11 59/530

ПРОФЕССОР ЖЮЛЬ АМАР,
директор Лаборатории для изучения
профессионального труда в Париже

И 59
530

# ЧЕЛОВЕЧЕСКАЯ МАШИНА.

## НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ТРУДА.

ПЕРЕВОД С ФРАНЦУЗСКОГО
В. В. ЕФИМОВА, О. Л. КАНА и К. Х. КЕКЧЕЕВА

ПОД РЕДАКЦИЕЙ И СО ВСТУПИТЕЛЬНОЙ СТАТЬЕЙ
ПРОФЕССОРА ЦЮРИХСКОГО ПОЛИТЕХНИКУМА
ВИКТОРА АНРИ
И ЗАВЕДУЮЩЕГО ПСИХОФИЗИОЛОГИЧ. ОТДЕЛОМ
ЦЕНТР. ИНСТИТУТА ТРУДА ПРИ В. Ц. С. П. С.
Д-РА К. Х. КЕКЧЕЕВА

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ 1922

16711-43.

2007336042

Гиз. № 2515. Главлит. № 2488. Москва. Напеч. 5.000 экз.
1-я Образцовая типография, М. С. Н. Х., Москва, Пятницкая, 71.

# КНИГА ИМЕЕТ

| Листов печатных | Выпуск | В перепл. един. соедин №№ вып. | Таблиц | Карт | Иллюстр. | Служебн. №№ | №№ списка и порядковый | 200 г. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | |

59
530

# ПРЕДИСЛОВИЕ.

Развитие каждой области знания протекает всегда по одному и тому же закону: вначале наблюдаются отдельные, случайные, не связанные друг с другом факты; потом эти факты группируются, начинаются экспериментальные работы, в которых создают искусственные условия, вызывающие то или другое явление и одновременно создаются гипотезы, которыми стараются объединить в одно целое совокупность наблюденных фактов. Затем исследования углубляются и расширяются: одни ученые разрабатывают отдельные явления и, совершенствуя все более и более методы изучения, стараются анализировать это явление до самых элементарных его частей; другие стараются связать данное явление с другими областями, расширить и координировать различные группы явлений, чтобы вывести из этой координации общие законы, охватывающие возможно большее число самых разнообразных областей знания; работы этих двух типов ученых пополняют друг друга и одна из них не могла бы существовать без другой. Наконец, когда наука доходит до известного развития, появляется потребность вывести ее завоевания из замкнутого круга лаборатории и приложить их к жизни.

Изучение условий работы человека прошло также через все эти стадии. Развитие учения об энергии, определение коэффициентов превращения различных форм энергии одна в другую, открытие двух законов энергетики—закона сохранения энергии и закона увеличения энтропии—охватывающих все явления природы, привели к целому ряду исследований над применением законов энергетики к жизненным процессам. Сравнение человека с машиной и пищи с топливом котла поставило вопрос об утилизации человеком той энергии, которую он получает в пище. Подобно тому, как утилизация

энергии сгорания угля в паровой машине зависит от конструкции машины и от условий ее работы, человек утилизирует энергию пищи в большей или меньшей степени в зависимости от условий работы. Лабораторные опыты показали, что изменяя некоторые условия работы, напр., изменяя ритм движений, можно в значительной степени повысить производительность труда, т.-е. понизить ту трату энергии, которая производится для выполнения заданной работы.

Стремление научно изучить условия профессионального труда вызывается, с одной стороны, желанием пролить свет на многие области самой науки, с другой оно властно диктуется экономическими условиями—особенно же в послевоенное время. Почти во всех культурных государствах: Англии, Германии, Франции, Соедин. Штатах, Бельгии существуют и энергично работают Институты по изучению труда с физиологической, психологической, статистической и экономической точек зрения [1]) и результаты их работ немедленно претворяются в жизнь. В России в 1916 г., был создан О-вом Моск. Научного Института—Институт Труда с 2-мя отделениями: статистическим и физиологическим. К большому сожалению, физиологическое отделение должно было закрыться вследствие ряда причин и изучение труда осуществляется в настоящее время—в Москве—Центральным Институтом Труда и Отделом психофизиологии Труда Моск. Госуд. Психоневрологического Института, в Петрограде — Институтом по изучению мозга и психической деятельности, директором которого состоит акад. В. М. Бехтерев.

Литература по изучению труда на иностранных языках очень богата, но трудов, вводящих в изучение предмета, немного; к числу последних принадлежит книга проф. Амара: «Le moteur humain», которая и была намечена для перевода еще в 1918 году. По ряду причин она выходит в свет только в 1922 году, хотя трактуемые в ней вопросы имеют громадное значение для работников по научной постановке предприятий. Предлагаемая вниманию читателей книга, несомненно, будет первой книгой в этой области и за ней по-

---

[1]) Перечень учреждений изучающих труд и характеристика их работы приведены в №№ 1, 2 и 3 журнала „Организация труда“, издание Центр. Ин-та Труда (Москва, Петровка, 24).

явятся другие, разрабатывающие те же вопросы с большей степенью подробности и под другими углами зрения.

Перевод книги, сделанный сотрудниками быв. Физиолог. Отделения Института Труда М. Н. И.—В. В. Ефимовым, О. Л. Каном и К. Х. Кекчеевым, был просмотрен проф. В. Анри; окончательная же редакция, примечания, дополнения, библиографический указатель и некоторые рисунки принадлежат д-ру К. Х. Кекчееву. 1-ая, 3-я и часть 6-ой части переведены В. В. Ефимовым, 2-ая, 4-ая, 5-я и часть 6-ой— К. Х. Кекчеевым и, наконец, часть 6-ой части переведена О. Л. Каном.

Из текста выброшены мелкие подробности, некоторые рисунки; прибавлены данные, опубликованные уже после войны, некоторые клише сделаны по материалам, имеющимся в Музее психофизиологии труда Московского Психоневрологического Института. Литературные указания пополнены, систематизированы и выделены в указатель в конце книги.

Проф. *Виктор Анри*. (Цюрих, Швейцария).

Д-р *К. Х. Кекчеев*. (Москва).

# ВВЕДЕНИЕ.

## Энергетика жизни.

(Вступительная статья проф. *В. Анри*).

### I. Классическая энергетика жизненных процессов.

В 1779 году была в Париже очень холодная зима. Морозы длились почти три месяца. Для истории энергетики это обстоятельство имело огромное значение. Два гения—математик *Лаплас* и химик *Лавуазье*,—озабоченные, как все ученые того времени, вопросом о природе теплоты, воспользовались этой зимой, чтобы иметь много льда, который позволял им измерить количество теплоты, выделяемой при самых разнообразных явлениях. Для этого они построили калориметр, состоящий из сосуда с двойными стенками; между стенками накладывался измельченный лед, а внутри сосуда производилась реакция, которую изучали. Теплота, выделяемая во время реакции, превращала часть льда в воду, ее собирали, и вес этой воды давал точное измерение количества теплоты реакции.

Для нас теперь подобный опыт кажется вполне естественным и понятным. Но надо перенестись на 140 лет назад и представить себе состояние физики и химии в это время. Это был период величайших открытий, когда происходил полный переворот во всех областях мышления; ведь меньше чем за 10 лет были открыты газы: водород (*Кавендиш*, 1766), азот (*Рузерфорд*, 1772), кислород (*Пристлей*, 1774), хлор (*Шелль*, 1774); *Лавуазье* (1775) делает анализ воздуха и показывает, что при горении происходит поглощение кислорода; *Лавуазье* (1777) дает закон сохранения масс и кладет его в основу

всей химии; *Уатт* (1769) открывает паровую машину; *Пристлей* (1774) и особенно *Ингенхауз* (1779) находят, что зеленые растения под влиянием света поглощают углекислоту и выделяют кислород; *Шелль* (1774) измеряет химическое действие света на соли серебра и показывает, что интенсивность этого действия зависит от цвета лучей и от их поглощения; наконец, в это же время *Спалланцани* делает свои знаменитые опыты над действием желудочного сока на разные пищевые продукты, и т. д. и т. д. И над всем этим веет дух *Вольтера*, который подготовляет великие реформы человечества. Надо себе представить, что в 1779 г. царила теория *флогистона*, этого универсального принципа, которым пользовались физики и химики, чтобы объяснять физические и химические явления, и сам *Лавуазье* до 1781 г., оставался еще приверженцем флогистона.

И вот в этот период *Лавуазье* и *Лаплас* производят свои опыты над измерением теплоты при различных физических, химических и биологических процессах; результатом этих исследований является, во-первых, основа энергетики химических и жизненных процессов, а, во-вторых, окончательное низвержение теории флогистона.

Приведем классический опыт, положивший начало энергетике жизни.

Морская свинка, посаженная в калориметр на 10 часов, выделяет количество тепла, которое соответствует образованию из льда 10,5 унций воды (=321,19 граммов, т. к. 1 унция = 30,59 гр.) и в это же время свинка выделяет 224 доли (= 11,872 гр., т. к. 1 доля = 0,053 гр.) углекислоты.

С другой стороны *Лавуазье* и *Лаплас* при сжигании угля в калориметре находят, что при образовании одной унции углекислоты выделяется количество тепла, соответствующее 26,692 унциям воды. Отсюда простой пропорцией они вычисляют, что при образовании во время горения угля 224 долей углекислоты выделяется количество тепла, соответствующее образованию 10,38 унций воды. Следовательно, количество тепла почти равно тому, которое выделила морская свинка.

*Лавуазье* и *Лаплас* заключают, что превращение кислорода в углекислоту в животном есть процесс тождественный

горению и что животная теплота получается и поддерживается постоянной, благодаря горению пищевых продуктов внутри организма.

Этим опытом положено начало всей энергетике жизненных процессов, и та огромная масса работ, которые до 1900-тых годов были посвящены вопросам энергетики обмена веществ, сводится только к развитию основной идеи, установленной *Лавуазье* и *Лапласом*.

