

Р 1.1862^у

На дом
не выдается

Лебедев, Д. Н.

Вступительная лекция
по практической механике.

М., 1869.

Библиотека ИМПЕРАТОРСКАГО Москов-
скаго Техническаго училища

3

II

140.

Р 1. 1862

6

ion is given in sectional catalogue No. 3/28.

НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана



1.1862

Лебедев Д.Н. Вступительная

seen

for
suit

other manufact

of Renold Cy

was granted to

ience in manufac

sizes are well I

more.

ch pitch is made in two widths, and some

ТЕХНИЧЕСКОЕ КОПИЕ КНИЖКА А. ЛЕВ
БИБЛИОТЕКА

ВСТУПИТЕЛЬНАЯ ЛЕКЦИЯ

МОСКОВСКАГО

ТЕХНИЧЕСКАГО УЧИЛИЩА

ПО

ПРАКТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКѢ.



Д. Н. ЛЕВЕДЕВА.

Р 11862

Прозер. 1935



МОСКВА.

Типографія А. И. Мамонтова и К^о, Большая Дмитровка, № 7.

1869.





60811

ВСТУПИТЕЛЬНАЯ ЛЕКЦІЯ,
ЧИТАННАЯ
ВЪ МОСКОВСКОМЪ УНИВЕРСИТЕТѢ.

Д. Н. Лебедева.

Приступая къ преподаванію практической механики, я считаю необходимымъ посвятить первую лекцію изложенію нѣкоторыхъ соображеній, касающихся предмета практической механики и ея отношенія къ наукамъ физико-математическимъ; далѣе, я имѣю въ виду указать средства, которыя употребляются въ этой наукѣ для измѣжеванія ея различныхъ вопросовъ, и тотъ путь, по которому долженъ слѣдовать всякій, изучающій ее

Практическая механика стоитъ въ непосредственной связи съ аналитическою механикою, изъ которой всѣ физическія науки заимствуютъ средства для аналитической разработки своихъ вопросовъ.

Если прослѣдимъ всю совокупность положеній, развиваемыхъ въ аналитической механикѣ, то придемъ къ заключенію, что она, изслѣдуя законы равновѣсія и движенія, имѣетъ конечною цѣлью указать общіе приемы для рѣшенія двухъ вопросовъ.

Первый изъ этихъ вопросовъ состоитъ въ слѣдующемъ: по даннымъ массамъ матеріальныхъ точекъ, составляющихъ систему, условіямъ, связывающимъ ихъ возможные перемѣщенія, и силамъ, дѣйствующимъ на нихъ, опредѣлить движеніе системы, т. е. найти положеніе и скорость каждой ея точки для всякаго времени. Другой вопросъ есть обратный первому; а именно: по данному движенію системы точекъ найти силы, производящія его. Вопросы о равновѣсіи силъ, дѣйствующихъ на систему, какъ извѣстно, могутъ быть разсматриваемы, какъ частные случаи вопросовъ о движеніи.

Дѣло аналитической механики при рѣшеніи всѣхъ вопросовъ

кончается постановкою уравненій, ибо изслѣдованіе этихъ уравненій принадлежитъ математическому анализу.

Итакъ, аналитическая механика, указывая общіе приемы для постановки уравненій равновѣсія или движенія системы, открываетъ намъ только возможность приложить средства анализа къ изслѣдованію явленій природы. Самое изслѣдованіе этихъ явленій путемъ анализа, составляетъ предметы физическихъ наукъ: астрономіи и физики.

Особенность предметовъ, которые изслѣдуются въ этихъ двухъ наукахъ, состоитъ въ томъ, что они суть системы матеріальныхъ точекъ, данныя намъ природою, и измѣненіе условій которыхъ не въ нашей волѣ. Кромѣ этихъ естественныхъ, существуетъ цѣлый рядъ искусственныхъ системъ, созданныхъ человѣкомъ съ цѣлью удовлетворить его многочисленнымъ нуждамъ. Эти системы суть его различныя сооруженія и машины. Изслѣдованіе этихъ сооруженій составляетъ предметъ цѣлой группы наукъ, называемыхъ *инженерными науками*.

