъ вяжущихъ матеріаловъ. Подъ редакц. Н. Лямина. Изданіе Щепанскаго. С.-Петербургъ. 1902 г.

В. Карловичъ. Основанія и фундаменты. С.-Петербургъ. 1869 г.

П. Сальмановичъ. Прикладная термокинетика. С.-Петербургъ. 1892 г.

Гражданское Зодчество. Часть третья. Части зданій. С.-Петербургъ. 1892 г.

А. Бреннеке. Устройство основаній и фундаментовъ. Въ перев. А. И. Никольскаго.

Д. Д. Соколовъ. Курсъ гражданской архитектуры. С.-Петербургъ. 1883 г.

А. Красовскій. Гражданская архитектура. Части зданій. 1851 г.

Н. Султановъ. Теорія архитектурныхъ формъ. С.-Петербургъ. 1901 г.

А. Риттеръ. Теорія и расчетъ желѣзныхъ стропильныхъ и мостовыхъ фермъ. С.-Петербургъ. 1875 г.

Замѣченныя опечатки.

Страница.	*Строка.*	*Напечатано.*	*Читать.*
53	сверху 10	Валькена	Болькена
62	„ 24	ширина d	ширина a
65	„ 11	на глубину	на глубинѣ
110	снизу 7	разсыраются	разсыпаются
112	„ 13	$e = \frac{p}{l(k - h\delta)}$	$e = \frac{P}{l(k - h\delta)}$
112	„ 3	$e = \frac{p}{k - h\delta}$	$e = \frac{P}{k - h\delta}$
115	сверху 25	bH	bB
116	на черт. 117	буквы l_1 l_2 l_3 должны быть замѣнены: e_1 e_2 e_3	
117	на черт. 118	буква l должна быть замѣнена буквой e	
148	сверху 18	изъ жилыхъ	жилыхъ
193	„ 30	внѣшнее усиліе	моментъ внѣшняго усилія
196	„ 9	чер. 162	чер. 262
196	„ 11	чер. 163	чер. 263
197	„ 3	$h = \sqrt{\frac{6Pl}{250\,\beta}}$	$h = \sqrt{\frac{6Pl}{250\,b}}$
204	„ 33	$\delta = \frac{b_1}{18}\sqrt{K}$	$\delta = \frac{b}{18}\sqrt{K}$
240	снизу 4	точки K	точки K и Z_0
308	„ 25	$n = \frac{D}{2}, \frac{n}{64}$	$a = \frac{D}{2}, \frac{\pi}{64}$
313	сверху 7	$\frac{Pl}{2}$	$\frac{pl}{2}$
314	„ 4	$\frac{pl^2}{\varepsilon J}$	$\frac{Pl^3}{\varepsilon J}$
328	„ 3	$Pa + Hh = 0$	$Pa - Hh = 0$
340	„ 10 и 12	$\frac{Pl^2}{8}$	$\frac{pl^2}{8}$
340	„ 14	$d = \sqrt{\frac{Pl^2}{8.5}} = \frac{l}{6,32}\sqrt{P}$ см.	$d = \sqrt{\frac{pl^2}{8.5}} = \frac{l}{6,32}\sqrt{p}$ см.
394	„ 10	$\frac{Pl^2}{12}$	$\frac{pl^2}{12}$
425	„ 23	снятія	смятія
432	„ 18	изгибъ	растяженіе
448	снизу 3	шалнирнаго	шарнирнаго
459	сверху 6	строительныхъ	стропильныхъ
509	„ 10	$a = 2.3,5 = 14$	$a + 2.3,5 = 14.$