Самым последним словом науки, самым точным и полным опытом относительно энергетики обмена веществ у взрослого организма, находящегося в состоянии равновесия, являются опыты *Этуоттера* и *Бенедикта* (1908 г.), сделанные над человеком в замечательно обставленном Институте Труда в Вашингтоне, где авторы построили большой калориметр, представляющий комнатку, внутри которой можно жить в продолжение недель; при этом определяется количество выделенного тепла и анализируются как газы дыхания, так и все отбросы. Вот результат одного опыта:

| ПРИХОД. | | РАСХОД. | |
|---|---|---|---|
| Питание в сутки: | | Выделенная теплота . . . . | 1374 калор. |
| 56,8 гр. белка . . | 237 калор. | Газы выдыхания . . . . . | 43 „ |
| 137,0 „ жира . . | 1307 „ | Моча и кал . . . . . | 23 „ |
| 79,9 „ углеводов | 335 „ | Испарение через дыхание . | 181 „ |
| Всего . | 1879 калор. | Испарение через кожу . . . | 227 „ |
| | | Различные поправки . . . . | 11 „ |
| | | Всего . . . . | 1859 калор. |

Мы видим, что получается полное соответствие между количеством энергии, принимаемой организмом при питании, и количеством энергии, истраченной при условии полного равновесия веса тела.

*Рубнер* в 1883 году установил закон *энергетической эквивалентности* различных пищевых продуктов, согласно которому можно в питании заменять одни продукты другими при условии, чтобы общее количество энергии, вносимой в организм, оставалось постоянным; так, напр , одному грамму жира соответствует 2,4 гр. сахара и 2,5 гр. белка.

Изучать количество энергии питания, необходимое самым разнообразным организмам при различных условиях жизни— покой, движение, работа, различная температура воздуха,

одетого более или менее тепло или совершенно без покрова, и т. д.,—вот задачи, которые изучались и изучаются классической энергетикой жизненных процессов.

## II. Новое направление энергетики жизни. Образование живой материи.

За последние 10—15 лет возникло новое направление энергетики жизни, более широкое, которое проникает более в глубину и стремится к анализу самых трудных и общих вопросов, а именно, что такое жизнь и какие законы руководят образованием живой материи. Это вопросы, решение которых далеко еще не закончено, но уже теперь энергетическая точка зрения дала такие результаты, что мы можем с уверенностью утверждать, что стоим на твердой опоре, которая приведет к открытию самых общих законов жизни.

Один из первых вопросов, к решению которых удалось подойти за последние годы, это вопрос о том, какая доля энергии питания соответствует образованию живой материи. Дадим сперва пример, взятый из классических опытов *Пастера* над развитием дрожжей в присутствии кислорода (*аэробная* жизнь) и без кислорода (*анаэробная*).

1) Засевая дрожжи на 200 куб. см. питательной жидкости, налитой очень тонким слоем (2—3 мм.), получаем через 24 часа 24 миллиграмма дрожжей, при этом в среде пропадает 93 миллиграмма сахара: следовательно, на 1 миллиграмм образовавшихся дрожжей требуется 4 миллигр. сахара.

2) Если засеять дрожжи в той же жидкости, но в закрытом сосуде без кислорода, то через 3 месяца получается 255 миллиграммов дрожжей и при этом пропадает 45.000 милдигр. сахара, так что на 1 миллиграмм дрожжей требуется 180 миллиграммов сахара.

Отсюда *Пастер* вывел заключение, которое сделалось общим, что при аэробном развитии организмов перерабатывается мало пищевых веществ и развитие идет быстро; наоборот, при анаэробном развитии организм перерабатывает очень много пищи и при этом развивается очень слабо.

Энергетическая точка зрения позволяет более глубоко анализировать смысл этого общего результата. В первом опыте дрожжи расщепляют сахар в присутствии кислорода, и по-

лучается углекислота и вода; эта химическая реакция выделяет очень большое количество энергии, а именно на 1 грамм сахара 3750 калорий (мал.). Во втором опыте сахар превращается в спирт и углекислоту; эта реакция выделяет всего 122 калории на 1 гр. сахара. Дрожжи, которые получаются при развитии, заключают в себе некоторое количество химической энергии, которую можно определить сжиганием; 1 гр. дрожжей (сухих) содержит в себе 4500 калорий.

Мы имеем теперь все данные, чтобы вычислить, какая пропорция химической энергии пищи (т.-е. в данном случае сахара), послужив образованию живой материи, находится накопленной в развившихся живых клетках. Мы находим при аэробном развитии 31%, а при анаэробном 21%, следовательно, разница невелика.

Итак, мы теперь понимаем, что при развитии дрожжей без кислорода организмы принуждены перерабатывать такое огромное количество сахара потому, что реакция брожения сахара выделяет очень мало энергии.

Этот результат общий: все реакции брожения выделяют мало энергии и все реакции окисления дают много энергии, а поэтому всегда при брожениях, т.-е. при анаэробной жизни, развитие идет медленно и количество переработанной пищи очень большое, тогда как при аэробной жизни развитие идет обильно и тратится мало пищевых веществ.

### III. Закон постоянства коэффициента утилизации энергии при развитии организмов.

В литературе имеется очень много данных относительно развития самых разнообразных, от низших до высших, в зависимости от пищи. Работы *Рубнера*, *Бухнера* и их учеников, *Танля*, *Фаркаса* и других будапештских биологов, *Тимирязева*, *Виноградского*, *Омелянского*, *Палладина* и других русских биологов, *Гансена*, *Бейеринга*, *ван-Дельдена* и других датских и голландских биологов, *Кейзера*, *Мазе* и многих других учеников *Пастера*, *Брауна* и *Морриса* в Англии, *Цунца* и его школы в Берлине, и многие еще другие, перечисление которых заняло бы несколько страниц, заключают в себе богатейший численный материал, который

можно переработать, встав на энергетическую точку зрения.

Дадим для примера следующие две таблицы, которые получаются при вычислении утилизации энергии в опытах, напечатанных *Вемером* в 1891 году над развитием грибка Aspergillus niger и *Лабордом* в 1897 г., над развитием грибка Eurotiopsis gayoni при различных родах пищи. Авторы заключили из своих работ, что выход при образовании грибков получается совершенно различный в зависимости от пищи. Но они не заметили, что эта разница в выходах зависит от количества энергии, приносимой пищей. Если же сопоставить количества химической энергии, соответствующие одному грамму пищи и количество энергии, накопленной в образованной живой материи, и взять отношение, как это показано в третьем, четвертом и пятом столбцах таблиц, то мы находим, что *коэффициент утилизации энергии при образовании живой материи остается почти один и тот же независимо от рода пищи.*

| ПИЩА. | Вес культуры на 1 гр. пищи. | Энергия в 1 гр. пищи. | Энергия в пол. культ. | Коэффициент утилизации энергии при образ. живой материи |
|---|---|---|---|---|
| I. Aspergillus niger (Wehmer) | | | | |
| Винная кислота | 0,10 гр. | 1700 кал. | 530 кал. | 31% |
| Лимонная кислота | 0,16 „ | 2450 „ | 848 „ | 34% |
| Глюкоза | 0,28 „ | 3750 „ | 1484 „ | 39% |
| Глицерин | 0,32 „ | 4310 „ | 1696 „ | 39% |
| Оливковое масло | 0,54 „ | 9330 „ | 2862 „ | 31% |
| II. Eurotiopsis gayoni Laborde (1897 г.). | | | | |
| Молочная кислота | 0,26 „ | 3600 „ | 1378 „ | 38% |
| Глюкоза | 0,29 „ | 3750 „ | 1537 „ | 40% |
| Глицерин | 0,31 „ | 4310 „ | 1643 „ | 38% |
| Спирт | 0,44 „ | 7100 „ | 2332 „ | 33% |

Подобные же результаты мы находим при развитии других низших организмов, так, напр., для многих микробов *Таниль*, *Рубнер*, *Арно*, *Шаррэн*, *Кейзер* и др. нашли, что пропорция энергии, которая накопляется в развивающихся клетках, равна, в среднем, одной трети химической энергии пищи.

Если перейти от самых низших организмов к самым высшим, к млекопитающим животным, и изучить у развивающегося животного, какая пропорция энергии питания остается удержанной во вновь образованной живой материи, то получаются в высшей степени поучительные результаты. Вот, напр., таблица, в которой указаны вес животного при рождении, время роста до двойного веса, энергия питания в сутки и, наконец, коэффициент утилизации энергии при образовании живой материи.

| ЖИВОТНЫЕ. | Вес при рождении. | Время роста до двойного веса. | Энергия питания в сутки в среднем. | Коэф. утилизации энергии при развитии. |
|---|---|---|---|---|
| Лошадь . . . . . 50 | кгм. | 60 дней. | 1328 калор. (бол.). | 33,3% |
| Корова . . . . . 35 | „ | 47 „ | 1047 „ „ | 33,1% |
| Овца . . . . . 4 | „ | 15 „ | 332 „ „ | 38,2% |
| Свинья . . . . . 3 | „ | 14 „ | 123 „ „ | 40,0% |
| Собака . . . . . 0,28 | „ | 8 „ | 50 „ „ | 34,9% |
| Кошка . . . . . 0,12 | „ | 9 „ | 28 „ „ | 33,0% |
| Кролик . . . . . 0,06 | „ | 6 „ | 17 „ „ | 27,7% |

Мы видим, что 33%, т.-е. одна треть энергии питания у развивающегося животного удерживается организмом во вновь образованной живой материи, остальная часть, т.-е. две трети пропадает в форме теплоты.

Поразительно, что коэффициент утилизации энергии при образовании живой матери остается один и тот же от низших организмов до высших животных. Это единство указывает на существование нового общего закона энергетики жизни, разработка которого должна составлять одну из ближайших главных задач общей биологии.

Хотя работа в этом направлении была начата всего несколько лет тому назад, все же уже теперь накопилось много самых разнообразных данных, которые позволяют приступить к анализу этого закона жизни, и наметить те пути, по которым должно итти дальнейшее исследование. Весьма важным фактором, позволяющим подойти к анализу, являются исследования над получением механической работы при сокращении мышц и изучения внутреннего метаболизма пищевых веществ, сделанные за последние годы.