Если астрономія и физика занимаются естественными системами матеріальныхъ точекъ, съ единственною цѣлью изучить законы природы, то инженерныя науки изучаютъ сооруженія человѣка съ цѣлью ихъ усовершенствованія и созданія новыхъ. Конечная цѣль всѣхъ инженерныхъ наукъ состоитъ въ изысканіи средствъ для созданія такихъ сооруженій, которыя возможно лучше соотвѣтствуютъ потребностямъ человѣка.

Разсматривая инженерныя науки со стороны ихъ конечной цѣли, можно сказать, что онѣ занимаютъ тоже мѣсто въ ряду физико-математическихъ, какое принадлежитъ медицинскимъ въ рядѣ естественныхъ наукъ.

Практическая механика есть одна изъ инженерныхъ наукъ. Предметъ ея занятій—машины, т. е. тѣ сооруженія, которыя назначены для совершенія различныхъ промышленныхъ работъ помощью силъ, доставляемыхъ намъ природою.

Всѣ техническія производства состоятъ въ обработкѣ сырыхъ матеріаловъ, съ цѣлью сдѣлать ихъ годными къ употребленію. Каждая обработка матеріала состоитъ въ рядѣ послѣдовательныхъ опера-

цій, которыя окончательно ведутъ къ измѣненію или вида матеріала, или его химическаго состава. Первое составляетъ предметъ механическихъ производствъ, второе — химическихъ.

Механическія операціи различныхъ производствъ распадаются на двѣ группы. Въ однѣхъ приходится преодолевать инерцію или вѣсъ тѣла и перемѣщать его въ теченіи даннаго времени на опредѣленное пространство. Мѣра дѣйствія силы, производящей перемѣщеніе тѣла, есть, какъ извѣстно, произведеніе сопротивленія, представляемаго тѣломъ движенію на пройденное имъ пространство, и называется работою.

Въ другихъ механическихъ операціяхъ, въ которыхъ данная масса матеріала раздѣляется на части, или принимаетъ новый видъ, преодолеваются частичныя силы матеріала. При этомъ и время продолжительности операціи, и соотвѣтствующее ему количество продукта находятся въ опредѣленномъ соотношеніи. Если мы всмотримся ближе въ сущность операцій послѣдняго рода, то увидимъ, что и въ нихъ, какъ и въ операціяхъ перваго рода, въ теченіи опредѣленнаго времени приходится преодолевать нѣкоторое сопротивленіе на данномъ протяженіи. Количество продукта, получаемого въ данное время, пропорціонально усилю, которое преодолеваетъ сказанное сопротивленіе, и длинѣ пути, на протяженіи котораго это усиліе дѣйствуетъ. Возьмемъ для примѣра операцію размольванія зерна. Она состоитъ въ томъ, что зерно непрерывно всыпается въ промежутокъ между двумя жерновами, изъ коихъ верхній вращается около оси, а нижній неподвиженъ. Рабочія плоскости жернововъ снабжены насѣчками т. е. канавками, у которыхъ одна стѣнка перпендикулярна къ плоскости жернова а другая отлога. Глубина насѣчекъ менѣе толщины зерна и къ окружности жернова уменьшается. Зерно, попадая въ канавку нижняго покоящагося жернова, не укладывается въ ней, и выступающая часть его срѣзается ребромъ канавки верхняго жернова, проходящей надъ нимъ. Такъ какъ глубина канавки уменьшается на окружности, то каждый кусочекъ перерѣзаннаго зерна, двигаясь, вслѣдствіе центробѣжной силы и силы тока воздуха, по канавкамъ къ окружности жернововъ, перерѣзывается всякій разъ, какъ

только выдается изъ своей канавки мелкіе кусочки, попадая между плоскими частями жернововъ, разрываются на еще болѣе мелкія, вслѣдствіе тренія о плоскости камней. Каждое изъ порерѣзываемыхъ въ данный моментъ зеренъ представляетъ сопротивленіе вращенію верхняго жернова. Такъ какъ онъ имѣетъ неподвижную ось, то всѣ эти сопротивленія могутъ быть сложены въ одну силу, приложенную къ окружности шестерни, сидящей на веретенѣ. Эта сила даетъ намъ величину усилія, которое мы должны употребить для того, чтобы повернуть жерновъ, полагая, разумѣется, что помимо этого нѣтъ никакихъ другихъ сопротивленій. Для того чтобы размолоть опредѣленное количество зерна нужно повернуть жерновъ соотвѣтствующее этому количеству число разъ, и притомъ съ опредѣленною скоростью; слѣдовательно, сказанное усиліе должно быть оказываемо на окружность шестерни въ теченіе извѣстнаго времени и на протяженіи равномъ длинѣ этой окружности, умноженной на число оборотовъ, что и соотвѣтствуетъ опредѣленной работѣ усилія.