## IV. Превращение химической энергии в механическую работу при сокращении мышц.

Американский физик *Бенжамен Томсон*, живший в Германии и получивший графский титул под именем графа *Румфорда* (1753—1814), посвятил большое число работ вопросу о природе теплоты. Будучи в Мюнхене директором оружейного завода, он поразился тем огромным количеством теплоты, которая выделяется при сверлении орудий. Он измерил это количество теплоты: наполнял водой ствол и определял, на какую температуру нагревается данное количество воды при определенной работе сверления. Так, напр., в его статье: «О происхождении тепла при трении» (1798 г.) мы читаем, что если лошадь работает два с половиной часа и приводит во вращение сверло, то 26,58 фунта воды нагреваются на 180 градусов Фаренгейта, т.-е. на 100° Цельсия; отсюда можно заключить, что одной калории соответствует 510 килограмм-метров, т.-е. число, всего на 20% превышающее верное (426,3 кгм.-м.). После этого опыта *Румфорд* делает ряд соображений, которые в литературе не упоминаются, но которые, однако, для энергетики жизненных процессов играют огромное значение. Он говорит, что если бы сжечь тот овес, которым питается лошадь в то время, как она работает, то получилось бы гораздо большее количество тепла, чем то, которое получилось через трение.

Этим замечанием положена основа той области энергетики, в которой изучается соотношение между питанием и работой.

Самым полным опытом в этой области являются исследования, сделанные в Америке *Этуотером* (Atwater), *Бенедиктом* и *Мильнером* в 1908 году над питанием рабочих при работе различной величины. Авторы определяют энергию питания при полном покое и при работе, вычисляют, какому количеству теплоты соответствует сделанная механическая работа и определяют коэффициент превращения химической энергии питания в механическую энергию. Они находят, что коэффициент утилизации равен 20%, так что, напр., если взять пример *Румфорда*, то при сжигании избытка овса, который съедает лошадь при работе, получилось бы количество тепла в *пять* раз большее, чем то, ко-

торое выделяется от трения сверла. В таблице на этой странице приведены относящиеся сюда числовые данные.

В этих опытах определялось питание в продолжение 24 часов, работа же длилась не 24 часа, а меньше. Можно определить, насколько увеличивается превращение пищевых продуктов в организме во время самой работы; это определяется измерением количества кислорода, которое поглощается животным или человеком в состоянии покоя и во время работы. Известно, что одному литру кислорода соответствует в среднем около 5000 мал. калорий.

| Количество работы, произведенной в 24 часа. | Соответствующее количество теплоты. | Энергия питания в 24 часа. | Избыток во время работы. | Коэф. утилизац энергии. |
|---|---|---|---|---|
| Состояние покоя. | — | 2400 б. кал. | — | — |
| 99000 килогр.-метр. | 233 б. калор. | 3649 „ | 1249 калор. | 18,7% |
| 130500 „ „ | 307 „ | 4134 „ | 1734 „ | 17,9% |
| 194700 „ „ | 458 „ | 4688 „ | 2288 „ | 20,0% |
| 237600 „ „ | 559 „ | 5209 „ | 2809 „ | 19,9% |
| 406700 „ „ | 957 „ | 7137 „ | 4737 „ | 20,2% |
| 629900 „ „ | 1482 „ | 9314 „ | 6914 „ | 21,4% |

При подобных опытах коэффициент утилизации получается лучший, от 30 до 33%.

Наконец, можно непосредственно на изолированной мышце определить, с одной стороны, работу, произведенную при сокращении, а с другой стороны, измерить, какое количество химической энергии тратится во время сокращения.

Опыты эти были поставлены в первый раз *Фиком* в 1869 году; после него сотни работ были посвящены этим исследованиям, особенно *Гейденгайном*, *Бликсом*, *Бюркером* и т. д.; все они показали, что работа при сокращении мышцы соответствует одной трети потраченной химической энергии, остальные же две трети теряются в форме теплоты.

Вопрос считался законченным; но в 1910 году молодой английский физиолог *А. В. Хилл* печатает работу, за которой следует ряд других, и дает совершенно новое направление всему вопросу превращения химической энергии в механическую.

*Хилл* строит аппараты, можно сказать, фантастической чувствительности, которые позволяют ему определять коли-

чество теплоты до 11 миллионных калории; он может измерить теплоту, выделяемую при горении $\frac{1}{300}$ миллионной грамма сахара, что соответствует поглощению $\frac{1}{250}$ миллионной грамма кислорода; напр., если растворить кусок сахара в бассейне в 10 саж. диаметром и в 1 саж. глубиной и если взять одну каплю этого раствора, то методом *Хилла* можно определить теплоту горения сахара, заключенного в этой капле. Особенное достоинство аппаратов *Хилла* заключается в том, что измерения могут производиться очень быстро, можно определять каждую $\frac{1}{60}$ секунды количество выделенного тепла.

С помощью таких аппаратов автор мог измерить выделение тепла через каждые $\frac{1}{60}$ секунды во время всего сокращения мышцы и сопоставить кривую сокращения с количеством истраченной химической энергии. Результат получился совершенно неожиданный: в то время, как мышца сокращается, т.-е. производит механическую работу, химическая энергия тратится в количестве, соответствующем полученной работе, но когда сокращение кончилось и мышца больше не работает, химическая энергия продолжает еще тратиться, мышца согревается без всякого полезного действия. Если взять всю химическую энергию, потерянную мышцей, то она в три раза больше произведенной работы, но если взять только трату энергии во время самой работы, то выход достигает почти 100%.

*Хилл* идет дальше; он помещает мышцу в атмосферу азота (что совершенно не изменяет силы сокращения) и находит, что тут химическая энергия тратится только во время работы мышцы; как только сокращение прекратилось, мышца приходит в состояние равновесия, химическая энергия больше не тратится. Но если через некоторое время дать доступ кислороду, то мышца разогревается, получается трата некоторой доли химической энергии без сокращения мышцы.

Наконец, *Хилл* показывает, что если заставлять мышца сокращаться много раз в атмосфере азота, то он очень быстро

утомляется, тогда как в присутствии кислорода утомление наступает очень медленно.

Эти результаты автор сопоставляет с работами *Верцара*, который в 1912 году показал, что мышца поглощает кислород гораздо больше после сокращения, чем во время него, и это увеличение поглощения кислорода длится 20—30 секунд после сокращения.

Как же объяснить все эти результаты? Мы знаем после классических исследований французского физиолога *Шово*, что мышца при работе тратит сахар, заключающийся в нем. Этот сахар превращается в углекислоту и воду, при чем 1 грамм сахара выделяет 3750 калорий. Исследования последних годов показали, что это превращение не происходит сразу, а реакция проходит через целый ряд последовательных ступеней. Только первые ступени реакции могут быть использованы мышцей и вызывают сокращение, благодаря изменениям поверхностного напряжения и состояния коллоидов в мышце; это—процессы обратимые, в которых химическая энергия может быть полностью обращена в механическую работу. Но те промежуточные тела, которые образуются из сахара и которые вызывают сокращение, благодаря их кислотному характеру, являются для мышцы вредными продуктами, которые должны быть удалены. Эти тела, как, напр., пировиноградная кислота, легко окисляются и дают в окончательном результате углекислоту и воду; эта вторая *стадия очищения* мышцы происходит только в присутствии кислорода, и химическая энергия этой стадии реакций является совершенно потерянной.

Для дальнейшего анализа необходимо изучить, через какие именно ступени проходит реакция расщепления сахара и посредством какого механизма химическая энергия может быть превращена полностью в механическую работу. Это—задачи будущего.

### V. Анализ закона утилизации энергии при образовании живой материи. Внутренний метаболизм.

Мы можем теперь подойти ближе к анализу энергетического закона жизни, так как то, что происходит в мышце при получении механической работы, представляет

лишь частный случай общего закона использования химической энергии живыми организмами; будет ли химическая энергия служить образованию живой материи, в которой накопляется некоторая доля этой энергии, или же будет она превращаться в другие формы энергии—механическую, электрическую или лучистую—во всех случаях мы имеем дело с одним и тем же общим механизмом.

Исследования, произведенные за последние года *Дакином, Ханзеном, Эмденом, Нейбергом, Виндаусом, Харденом, Лебедевым, Ивановым, Костычевым* и многими другими, создали новое направление изучению метаболизма пищевых веществ, так называемое изучение *промежуточного метаболизма* (metabolisme intemédiaire).

Цель состоит в том, чтобы для каждого пищевого вещества определить тот ряд промежуточных тел, через которые проходит реакция расщепления. Получается, таким образом, целый ряд различных тел, которые изучают, как они могут быть использованы при непосредственном введении их в организм.

Один из общих результатов, полученных в этих исследованиях, состоит в том, что при расщеплении самых разнообразных пищевых продуктов (сахаров, жиров, белков) получаются в промежуточных реакциях одни и те же тела, а именно кетокислоты, особенно пировиноградная $CH_3COCOOH$. Эти тела могут быть утилизированы организмом для синтеза более сложных веществ, составляющих протоплазму. Более простые тела, соответствующие дальнейшим стадиям распадения, уже не могут быть утилизированы: они являются отбросами, образование которых дает только теплоту.

Отсюда мы получаем общую схему образования живой материи.

Пища, благодаря различным расщепляющим ферментам, превращается в организме в целый ряд промежуточных тел A, B, C, D . . . . a, b, c, d . . , которые разделяются на две группы: первая *биогенетическая*, вторая *абиотическая*. Синтезирующие ферменты организма могут образовать из тел первой группы те сложные химические тела, которые составляют протоплазму; при этом фиксируется некоторая доля энергии *E*. Вторая же группа тел является потерянной для организма. Если мы сравним между собой самые разнообраз-

ные организмы, то они отличаются друг от друга тем, какого рода тела являются для них биогенетическими и откуда берется та энергия $E$, которая входит в образовавшуюся живую материю.

Для целого ряда низших организмов биогенетическими телами являются очень простые (напр., азот и углекислота) и энергия $E$ получается от солнца или от различных химических реакций, которые вызываются ферментами организма; для других организмов биогенетические тела более сложны; и энергия получается благодаря превращению организмом сложных пищевых веществ в более простые; для этих-то последних организмов мы и получили закон постоянства коэффициента утилизации энергии. Для организмов же первых групп (зеленые растения, азотобактерии, нитратные и нитритные бактерии, серобактерии, железобактерии и т. д.) коэффициент утилизации энергии получается более низкий; причины этого мы здесь изучать не будем, так как это является вопросом более детальным.

### VI. Заключение. Энергетическое определение жизни.

Итак, современное направление энергетики приводит нас прежде всего к энергетическому определению того, что такое жизненный процесс. В каждом жизненном процессе происходит превращение некоторых продуктов, называемых пищевыми, и образование сложных тел, составляющих живую материю; при этом фиксируется некоторая доля энергии тех реакций, которые производятся организмом. Эта доля представляет постоянную величину от низших организмов до высших: она равна одной трети.

С мировой точки зрения жизнь есть не что иное, как постоянное задержание и накопление химической и лучистой энергии, замедляющее превращение полезной энергии в теплоту и препятствующее рассеиванию последней в мировом пространстве.

Присутствие живых организмов на земле удлиняет продолжительность существования мира, так как, если бы не было живых организмов, деградация энергии происходила бы быстрее, земля скорее бы охлаждалась, и мир скорее бы приближался к состоянию окончательного равновесия.

Эти соображения, которые легко еще развить дальше, приводят непосредственно к философской точке зрения универсального оптимизма, что существующий мир—лучший из всех возможных; цель нашей жизни должна состоять в том, чтобы постоянной сознательной работой создавать везде и во всем такие условия жизни, которые соответствовали бы максимальной утилизации энергии.

Ведь развитие техники сводится, главным образом, к использованию новых форм энергии и к повышению коэффициента утилизации: расширения и усовершенствования в обработке земли, в удобрении, в последовательности засевов и т. д. Все это позволяет повышать ту долю солнечной энергии, которая задерживается землей в полезной форме; более правильное распределение рабочих сил, рациональное урегулирование рабочего дня, правильное распределение числа рабочих часов и отдыхов,—все это ведет к повышению коэффициента утилизации энергии и к понижению бесполезной траты энергии. Но во главе всего этого стоят те руководящие силы, которые позволяют вводить все эти усовершенствования, это та совокупность психической энергии, которая достигается благодаря тем умственным способностям, которыми одарен человек и которая выражается в развитии всех областей знания и чувств. Всестороннее параллельное развитие всех наук и искусств, развитие индивидуальных способностей каждого до максимума,—вот в конце-концов то, к чему мы должны стремиться, потому что это развитие влечет за собой, как последнее звено, повышение той совокупности чувств, которую мы называем счастием. Мы глубоко убеждены в том, что прогресс этот сводится к постоянному увеличению счастья на земле и что быстрота этого увеличения стоит в прямой зависимости от энергии нашей всесторонней работы.

*В. Анри.*

---

# ЧАСТЬ ПЕРВАЯ.

# Основные понятия общей механики.

## ГЛАВА I.

**§ 1. Общая часть.** Изучение какой-либо машины основывается на законах *общей механики*, являющейся незаменимой при рассмотрении проблем *равновесия* и *движения*. Исторически, механика есть наука о машинах (μηχανη—машина), но последняя носит сейчас название *прикладной механики*.

Механика же, изучающая движение тел безотносительно к их природе, называется *чистой механикой*, заключающей в себе *кинематику* или науку о движении (κίνημα—движение) и *динамику* или науку о силах (δωναμίς—сила).

Тот же отдел механики, который изучает равновесие сил, носит название *статики* (στατίχη—равновесие).

Таким образом, мы имеем три подразделения:

1. Кинематику (учение о движении, как таковом).
2. Статику (учение о равновесии сил).
3. Динамику (учение о силах в движении).

Ясно, что такое разделение механики помогает нам изучать тела со всеми их физическими свойствами. Прикладная механика устанавливает точно состояние этих свойств, особенно же *деформации*, называемые в материи действием сил, рассматривая *сопротивление материалов*, т.-е. предел напряжений, которые может вынести твердое тело.

Перечисленные выше отделы механики дают нам много материала при изучении механизма движений человека, трудно доступных пониманию без знания механики; поэтому является настоятельно необходимым повторить здесь, хотя бы вкратце,

основные понятия механики, избавив тем самым читателя и от сухого специального изложения руководств по механике и от неточностей популярной литературы. Истина, как и гений, являются следствием долгого и терпеливого изучения. При первом чтении книги можно пропустить параграфы, напечатанные мелким шрифтом.

**§ 2. Кинематика: движение.** О теле, меняющем свое положение, мы говорим, что оно находится в *движении*, и мы допускаем, что оно было в *покое*. В действительности, движение относительно, и мы говорим о движении тела тогда, когда оно перемещается по отношению к телам неподвижным. Абсолютно неподвижных тел нет. Вспомним, что человек перемещается по земному шару, который вращается вокруг своей оси и вокруг солнца, а последнее в свою очередь движется по направлению к другой звезде.

Рассмотрим *движение точки*.

Ее движение будет происходить по траэктории, представляющей собою или прямую или кривую линию. Это движение будет равномерным или неравномерным в зависимости от того, *равны* или *неравны* перемещения, совершаемые точкой в течение *одинаковых* промежутков времени. За единицу времени мы принимаем *секунду*. *Скоростью* равномерного движения мы называем пространство, проходимое движущимся телом в единицу времени: секунду. Пусть $v$ будет скорость; в конце $t$ секунд тело пройдет растояние $e$:

$$e = v \cdot t$$

Это есть *уравнение равномерного движения*.

Но если движение переменно, скорость увеличивается или уменьшается от мгновения к мгновению, она *ускоряется*. Мы обозначим *ускорение* греческой буквой $\gamma$. При этих условиях скорость уже непостоянна; данная скорость существует только мгновение, чтобы в следующее мгновение стать уже иной. Практически, *средней скоростью* мы считаем отношение пространства к времени, в течение которого оно пройдено, причем промежуток времени берется возможно малый.

Получают крайний предел малого количества, беря отношение бесконечно малого пространства к бесконечно малому времени; это и есть скорость переменного движения в рассматриваемый момент.

Математически пишут так: $\frac{de}{at} = v$, т.-е. скорость $v$ есть *производная* пространства по времени.

Подобным же образом скорость получает ускорение $\gamma$ в бесконечно малое время. Ускорение есть производная скорости по времени.

Простым и частым случаем является *постоянное ускорение;* при нем скорость увеличивается или уменьшается на равные величины в равные промежутки времени. Напр., в случае падающего тела скорость равна 0 в момент начала падения; она становится: $\gamma$ в конце 1-й секунды, $\gamma t$ — в конце $t$ секунд. В подобном движении, которое мы обозначаем как равномерно изменяющееся (падение камня), скорость переходит от значения 0 к значению $\gamma t$, средняя скорость:

$$v_m = \frac{0 + \gamma t}{2} = \frac{1}{2}\gamma t.$$

Все происходит так, как если бы камень падал равномерным — не переменным — движением и со скоростью $v_m$. Пройденное пространство $e = v_m \times t$ будет:

$$e = \frac{1}{2}\gamma t \times t = \frac{1}{2}\gamma t^2.$$

Это равенство и есть *известный закон падения тел: пройденные пространства пропорциональны квадратам времен, употребленных на их прохождение.*

Определенное таким образом движение есть прямолинейное; но мы уже выше указали, что оно может быть и криволинейным, т.-е. траэктория движущейся точки может представлять кривую линию. Одно из наиболее частых криволинейных движений есть движение по окружности. Многие из наших машин: жернова мельниц, гидравлические колеса, маховики моторов и т. д. имеют *круговое* и почти всегда равномерное движение.

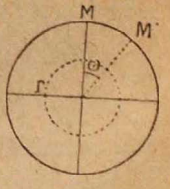


Рис. 1.

Скорость точки M (см. рис. 1), движущейся равномерно по окружности, есть дуга, описанная в одну секунду. Если движущаяся точка опишет всю окружность $2\pi r$ в $t$ секунд,

то его скорость будет равна $\frac{2\pi r}{t}$; если в одну секунду точка пройдет по окружности от M до M′, то дуга MM′ будет $\omega r = v$; угол ω (омега) называется угловой скоростью движения. Из двух выражений для скорости: $\frac{2\pi r}{t}$ и $\omega r$, выводим, что

$$\omega = \frac{2\pi}{t}.$$

В случаях больших скоростей считают число оборотов в секунду, напр., $n$ раз $2\pi r$.

Чтобы получить единицу скорости, берут окружность, у которой радиус равен 1 (пунктир на рис. 1), а длина самой окружности, след.—$2\pi$. Таким образом, радиус принятый за единицу дуги, будет заключаться в окружности $2\pi$ раз. Дуга, равная такому радиусу, называется «радиан» и соответствует углу в 57° 18′, так как

$$\frac{360°}{2\pi} = \frac{180°}{\pi} = \frac{180°}{3{,}1416} = 57°\ 18'.$$

Угловая скорость ω (в градусах) будет выражаться след. отношением:

$$\omega : \frac{180}{\pi} = \frac{\omega\pi}{180}$$

Движение, наконец, может быть колебательным или маятникообразным; оно проявляется в движении — взад и вперед—маятника (рис. 2) или поршня; при вибрациях камертона оно уже не видно вследствие быстроты движения; отсюда другое название движения *вибрационное* или *гармоническое*. Маятник находится в покое в положении $OM$; когда при своем колебании он занимает положение $M_1$, его удаление равняется расстоянию $M_1 d = s$, затем он возвращается в $OM$ (простое колебание), поднимается до $M_2$ и вновь возвращается в первоначальное исходное положение $M$ (двойное колебание). Угол $M_1 OM_2$ есть амплитуда колебатель-

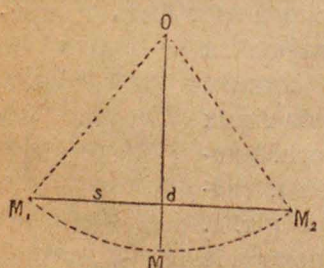


Рис. 2.