Итакъ, мы можемъ сказать, что всякая механическая операція, какого бы рода она ни была, отъ производящей ее силы требуетъ, въ теченіи даннаго времени, опредѣленной работы.

Понятіе о работѣ силъ, какъ извѣстно, предполагаетъ существованіе двухъ факторовъ: силы и перемѣщенія. Слѣдовательно для совершенія всякой механической работы непременно требуется двигающее тѣло.

Такимъ образомъ одного напряженія мускуловъ человѣка или животныхъ, одного вѣса различныхъ тѣлъ еще недостаточно для совершенія механической операціи; необходимо чтобы органъ, котораго мускулы напряжены, двигался такъ чтобы тяжелое тѣло падало и т. д.

Силы природы, которыя человѣкъ употребляетъ на обработку матеріаловъ, всѣ суть именно такого рода: двигающееся животное, падающая съ высоты или текущая вода, двигающійся или расширяющійся воздухъ, разгибающаяся, упругая пружина, обращающаяся въ паръ, а слѣдовательно расширяющаяся вода. При падающей водѣ мы пользуемся работою силы тяжести, при текущей

водѣ и двигающемся воздухѣ—работою силы инерціи ихъ массъ, при расширяющемся воздухѣ или парѣ—работою ихъ упругости.

Машины имѣютъ своимъ назначеніемъ совершать механическія операціи помощью названныхъ силъ природы. Всякая машина состоитъ изъ частей двигающихся и неподвижныхъ. Первые составляютъ сущность машины и называются *активными*, а вторыя служатъ для поддержанія первыхъ и для направленія ихъ движенія. Онѣ называются *пассивными*.

Активныя части машины, по той роли, которую каждая изъ нихъ исполняетъ въ ея механизмѣ, можно раздѣлить на три рода: пріемникъ, орудіе и передаточныя части, или приводы.

Пріемникъ есть та часть машины, которая подвержена непосредственному дѣйствію двигающей силы и отъ которой машина получаетъ свое движеніе. Орудіемъ называется та часть машины, непосредственному дѣйствію которой подвергается обрабатываемый предметъ.

Форма орудія и его движеніе зависятъ отъ матеріала, подвергаемаго обработкѣ и отъ рода операціи, предпринимаемой надъ нимъ, а потому орудія и движенія ихъ могутъ быть чрезвычайно разнообразны. Число природныхъ двигателей ограничено. Каждый изъ нихъ требуетъ своего пріемника, по преимуществу ему только свойственнаго, каждый пріемникъ имѣетъ свою форму и свое движеніе. Поэтому при совершеніи требуемой операціи *даннымъ* двигателемъ, необходимо движеніемъ произвести соотвѣтствующее движеніе орудія,—говоря другими словами, приходится преобразовать движеніе пріемника въ движеніе орудія. Эту роль въ машинѣ исполняютъ ея части, называемыя *передаточными* или *приводами*.

Соотвѣтственно этимъ 3-мъ родамъ частей машинъ можно указать три отдѣла практической механики:

1) теорія машинъ двигателей или пріемниковъ, имѣющая въ виду изслѣдованіе наилучшаго устройства пріемниковъ для каждой двигающей силы.

2) Кинематика, указывающая устройство механизмовъ для преобразованія и передачи движенія

и 3) Отдѣлъ объ орудіяхъ. Большая часть послѣдняго отдѣла обыкновенно излагается въ особѣ наукѣ, называемой механическою технологіею, которая занимается изученіемъ механическихъ производствъ.