ного движения. Продолжительность двойного колебания есть период $T$ колебательного движения. Количество двойных колебаний в одну секунду называется *частотой*.

Движущаяся точка $M$ перемещается, как на конце радиуса, длиною $OM$. и ее удаленность от положения покоя—$s$ увеличивается и уменьшается с углом $MOM_1$, т. е. зависит от угловой скорости точки $M$; в треугольнике $OM_1d$ имеем

$$s = OM_1 \sin MOM_1;$$

обозначая обыкновенно радиус через a, имеем

$$s = a \,.\, \sin MOM_1 ;$$

Называя $\omega$—угловую скорость колеблющейся точки, получим для угла $MOM_1$ в конце времени $t$, в течение которого продолжается удаление, величину $\omega t$. Так

$$s = a \sin \omega t$$

Вспомним, что при круге с радиусом $= 1$, синус угла $MOM_1$ есть перпендикуляр $M_1d$; его косинус—линия $Od$; из чертежа видно, что синус изменяется от 0 до 1 при увеличении угла от 0° до 90°; косинус изменяется в обратном смысле. Называют тангенсом угла $MOM_1$ перпендикуляр $TM$ на $OM$, опущенный из продолженного радиуса $OM_1$ (рис. 3). По этому обозначению, амплитуда колебаний определяется углом $M_1OM_2$, где половина амплитуды $\omega t$ равна 0 для $\omega t = 0$, $\sin \omega t = 0$ и размах будет: $s = 0$. Для $\omega t = 90°$ или $\frac{\pi}{2}$ будем иметь $\sin \omega t = 1$; откуда $s = a$.

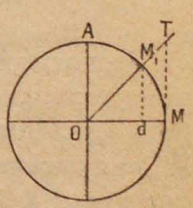


Рис. 3.

Заметим, что в конце периода $T$ движущаяся точка (рис. 3) возвращается к месту своего отправления, пройдя 360° или $2\pi$; значит $\omega t = 2\pi$, где $t = \frac{2\pi}{\omega}$; продолжительность $t$ равна тогда $T$; $T = \frac{2\pi}{\omega}$. С другой стороны, $N$ есть число двойных колебаний (периодов) в секунду; отсюда: $N \times T = 1$, или $N = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}$ или еще $\omega = \frac{2\pi}{T}$. Эти простые вычисления показывают, что, в конце-концов, значение $\omega t$ или фаза движения выражается так: $\omega t = \frac{2 \cdot t}{T}$; таким образом, закон гармонического движения может быть выражен в следующем уравнении:

$$s = a \,.\, \sin \frac{2\pi t}{T} .$$

Что касается *скорости* колебательного движения, то она достигает своего наибольшего значения в месте отправле-

ния и постепенно уменьшается к концу размаха; от $M_1$ до $M$ она мало-по-малу увеличивается, чтобы затем прогрессивно уменьшаться от $M$ до $M_2$. Отсюда следует, что ускорение действует постоянно, приводя движущееся тело к его начальному положению $M$, *центру колебания*.

Беря производную $\frac{ds}{dt}$, получим выражение скорости в таком виде:

$$v = \frac{2\pi a}{T} \cos 2\pi \frac{t}{T},$$

где значение при отправлении достигает максимума, так как

$$\omega t = 0, \cos\frac{2\pi t}{T} = 1 \text{ и } v = \frac{2\pi a}{T};$$

производная $\frac{dv}{dt}$ дает для ускорения след. выражение:

$$\gamma = \frac{4\pi^2 a}{T^2} \cdot \sin 2\pi \frac{t}{T}.$$

Периодические движения, принцип которых мы только что указали, являются обычными; они встречаются при работе с рубанком, с пилою, в движениях поршней насосов. И у пильщика и у работающего с напильником скорость инструмента превращается в «0» в конце каждого размаха. И, каково бы ни было движение, оно подчиняется закону, более или менее полно связывающему *пространство и время*, единственные элементы, с которыми имеет дело кинематика; одним словом, существует всегда *уравнение* движения.

**§ 3. Изображение и запись движения.** Мы знаем, что траэктория движущейся точки может быть или прямолинейной ($R$) или криволинейной ($C$). В первом случае прямая изображает *путь* $XX'$ и движущаяся точка может переме-

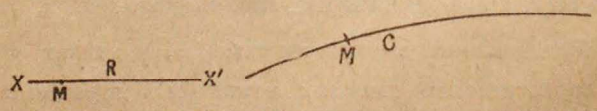



Рис. 4.

щаться по *направлению* $XX'$ или в обратном направлении $X'X$. Прямолинейная траэктория есть путь в 2-х противоположных направлениях (рис. 4).

Но скорость, если она равна $MM'$ в секунду, может быть представлена этим отрезком прямой $MM'$ при условии, если движущееся тело двигалось от $M$ к $M'$ равномерным движением (рис. 5).

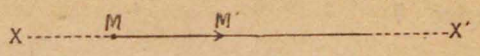



Рис 5.

Отрезок прямой $MM'$ называется *вектором*; $M$—его *начало*, $M'$—*конец* (отмечается стрелкой). Таким образом, вектор $MM'$ представляет *путь*, *направление* и *величину* скорости движущегося тела. Если скорость меняет направление и тело перемещается из $M'$ в $M$, то вектор будет иметь начало в $M'$, а конец в $M$ (стрелку).

В случае криволинейного движения, тело перемещается из точки $M$ в точку $M'$, затрачивая на это время $t$; скорость в данный момент есть *предельное* положение хорды, отходящей от своего начала $M$ и проходимой в 1 секунду, т.-е. *касательная* к $M$, представленная вектором $MV$. Когда движущееся тело находится в $M'$, его скорость выражается вектором $M''V''$ и т. д. Для равномерного движения скорость постоянна и $MV = M''V'' = ....$, (рис. 6). В случае переменного движения, вектор изменяет свою величину. В криволинейном движении всегда скорость меняет *направление*, следуя направлению касательной к кривой. Напр., камень из пращи, перемещающийся по окружности, покидает ее со скоростью касательной к кругу, приобретенной в момент отрывания от пращи.

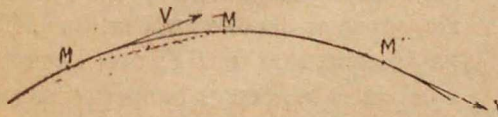



Рис. 6.

Ускорение есть также *величина*, *имеющая направление* или вектор. Впоследствии мы еще встретимся с подобными величинами.

Интерес этого способа изображения заключается в его интуитивности; напр., нам надо изобразить путь точки движущейся в направлени $AB$ по отношению к оси $XX'$. Если точка движется в плоскости этих двух осей, то ее скорость $MV$ на одной из осей, например, будет выражаться по отношению к другой *проэкцией* $MV'$ скорости $MV$. Понятно без объяснений, что эту проэкцию можно по-

строить, опустив из точки $V$ перпендикуляр на ось $XX'$ (рис. 7).

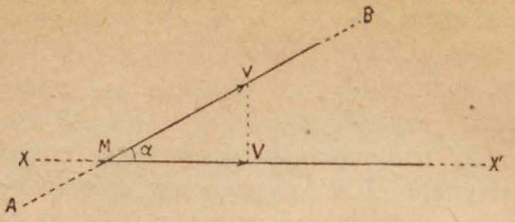



Рис. 7.

Называя $\alpha$ угол между этими двумя осями, имеем:

$$MV' = MV \cdot \cos\alpha$$

Угол $\alpha$ называется *косинусом направления* $MV$.

В более общей форме движущаяся точка перемещается от $M$ к $M'$, по диагонали куба или параллелепипеда (рис. 8); представляется интересным выразить ее скорость по трем направлениям $OX$, $OY$ и $OZ$ (ребрам куба или параллелепипеда). Для этого строят проэкцию $MM_1$ на линии $OX$ при помощи 2-х линий параллельных плоскости $OYZ$ и получают вектор $mm'$; таким же образом строят проэкции $MM'$ на ребрах $OZ$ и $OY$; это векторы $m_1m'_1$ и $m_2m'_2$; если скорость заданного вектора есть $MM'$, то, построив проэкции, мы будем иметь три скорости, легко поддающихся вычислению и расположенных в 3-х взаимно перпендикулярных, избранных нами направлениях.

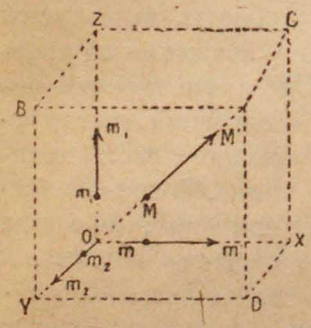



Рис. 8.

Назвав $\alpha$, $\beta$, $\gamma$ косинусы направления вектора $MM'$, будем иметь:

$$mm' = MM' \cos\alpha,\ m_1m'_1 = MM' \cos\beta,\ m_2m'_2 = MM' \cdot \cos\gamma.$$

**§ 4. Уравнение и диаграммы.** Движение может быть *определено своим уравнением*, напр., колебательное движение:

$$s = a \cdot \sin 2\pi \frac{t}{T},$$

движение прямолинейное, изменяющееся равномерно:

$$e = \frac{1}{2}\gamma t$$

или же просто равномерное движение:

$$e = vt.$$

Можно, однако, движение изобразить на чертеже, носящем название *диаграммы* или *графики*; пусть линии $OX$ и $OY$ будут прямоугольными осями; ось $OX$ назовем осью *абсцисс*, ось $OY$—осью *ординат;* обе оси вместе называются *осями координат*, а точка 0—их *началом* (рис. 9). Если мы нанесем на оси абсцисс время, т.-е. значение времени от 0 до $T$, что является периодом и, если, с другой стороны, на линиях параллельных оси ординат $OY$ будем наносить для каждого момента времени величины, соответствующие размаху (напр. маятника), то получим диаграмму $OT$ (линию, ограничивающую заштрихованные участки).