Передача движенія отъ пріемника къ орудію совершается или черезъ непосредственное прикосновеніе передаточныхъ частей, или при помощи гибкихъ тѣлъ. Вслѣдствіе взаимнаго прикосновенія двухъ частей машины, изъ коихъ одна двигаетъ другую, въ мѣстѣ прикосновенія являются взаимныя давленія ихъ другъ на друга; и если одна часть скользитъ по другой, то отъ шероховатости соприкасающихся поверхностей рождается сопротивленіе, извѣстное подъ именемъ тренія.

Связь двигающихся частей гибкими тѣлами всегда вызываетъ треніе въ направляющихъ частяхъ; но, кромѣ того, если кривизна гибкаго тѣла, при движеніи машины, будетъ измѣняться, то это измѣненіе обусловливаетъ сопротивленіе, называемое сопротивленіемъ жесткости. Каждая активная часть своимъ вѣсомъ производитъ давленіе на опоры и вызываетъ еще новое треніе.

Кромѣ названныхъ есть еще другія сопротивленія движенію частей машины какъ-то треніе катящагося движенія, сопротивленіе среды, въ которой работаетъ машина.

Всѣ эти сопротивленія должны быть преодолеваемы двигающею силою во все время движенія машины. Не трудно отсюда заключить, что работа силы, двигающей машину, всегда болѣе работы орудія. Отношеніе работы орудія къ соотвѣтствующей работѣ двигающей силы называется коэффициентомъ полезнаго дѣйствія машины. Очевидно, что этотъ коэффициентъ всегда меньше единицы. Машина тѣмъ лучше устроена, чѣмъ коэффициентъ ея полезнаго дѣйствія больше.

Та часть практической механики, которая изучаетъ движеніе машинъ, принимая во вниманіе дѣйствующія силы, и которая даетъ правила для опредѣленія полезнаго дѣйствія машинъ,—составляетъ *динамическую теорію машинъ*.

Силы, дѣйствующія на какую нибудь часть машины, стремятся измѣнить ея форму. Извѣстно, что измѣненіе формы тѣла можетъ

имѣть послѣдствіемъ своимъ распаденіе тѣла на части, т. е. изломъ его. При движеніи машинъ, силы приложенныя къ какой—нибудь его части измѣняются и по направленію, и по величинѣ. Размѣры каждой части машины должны быть таковы, чтобы дѣйствующія на нее силы не только не ломали бы ея, но и не производили бы замѣтныхъ измѣненій ея формы. Первое не допускается по той простой причинѣ, что машина съ изломанными частями не можетъ исполнять своей функціи. Второе же потому, что при построеніи машины всѣ части ея, за исключеніемъ нѣкоторыхъ, предполагаются твердыми тѣлами, законы равновѣсія и движенія которыхъ намъ даются вполне аналитическою механикою. Если же мы допустили бы, что части машинъ могутъ измѣнять свою форму въ предѣлахъ своей упругости, то намъ, при составленіи механизма машинъ, пришлось бы имѣть дѣло съ вопросами о движеніи упругихъ тѣлъ. А эти вопросы на столько трудны при теперешнемъ состояніи математическаго анализа, что мы едва можемъ усвоить себѣ самые простѣйшіе изъ нихъ.

Часть практической механики, которая даетъ *общія* правила для опредѣленія такихъ размѣровъ частей машинъ, при которыхъ онѣ могутъ считаться твердыми тѣлами, называется *теоріею сопротивленія матеріаловъ*.

Прочные размѣры частей машинъ зависятъ отъ дѣйствующихъ силъ, которыя опредѣляются въ *статикѣ машинъ*.

Итакъ, разсмотрѣвъ въ общихъ чертахъ составныя части машинъ, обстоятельства, встрѣчающіяся при движеніи ихъ, и требованія, которыя должно имѣть въ виду при ихъ устройствѣ, мы приходимъ къ заключенію, что практическая Механика должна:

изслѣдовать различные механизмы со стороны ихъ движенія;

части машинъ со стороны ихъ крѣпости;

указать наилучшее устройство пріемниковъ каждой силы и орудій для каждой операціи.

Послѣднее, какъ я уже сказалъ, въ настоящее время большею частію, входитъ въ область механической технологіи. Такъ что сущность Практической Механики составляютъ первые четыре вопроса.

Считаю необходимымъ сказать по нѣскольку словъ объ каждомъ изъ четырехъ отдѣловъ Практической Механики

Изученіе механизмовъ со стороны движенія основано на разсмотрѣніи только геометрической связи ихъ частей и составляетъ предметъ *Кинематики*. Эта часть Практической Механики соотвѣтствуетъ той части Аналитической Механики, которая изучаетъ движеніе помимо силъ производящихъ его и носитъ названіе *чистой Кинематики*. Кинематика Практической механики, разсматриваемая какъ одна изъ наукъ физико математическихъ, есть приложеніе законовъ чистой Кинематики къ частнымъ случаямъ. Какъ часть Инженерныхъ Наукъ, Кинематика есть ученіе о механизмахъ, служащихъ для передачи и преобразованія движеній.

Вторая часть Практической Механики, т. е. теорія сопротивленія матеріаловъ, есть рядъ частныхъ задачъ теоріи упругости.

Третій отдѣлъ Практической механики, который можно озаглавить: статика и динамика машинъ, есть приложеніе и развитіе аналитической механики для частныхъ случаевъ. Вопросы объ опредѣленіи силы, дѣйствию которыхъ подвергаются различныя части машинъ, рѣшаются большею частью на основаніи законовъ статики. При изученіи движенія машинъ мы имѣемъ дѣло съ частною задачею динамики, именно съ задачею о движеніи системы, имѣющей полное число условій. Въ самомъ дѣлѣ, всѣ части машинъ связаны между собою такимъ образомъ, что положеніе одной изъ нихъ вполне опредѣляетъ положеніе всѣхъ остальныхъ, а это и есть система съ полнымъ числомъ условій. Въ динамикѣ машинъ почти всѣ вопросы этимъ и объясняются, почему и могутъ быть рѣшаемы на основаніи одного только правила живыхъ силъ.

Четвертая часть Практической Механики изслѣдуетъ вопросъ о наилучшемъ устройствѣ пріемниковъ. Такъ какъ важнѣйшіе двигатели природы, безъ всякаго сомнѣнія, суть вода, воздухъ и паръ, то главные предметы занятія теоріи пріемниковъ суть водяныя и вѣтряныя колеса и паровыя машины. Теорія водяныхъ двигателей предполагаетъ извѣстными законы гидродинамики. Теорія паровыхъ машинъ примыкаетъ къ двумъ статьямъ математической физики, именно къ математической и механической теоріямъ тепла.

Изъ четырехъ отдѣловъ Практической Механики первый, т. е. Кинематика, можетъ считаться чисто умозрительною наукою. Ибо въ Кинематикѣ главнымъ образомъ изслѣдуются соотношенія между скоростями различныхъ точекъ механизмовъ. А соотношенія эти зависятъ отъ геометрической связи ихъ частей. Слѣдовательно и методъ изслѣдованія вопросовъ Кинематики есть по преимуществу геометрическій.

Въ статикѣ и динамикѣ машинъ между прочимъ, рассматриваются законы тренія и другихъ сопротивленій, которые основаны на опытѣ. Далѣе, въ каждомъ частномъ случаѣ, опредѣленіе силъ дѣйствующихъ на различныя части машинъ и работы двигателя, предполагаютъ извѣстнымъ изъ опыта работу, которую должно израсходовать орудіе.

Что же касается до теоріи пріемниковъ и теоріи сопротивленія матеріаловъ, то при изслѣдованіи ихъ вопросовъ и опыты и математическій анализъ равно необходимы. Взятые же порознь они недостаточны. Опытъ не можетъ непосредственно дать всѣхъ законовъ равновѣсія и движенія жидкихъ упругихъ тѣлъ. Объ изслѣдованіи же путемъ опыта всѣхъ возможныхъ частныхъ вопросовъ нечего и думать, ибо число ихъ безконечно. Съ другой стороны, мы не можемъ аналитически выразить всѣхъ особенностей, составляющихъ сущность природы жидкихъ и упругихъ неоднородныхъ тѣлъ, а потому болѣе или менѣе всѣ результаты механики этихъ тѣлъ весьма отличаются отъ дѣйствительности.