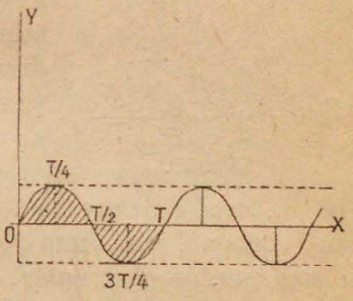


Рис. 9.

Действительно, для $t = 0$ и $s = 0$; для $t = \frac{T}{4}$ имеем $s = a$, для $t = \frac{T}{2}$, $s = 0$ и т. д. Кривая, как и само движение, имеет периодический характер и называется *синусоидой*. Таким образом колебательное движение, выраженное формулой:

$$s = a . \sin 2\pi \frac{t}{T},$$

изображено на этой диаграмме. На диаграмме ясно видны амплитуда и период колебания; графическое изображение, давая наглядно представление о характере колебания, дает возможность производить те или иные расчеты.

Возьмем более простой закон равномерного движения:

$$e = vt.$$

Движущееся тело занимает два положения $M$ и $M'$ во времена $t$ и $t'$. Наносим длины $OP$ и $OP'$, *пропорциональные временам* $t$ и $t'$, на оси абсцисс, а длины $PM$ и $P'M'$ (рис. 10), пропорциональные пройденным пространствам, на линиях параллельных оси ординат. Зная уравнение движения, всегда

можно изобразить его *графически*. Для этого применяют *клетчатую* (напр., миллиметровую) *бумагу*. Обыкновенно, в уравнениях аналогичных $e=vt$ имеются две *переменные* величины: $e$ и $t$, пространство и время, иначе говоря $X$ и $У$. Их отношение и дает закон изучаемого явления. Так, напр., высота ртутного столба в барометре уменьшается по мере поднятия на гору. Изменение одной из высот определяет изменение другой; отсюда и название: *переменные* величины. Выбирают значение для одной из этих переменных и, зная их соотношение, вычисляют значение другой и, чтобы отличить друг от друга, чтобы отметить выбор, говорят, что была *установлена независимая переменная* и найдена ее *функция* $f$.

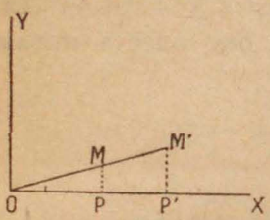


Рис. 10.

Можно иметь *много* независимых переменных. Напр., барометрическая высота есть функция высоты поднятия и температуры воздуха $T$ и т. д.

Алгебраически мы пишем:

$$e=f(t)$$
$$p=f(h,\ T),$$

чтобы выразить функции, о которых выше шла речь.

Когда имеются две независимых переменных, берут *три оси координат* (прямоугольных) для выражения изменения функции. Мы не будем останавливаться на этом сложном методе. Для нахождения закона какого-нибудь явления нужно взять несколько значений одной независимой переменной и, получив из опыта соответственные значения ее функции, вывести одну формулу, связывающую обе эти переменные величины. Так, напр., в формуле $y=f(x)$, выражающей закон распространения света в зависимости от расстояния, $X$—расстояние от источника света до перпендикулярной к световому лучу поверхности, $У$—количество света, падающее на единицу поверхности. Опыт дает след. результаты:

на расстоянии равном 1, количество света . . 1

» » » 2, » » . . . $\frac{1}{4}=\left(\frac{1}{2}\right)^2$

на расстоянии равном 3, количество света. . $\frac{1}{9}=\left(\frac{1}{3}\right)^2$

. . . . . .

Из этой таблицы ясно видно, что $y$ обратно пропорционально квадрату $X$: $y=\frac{1}{x^2}$.

$\frac{1}{x^2}$ есть *форма* искомой функции.

Таким же образом, в случае падения тел, $y=f(x)$ так, что $y=\frac{1}{2}\gamma t^2$. Диаграмма, соответствующая этому уравнению, представляет дугу *параболы* $OP$ (рис. 11) и в весьма наглядной форме демонстрирует более быстрое нарастание пространства, чем времени.

**§ 5. Графический метод.** Вместо того, чтобы вычерчивать график по результатам опытов, всегда заключающим в себе *ошибки* и неточности (см. «*Экспериментальная техника*»), заставляют движущееся тело само записывать свой путь. Приделывают, напр., острие к куску свинца, *падающему* перед

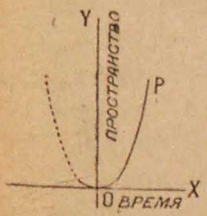



Рис. 11.

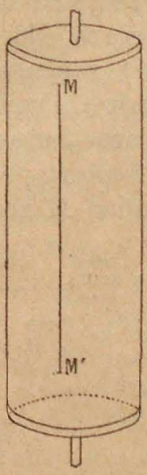



Рис. 12.

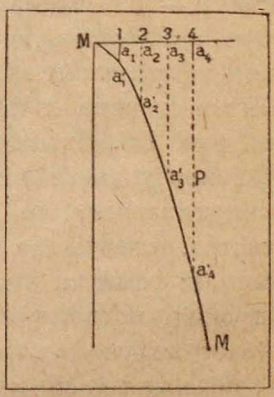



Рис. 13.

цилиндром, покрытым закопченой бумагой и вращающимся вокруг своей вертикальной оси (см. рис. 12). В случае, если цилиндр будет в покое и тело будет падать вниз, само записывая свой путь, то на цилиндре мы получим линию $MM'$; обозначим через $t$—время падения и через $e$—пройденное пространство $MM'$; прямая $MM'$ не даст нам никаких указаний на то, как изменяется $e$ в зависимости от $t$; если же

мы заставим цилиндр вращаться с постоянной скоростью (напр., с помощью часового механизма), то после опыта, развернув лист в одной плоскости, получим кривую, на которой можно видеть пространства, проходимые в равные промежутки времени (см. рис. 13). Одним словом, время 1, 2, 3, ..... секунды будут записаны на абсциссах, а пройденные пространства $a_1 a'_1$, $a_2 a'_2$ ..... на ординатах; измерив то и другое, найдем, что пространства растут, как *квадраты* времен. Записанная кривая есть дуга *параболы MPM'*. Снабдив колеблющийся камертон острием (щетинкой), можно получить записанную камертоном же на движущейся закопченой пластинке *синусоиду* (рис. 14).

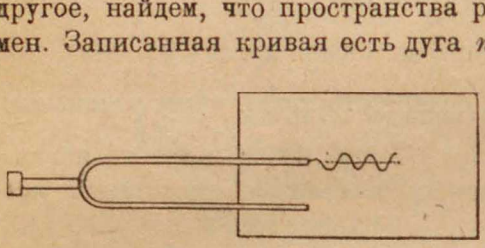


Рис. 14.

Таков принцип графического метода или прямой регистрации. Употребленный впервые генералом Морэном, он был доведен до совершенства Мареем. Физиолог Марей (1830 г.—1904 г.) придал ему наиболее практическую форму, применив *воздушную передачу*. Он предложил для этой цели *барабан*, носящий его имя: это—металлическая коробка, открытая сторона которой обтянута резиновой перепонкой *m* (см. рис. 15). Подвижная точка *M* связана прочно с центром этой мембраны (*A*) и то приподымается, то опускается, следуя ее движениям; сжатия и расширения, которые испытывает воздух в коробке *A*, передаются по каучуковой соединительной трубке воздуху барабана *B*, у которого записывающее острие сочленено со срединой мембраны. При помощи этого прибора все движения точки *M* передаются острию *l* и могут быть записаны (вдали от места опыта) на барабане или на движущейся пластинке с закопченной поверхностью.

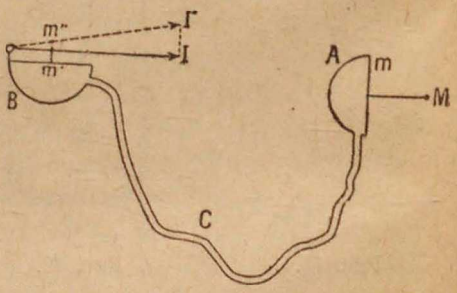



Рис. 15.

*Записывающий* барабан *B* может быть всегда *соединен с воспринимающим* барабаном, видоизменяющимся и приспособляющимся к роду изучаемого движения. Между прочим, длина рычажка *l* может изменяться, и, след., мелкие движения могут быть увеличены в желаемой пропорции и записаны в увеличенном виде.

§ 6. Но *фотография* позволила изучить вопросы кинематики более совершенным и более поразительным способом. Даже «мгновение» удалось схватить и запечатлеть на чувствительной пластинке положения движущейся точки от одного момента до другого. Однако, продолжительность такой регистрации велика и тогда *Maybridge* и *Marey* обратились к *хронофотографии;* принцип последней состоит в том, что светочувствительная поверхность, «фильма», перемещается с определенной скоростью, и благодаря особым затворам, то открывающим, то закрывающим объект, на ней получаются изображения, относящиеся к различным моментам движения. Мгновенные экспозиции вызывают *фотохимическое действие* в течение очень короткого промежутка времени; но чувствительность бромистой желатины такова, что действия света продолжительностью в 0,00001 секунды достаточно, чтобы в ней произошли изменения. На практике имеют дело с промежутками времени не менее 0,002 секунды. Во время закрывания затвора фильма передвигается на длину одного снимка и таким образом получается большое количество изображений в виде *серии* снимков, снятых через равные промежутки времени.

При помощи своей *хронофотографии*, Марей получил изображения в 9 кв. см. Теперь научились получать до 200 снимков в секунду; в случае движущегося тела можно получить на одной пластинке ряд положений, относящихся к различным промежуткам времени и путем простого измерения и несложных вычислений получить величины перемещений за любые промежутки времени.