Въ основу теоретическихъ изслѣдованій движенія и равновѣсія жидкихъ и упругихъ тѣлъ мы полагаемъ гипотезы, которыя только приблизительно выражаютъ свойства ихъ природы. На основаніи этихъ гипотезъ мы получаемъ приближенные уравненія равновѣсія и движенія. Приложеніе ихъ къ различнымъ вопросамъ практики требуетъ, чтобы предѣлы ошибокъ формулъ были болѣе или менѣе извѣстны.

Практическая Механика для достиженія своихъ цѣлей ищетъ согласить результатъ теоретическихъ изслѣдованій съ дѣйствительностью, вводя въ нихъ коэффициенты, опредѣляемые путемъ опы-

та. Такимъ-то образомъ въ Практической механикѣ и образовались два отдѣла ея: теорія сопротивленія матеріаловъ и гидравлика.

Изъ всего сказаннаго объ отношеніи Практической науки къ наукамъ физико-математическимъ, слѣдуетъ, что изученіе Практической Механики требуетъ основательнаго знакомства не только съ чистою математикою и аналитическою механикою, но и со многими статьями математической физики. Безъ этихъ познаній и разумное занятіе Практической Механикою не мыслимо.

Если для изучающаго Практическую Механику необходимо знаніе чистой математики, аналитической механики и математической физики, то и наоборотъ знакомство съ Практическою Механикою въ высшей степени полезно и для занимающихся физико-математическими науками. Въ прикладныхъ наукахъ уясняются положенія чистой науки; тутъ они выступаютъ облеченными въ осязательныя формы, и, существуя въ нихъ, часто наводятъ насъ на соображенія, которыя служатъ причиною открытія новыхъ законовъ. Законы механики, общіе всѣмъ системамъ, получены наблюденіемъ нѣсколькихъ частныхъ случаевъ. Слѣдя за мыслью Лагранжа въ его введеніи въ аналитическую Механику, нельзя не замѣтить, что онъ, желая дать общее начало механики, ищетъ его, рассматривая знакомые ему законы движенія, именно машинъ, а не другой системы.

Можно положительно сказать, что аналитическая механика есть результатъ изученія движенія машинъ и небесныхъ свѣтилъ.

Обобщеніе явленій, замѣченныхъ въ движеніи этихъ двухъ системъ, привело къ тѣмъ законамъ, которые и составляютъ сущность аналитической механики.

Въ прикладныхъ наукахъ дѣлается очевидною малѣйшая погрѣшность или гипотезы или умозаключенія чистой науки. Въ Инженерныхъ наукахъ мы стоимъ лицомъ къ лицу съ природою; тутъ мы не имѣемъ права откинуть то или другое свойство вещества, или комбинировать ихъ по произволу и получать такимъ путемъ матеріаль, котораго разработка намъ по плечу. Инженеръ не смѣетъ пренебречь чѣмъ-нибудь, не обратитъ вниманіе на какое-нибудь свойство матеріала; это пренебреженіе тотъ-же часъ можетъ сказаться, и сказаться очень рѣзко. Для инженера понятіе о физи-

ческомъ тѣлѣ есть совокупность всѣхъ его признаковъ, общихъ и частныхъ.

Непосредственное вліяніе инженерныхъ наукъ на науки физико-математическія не ограничилось появленіемъ одной аналитической механики. Механическая теорія тепла, отъ которой въ настоящее время многія естественныя науки ожидаютъ новой эры, почти что родилась и выросла въ Практической Механикѣ. Теорія упругости возникла изъ дальнѣйшей разработки теоріи сопротивленія матеріаловъ. Гидродинамика есть сокращенная гидравлика, лишенная только тѣхъ коеффиціентовъ, которые приближаютъ ея результаты къ дѣйствительности. Вообще нужно замѣтить, что постановка вопросовъ наиболѣе плодотворныхъ для науки вообще принадлежитъ прикладнымъ наукамъ. Прикладная наука ставитъ вопросъ, чистая же даетъ методы для изслѣдованія ихъ. Такимъ образомъ эти науки всегда шли и идутъ рука объ руку.

Не могу при этомъ не указать на то обстоятельство, что всѣ великіе математики Франціи соединяютъ съ знаніями теорическими и знанія въ области инженерныхъ наукъ.

Тѣ многіе ученые Германіи послѣдняго времени, которыхъ труды отличаются наибольшею плодотворностью для чистой науки, всѣ знакомы съ Прикладными науками. Стоитъ только вспомнить Редтенбахера, Вейсбаха, Цейнера, Кульмана и другихъ.

Нельзя не указать на одно явленіе, по моему, заслуживающее нѣкотораго вниманія. Это то, что большая часть примѣровъ въ аналитической механикѣ берется или изъ механики небесныхъ свѣтилъ или для этого нарочно выдумываются задачи съ искусственными и часто неосуществимыми условіями, и въ то же время машины, эти искусственныя системы дѣйствительно существующія, какъ будто нарочно избѣгаются. Между тѣмъ какъ эти примѣры, не будучи легче нарочно подобранныхъ, гораздо нагляднѣе ихъ.

Конечная цѣль Практической механики есть построеніе машинъ. Это названіе въ настоящее время носитъ если не отдѣльная наука то весьма обширная глава Практической механики. Кажется, что первое, т. е. что построеніе машинъ есть отдѣльная наука, вѣрнѣе; ибо при изученіи построенія машинъ, кромѣ законовъ Практиче-

ской Механики, необходимы еще свѣдѣнія о свойствахъ и обработкѣ матеріаловъ, о цѣнности матеріаловъ и труда. Наконецъ къ наукѣ о построеніи машинъ примыкаютъ и правила устройства машиностроительныхъ мастерскихъ и организаціи труда въ нихъ.

Машины не суть только системы матеріальныхъ точекъ, достойныя изученія; онѣ назначены для замѣны цѣннаго труда человѣка и животныхъ менѣе цѣнною работою элементарныхъ силъ природы. Слѣдовательно въ основѣ употребленія машинъ лежитъ экономія въ деньгахъ. Поэтому та машина лучше, которая дешева, уходъ за которой стоитъ меньше, и наконецъ, которая настолько прочна, что затраченный на нее сравнительно не большой капиталъ можетъ быть погашенъ возможно скорѣе. Эти три условія достоинства машины суть въ то же время и одни изъ условій дешевизны вырабатываемаго ею продукта.

Машино-строитель долженъ все это имѣть въ виду при самой постройкѣ машины.

Перечестъ всѣхъ соображенія, которыми долженъ руководиться конструкторъ, почти невозможно. Довольно сказать, что для него необходимо знаніе всѣхъ условій той страны, въ которой онъ дѣйствуетъ.

Процессъ построенія всякой машины состоитъ изъ двухъ частей: проектировки и исполненія. При проектировкѣ, прежде всего должно уяснить себѣ, въ чемъ собственно состоитъ работа будущей машины, къ какому механическому дѣйствию эта работа приводится и какимъ механизмомъ можно проще всего схватить всѣ ея особенности. Затѣмъ слѣдуетъ изысканіе формы размѣровъ и связи частей машины. При этомъ постоянно имѣется въ виду, что машина должна быть прочна и не дорога. Условіе прочности требуетъ, чтобы всѣ части машины были достаточно крѣпки; чтобы тѣ изъ нихъ, которыя скользятъ одна по другой, не были бы подвержены быстрому стиранію. Стремленіе удешевить машину заставляетъ конструктора стараться объ употребленіи возможно меньшаго количества матеріала и о томъ, чтобы не подвергать его цѣнной обработкѣ; кромѣ того, съ цѣлію сдѣлать машину свою дешевою, конструкторъ долженъ заботиться и о томъ, чтобы

сборка машины не представляла особыхъ затрудненій и чтобы ошибокъ въ ней легко можно было избѣгнуть; наконецъ, чтобы все дѣлать безъ крайней нужды моделей для литья или лекалъ для кузницы и другихъ мастерскихъ.

Результатомъ всѣхъ этихъ соображеній являются чертежи какъ всей машины, такъ и каждой ея отдѣльной части. Чертежи дѣлаются по способу проэкцій, а слѣдовательно въ конструкторѣ предполагается знаніе начертательной геометріи.