Вместо подвижной пленки-фильмы Марей употребляет также, как и Жансен, неподвижную пластинку; при этом на одной и той же пластинке получается несколько изображений, и чтобы они друг на друга не налегали, он стал применять источники света небольших размеров, прикрепляемые к объекту, движения которого изучаются. В тех

случаях, когда объект был значительных размеров (прыгающий человек, скачущая лошадь) к нему, одетому в черное, прикрепляли светящиеся или же блестящие полосы или точки. Напр., при анализе ходьбы у человека, отмечались такими полосами позвоночник, линия плеч и линия бедер (см. рис. 16). В Parc des Princes, где Марей устроил свою лабораторию, люди были одеты во все черное и движения совершались перед открытыми воротами сарая, пол и стены которого были вычернены. Л. Соре (Soret) прикреплял для изучения движений при танце небольшие электрические лампочки к голове и ногам танцующих.

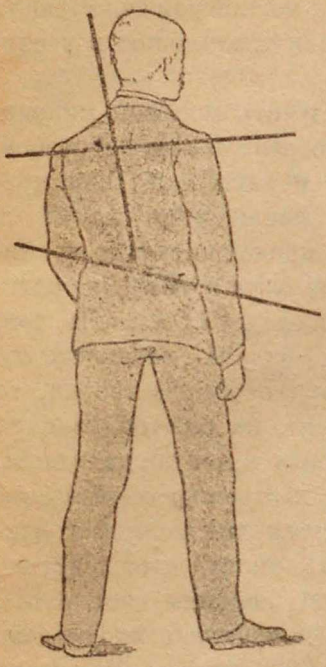


Рис. 16.

Американец Кольвин (Fred Colvin) снабжал исследуемого рабочего кольцом, в котором вместо камня была миниатюрная электрическая лампочка и свет последней давал на пластинке траэкторию движений рук рабочего.

Метод изучения движения при помощи светящихся точек и линий называется *геометрической хронофотографией* и служит для анализа движений человека и животных.

В самое последнее время известный американский исследодователь движений Франк Джильбрет ввел в методику изучения индустриального труда много новых методов и добился поразительных результатов. Работы Джильбрета будут изложены в 5-й части: „Экспериментальная техника". Ред.

Употребление фильмы позволяет рассматривать движения рабочего в той последовательности, в какой они были сняты, и с любой скоростью и таким образом их синтезировать, так как зрительное впечатление остается около 0,05 секунды после того, как оно исчезло и глаз видит вместо отдельных изображений непрерывное движение. На этом принципе и устроен *кинематограф*.

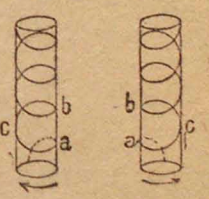
Последние усовершенствования дают возможность останавливать ленту в любой момент и получать на экране неподвижное изображение, как при применении диапозитива. Ф. Джильбрет ввел в практику ленты, на которых помещается в 1 метре в 16 раз больше снимков, чем на обычных лентах. Ред.

**§ 7. Движения тел.** Тела, встречающиеся в природе, представляют собою материальные системы, а не точки; для упрощения вычислений принимают, что эти тела не деформируются, т.-е. расстояния между точками тела не изменяются, чего в действительности не бывает. Движения твердого тела можно свести к следующим:

1. *Движение перемещения.*—Тело перемещается без вращения и каждая из его прямых остается параллельной сама себе.

2. *Движение вращения.*—Лишь некоторые точки тела остаются неподвижными на прямой, называемой *осью вращения;* остальные точки перемещаются *с одной и той же угловой скоростью* вокруг горизонтальной или вертикальной оси.

3. *Движение винтообразное.* — Это движение представляет сочетание двух предыдущих; при нем тело, вращаясь вокруг своей оси, в то же время перемещается вдоль нее. Вращение может происходить справа налево (на стороне, обращенной к наблюдателю) и слева направо (dextrorsum и sinistrorsum на рис. 17); первый тип встречается чаще, напр., в винтовых лестницах и т. п.



17.

Шагом винта называется расстояние *ab* между двумя спиралями по одной вертикальной линии, образующей; напр., *a* есть шаг *abc*.

**§ 8. Сложение движений.** Материальная точка или система может стремиться двигаться по различным направлениям; в этом случае возможно сложение этих движений *по способу параллелограмма.* Заставим кусок металла падать вниз (опыт производится на движущемся корабле); еслибы корабль был неподвижен, тело перешло бы из положения $M$ в положение $M'$ (рис. 18), но за это время корабль также передвинулся в го-

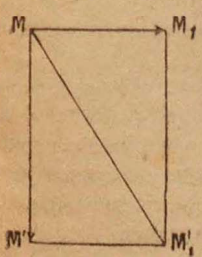


Рис. 18.

ризонтальном направлении на величину $MM_1$ и падающее тело очутится в конце падения не в точке $M'$, а в точке $M_1'$, т. е. пойдет по диагонали $MM'_1$ параллелограмма $MM_1 M'_1 M'$, называемой *результирующей* двух векторов: скорости, ускорения и т. д.

Применяя этот же способ параллелограмма, можно сложить результирующую 2-х векторов (скорости, ускорения...) с третьим вектором; общую результирующую с 4-м вектором, пока не получится результирующая всех векторов $OR$ (рис. 19).

Обратно, можно разложить по заданным направлениям $OX$ и $OY$ (рис. 20) результирующую $OR$ на два составля-

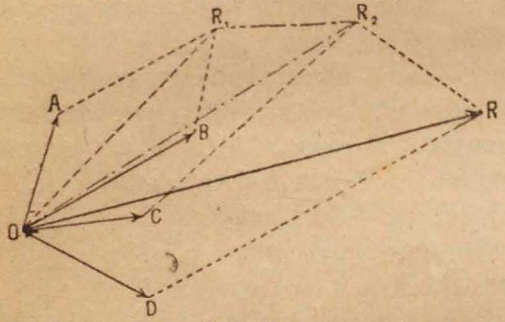



Рис. 19.

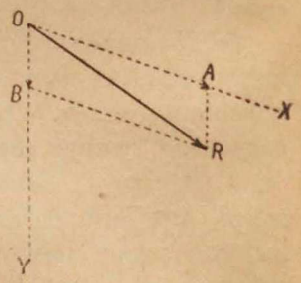



Рис. 20.

ющих вектора, строя через точку $R$ параллельные $OX$ и $OY$ линии; полученные отрезки и будут искомыми векторами.

В случае наличия трех векторов перпендикулярных друг к другу, строим параллелепипед, который для пространства является тем же, что параллелограмм для плоскости (см. § 3).

Векторы, представляющие скорости и ускорения, складываются также, как и векторы движений.

Остановимся вкратце на некоторых специальных случаях сложения.

Если складывать перемещение и вращение вокруг оси перпендикулярной к этому перемещению, то точка $M$ описывает (рис. 21) фигуру называемую *циклоидой* (точки колеса повозки на ровной поверхности). Следующие одна за другой циклоиды разделены точками $A$, $D$, .... в которых движение меняется на обратное; точка $B$ является наивысшей точкой циклоиды и помещается симметрично к частям последней; прямая $XX'$, по которой катится окружность, называется основанием.

Если окружность катится по другой, получается фигура, называемая *эпициклоидой*,—внутри другой, то получается фигура—*гипоциклоида*.

**§ 9. Коленчатые системы.** Чтобы превратить движение одного рода в движение другого рода, прибегают к коленчатым системам; напр., сочетание рычага с шатуном превращает переменное прямолинейное движение в постоянное круговое. Вращение производится вокруг оси $O$ (рис. 22) рычагом $OM$ сочлененным с шатуном $MC$ сообщающим стержню $CD$ прямолинейное переменное движение; *точки* $P$ и $P'$ называются *мертвыми*, так как в них скорость равна $O$ и вращение лишь потому не прерывается, что приобретенная скорость выводит точку $M$ или любую другую из этих мертвых точек.

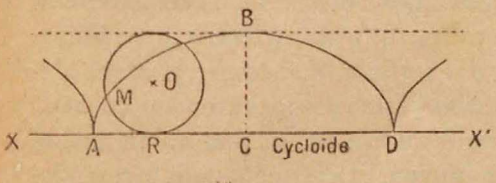



Рис. 21.

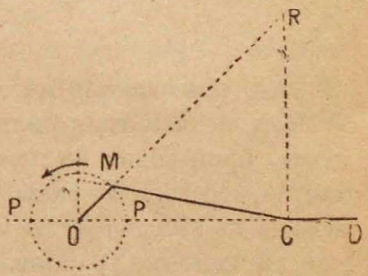



Рис. 22.

**§ 10. Время.** Кинематика, как мы уже сказали, изучает движение, т.-е. *пространство и время*, из которых образуется понятие скорости. Единица времени—секунда является слишком крупной для детального, аналитического изучения движения. Вот почему, *кинематография и физиология* пользуются приборами позволяющими регистрировать промежутки времени в 0,001″ и даже в 0,0001″ (в редких случаях). Об этом см. «Экспериментальную технику».

**§ 11. Изучение сил.** Движение есть единственное явление, которое поддается наблюдению; можно изучать его, выводить его законы, не прибегая к гипотезам. Что же касается *причины* движения, то она, ничего не меняя в точности изучения, является понятием метафизическим, вносящим лишь смуту в научное изучение. Причину движения материальной точки или системы мы называем *силой* и этим же именем называем причину, изменяющую равномерное движение тела.

Действительно, всякое тело стремится сохранить то состояние (покоя или движения), в котором оно в данный момент находится; свойство это называется *инерцией*.

Итак, *принцип инерции* вводит—но это не является необходимым—понятие силы.