Для облегченія вычисленія размѣровъ обыкновенныхъ, часто встрѣчающихся, машинъ или деталей, пользуются справочными книжками. Эти книжки даютъ возможность дѣлать расчеты нѣкоторыхъ машинъ даже и тѣмъ лицамъ, которыя не имѣютъ надлежащихъ познаній въ механикѣ и все искусство которыхъ состоитъ только въ умѣньи пользоваться этими книгами. Значеніе справочныхъ книгъ въ Практической механикѣ съ одной стороны сходно съ значеніемъ руководства Фрезениуса къ аналитической химіи, а съ другой аналогично съ значеніемъ Nautical almanach'a въ практической астрономіи. Употребленіе справочныхъ инженерныхъ книгъ требуетъ такого же навыка, какъ и употребленіе книжки Фрезениуса или Nautical almanach'a.

Если при расчетѣ нѣкоторыхъ наиболѣе простыхъ и распространенныхъ машинъ можно ограничиться свѣдѣніями, доставляемыми справочною книжкою, то при построеніи машинъ, удовлетворяющихъ какимъ-нибудь особеннымъ условіямъ, требуется быть вооруженнымъ всѣми свѣдѣніями Практической механики и связанныхъ съ нею математическихъ наукъ. Уже вычисленіе силъ дѣйствующихъ на части машины можетъ составить цѣлый рядъ задачъ аналитической механики, и часто весьма трудныхъ, а расчетъ по этимъ силамъ размѣровъ частей ведетъ иногда или къ такой задачѣ теоріи упругости, условія которой трудно заключить въ уравненія, или уравненія эти будетъ трудно рѣшить.

Слѣдующая часть процесса построенія машины есть исполненіе работъ по рисунку. Это исполненіе совершается въ машиностроительныхъ мастерскихъ и есть дѣло мастерства.

Идеаль исполненія—сперва математическая точность каждой

части машины и затѣмъ изящество отдѣлки. Сперва готовятъ отдѣльныя части машины, потомъ эти части прилаживаются и наконецъ машина собирается. Оконченная такимъ образомъ машина должна быть установлена на принадлежащемъ ей мѣстѣ. Я уже не говорю, что при отправкѣ на мѣсто назначенія машина часто, для удобства перевозки, разбирается и окончательное прилаживаніе ея частей и монтровка ея соединяются съ установкою на мѣстѣ. При сборкѣ машины играютъ весьма важную роль различныя повѣрительныя плоскости и линіи ея станка и ея частей; эти линіи и плоскости служатъ при этомъ осями и плоскостями координатъ. При установкѣ машины на мѣстѣ, сперва въ точности опредѣляется положеніе станка ея и всѣхъ повѣрительныхъ плоскостей и линій. При этомъ система осей координатъ въ пространствѣ играетъ важную роль.

Итакъ, изъ этого общаго очерка построенія машинъ мы видимъ, что занимающійся практическою механикою и желающій изучить её настолько, чтобъ быть въ состояніи строить машины, долженъ во-первыхъ изучить Практическую механику возможно совершенно, далѣе ознакомиться основательно съ способомъ проэкцій, выучиться чертить, и наконецъ приобрѣсти ясныя понятія объ обработкѣ матеріаловъ и о приѣмахъ сборки и установки машинъ.

Знаніе Практической механики, начертательной геометріи и черченія достигается въ аудиторіи. Ознакомиться же съ обработкою матеріаловъ и съ приѣмами сборки и установки машинъ можно только въ мастерскихъ.

Если припомнить всё сказанное мною о тѣхъ трудностяхъ, которыя представляются инженеру при рѣшеніи его задачъ, то не будетъ удивительно, что ему иногда случается дѣлать промахи. При тысячѣ обстоятельствъ ему иногда не трудно упустить одно изъ виду. Причины этихъ ошибокъ слѣдуетъ искать въ недостаткахъ человѣческой натуры, а не въ какомъ-то несогласіи, или даже антагонизмѣ теоріи, т. е. науки съ практикою. Послѣднія слова—это фраза, которую очень любятъ повторять несвѣдущіе въ инженерномъ дѣлѣ люди, и которая вполнѣ несправедлива,

ибо наука не рекомендуетъ ничего, что́ было бы несправедливо на практикѣ; съ другой стороны то, чего не можетъ дать наука, черпается нами изъ жизни или изъ практики. Такимъ образомъ наука и практика для инженера идутъ рядомъ: одна дополняетъ другую.