Примером силы, действующей повсюду, является *тяжесть*; все тела находящиеся на земле притягиваются землею и падают по вертикальной линии равномерно ускоренным движением; в одном и том же месте земного шара ускорение одинаково и равно для всех тел: $g = 981$ см. в секунду. Для пространства, проходимого падающим телом, имеем след. формулу:

$$e = \frac{1}{2} g t^2.$$

Тело, помещенное на столе, производит на него *давление* вследствие действия силы тяжести; рука, толкающая препятствие, производит на него *давление* или, лучше, *усилие*. Думается, что понятие силы, *усилия* было безсознательно создано людьми по аналогии *с мышечным усилием*, вызывающим давление, растяжение резинового шнура, сгибание палки и т. п. *деформации*. Сила и деформация суть причина и действие и одно служит для измерения другого; например, деформация рессоры служит для измерения сжимающей ее силы, как это делается в динамометрии (см. «Экспер. технику»).

Сила есть величина имеющая определенное направление,—вектор; она имеет направление и величину; *точкой приложения* силы называется точка, на которую сила действует. Все, что выше было сказано о векторах, приложимо и к силам.

§ 12. **Сложение и разложение сил.** Две силы $F_1$ и $F_2$ складываются по правилу параллелограмма (§ 8) и имеют результирующую $R$ (рис. 23); векторы $F_1$, $F_2$ и $R$ измеряют интенсивности составляющей и результирующей. В качестве примера такого сложения разберем передвижение судна по реке при помощи бечевы: две лошади идут по обоим берегам, судно движется

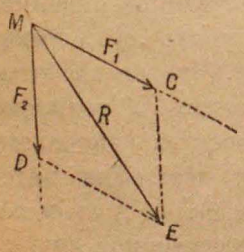


Рис. 23.

по течению. Величину $R$ легко вычислить. В треугольнике MCE имеем:

$$CE = F_2 \quad \text{и} \quad R^2 = F_1^2 + F^2{}_2 - 2F_1 \cdot F_2 \cdot \cos MCE.$$

Если углы в $C$ и $M$ дополнительные, т.-е. составляют в сумме 180° (а это бывает тогда, когда + cos одного = —cos другого), тогда

$$-\operatorname{Cos} MCE = +\cos CMD = +\cos F_1, F_2.$$

Это дает, наконец

$$R^2 = F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos F_1, F_2.$$

Таким образом, зная две силы и угол образуемый ими, можно вывести величину результирующей.

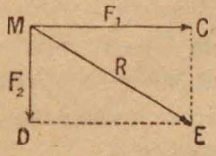



Рис. 24.

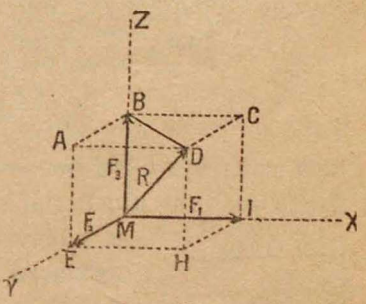



Рис. 25.

Если эти силы действуют под прямым углом (рис. 24).

$$\operatorname{Cos} F_1F_2 = \cos 90° = 0, \quad \text{т.-е.} \quad R^2 = F_1^2 + F_2^2.$$

Таким же способом можно сложить несколько сил и вычислить их результирующую. Разложение на две силы производится по принципу параллелограмма, на три — параллелепипеда (§ 8); если же в задаче дано более трех направлений, то она становится *неопределенной*. В общем, форма разложения дает три взаимно *перпендикулярных направления*. Если $F_1$, $F_2$, $F_3$ — суть три силы направленные по $MX$ $MY$ и $MZ$, а результирующая $R$ *известна* (рис. 25), мы можем путем проэктирования результирующей на грани параллелепипеда $ABCDEMHI$, получить величины искомых сил: $F_1$, $F_2$ и $F_3$.

Заметим, что в прямоугольном треугольнике $BMD$, гипотенуза $MD$ дает

$$MD^2 = BM^2 + BD^2$$

и в прямоугольном треугольнике $BDC$ имеем:

$$BD^2 = BC^2 + CD^2$$

тогда $$MD^2 = BM^2 + BC^2 + CD^2,$$

т.-е. квадрат результирующей равен сумме квадратов составляющих:

$$R^2 = F_1^2 + F_2^2 + F_3^2,$$

в общем же виде: $$R^2 = X^2 + Y^2 + Z^2$$

Бесполезно прибавлять, что если результирующая $R$ и одна из взаимно перпендикулярных сил $F_1$ даны, то другая сила $F_2$ (рис. 26) выводится по формуле прямоугольного треугольника:

$$F_2^2 = R^2 - F_1^2;$$

Силы действуют на материальные точку или тело так, как будто бы они являются *независимыми* друг от друга, но их действия *алгебраически* складываются (*принцип независимости сил*).

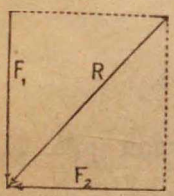



Рис. 26.

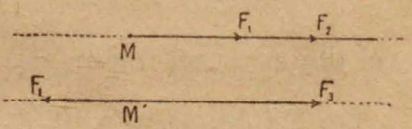



Рис. 27.

Таким образом, результирующая двух сил, действующая на точку $M$, есть их сумма $(F_1 + F_2)$ (рис. 27.); результирующая двух сил, направленных в разные стороны, равна их разности и приложена к точке $M$ в стороне большей силы $(F_3 - F_4)$.

**§ 13. Равновесие сил: статика.** Две силы, равные по величине и направленные в прямо противоположные стороны, не перемещают точки, к которой они приложены. Говорят, что они *уравновешиваются*, и их результирующая равна, очевидно, *нулю*. Для трех, и более сил должно и необходимо, чтобы их результирующая была равна 0 для того, чтобы точка, к ко-

торой они приложены, находилась в равновесии. Заметим, что при этом точка $M$ остается в покое, если она перед этим была в покое, и сохраняет свое равномерное движение, если она уже находилась в таком движении; одним словом, точка будет *свободной*, как и раньше.

Но силы, вспоминая сказанное выше, производят *деформации*, хорошо заметные, например, на каучуке, в меньших размерах—на куске металла, но всегда имеющие место; каждая деформация создает силу, направленную в сторону противоположную той, которая ее вызвала; это—*принцип действия равного противодействию*. Таким образом, рессора деформируется, когда сжимается, и она же развивает противодействие, приводящее ее в свое первоначальное состояние, по прекращении давления.

Мы должны, однако, отличать *теоретическое равновесие*, где не существует какой-либо реакции, от равновесия *естественного*. Статика твердого тела пренебрегает деформациями, которые происходят в теле, и сопротивлениями, которые тело оказывает. Статика занимается поэтому телом *совершенно твердым*, предпочитая его телу *реальному*, могущему изменять свою форму.

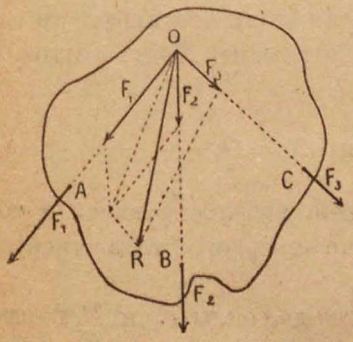



Рис. 28.

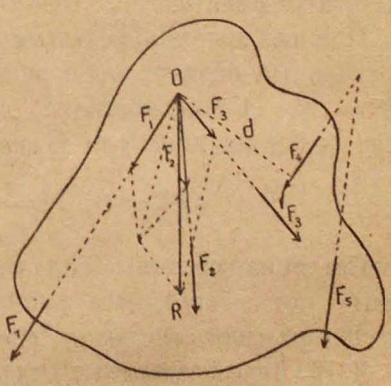



Рис. 29.

**§ 14. Уменьшение системы сил.** Возможно уменьшить число сил, приложенных к твердому телу, потому, что силы не изменяют своей величины, будучи перенесены *по своему собственному направлению* в другое место того же тела (напр., силу $F_1$ на рис. 28 можно перенести и приложить не к точке $A$, а к точке $O$). Можно также заменить несколько сил одной

результирующей, перенеся предварительно их точки приложения в одну точку $O$. В случае равновесия тела результирующая должна равняться $O$, а след., и составляющие направленные по трем взаимно перпендикулярным направлениям также должны удовлетворять след. условию:

$$X = O\,;\; Y = O\,;\; Z = O\,;$$

Но может случиться, что одни силы сходятся в точке $O$, другие же нет (рис. 29). В этом случае силы равные и параллельные проводят из точки $O$ и в том же направлении, как и не сходящиеся силы. Новая система будет *общей результирующей по отношению к точке O;* всякий раз не сходящиеся силы, как $F_4$ и $F_5$, стремятся вызвать движение твердого тела вокруг точки $O$; они имеют *момент* (movimentum) по отношению точки $O$. При общей результирующей имеется *результирующий момент* всех этих сложенных сил.

Момент силы $F_4$, по отношению к точке $O$ есть произведение этой силы на ее расстояние $d$ от этой точки. Видно, что своим моментом сила стремится вращать тело вокруг точки $O$ или оси здесь проходящей, с радиусом или плечом рычага равным $d$.

При разложении результирующего момента по трем прямоугольным осям условие равновесия будет достигнуто тогда, когда три составляющие $L$, $M$ и $N$ момента будут равны $O$, т.-е. будут на лицо три уравнения:

$$L = O,\; M = O \quad \text{и} \quad N = O;$$

Сведение системы сил к общей результирующей и моменту показывает, что равновесие твердого тела требует *шести условий, шести уравнений.*

**§ 15. Случай параллельных сил.** Когда две силы $F_1$ и $F_2$ имеют точки схождения в бесконечности, т.-е. являются параллельными, их результирующая будет приложена в точке на прямой $AB$, которая соединяет точки приложения сил $F_1$ и $F_2$. Эта результирующая равна сумме двух сил, если они направлены в одну сторону, и их разности, если они *не равны* и направлены в стороны противоположные; она будет параллельна их направлениям и разделит прямую $AB$ на части обратно пропорциональные этим силам.

Имеем след. отношение:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{CB}{CA}$$

Точка $C$ называется *центром параллельных сил* (рис. 30).

Если две силы равны и противоположны по направлению (будучи параллельными) и их результирующая равна $O$:

$$F_1 = F_2 \quad \text{и} \quad F_1 - F_2 = O$$

говорят, что они образуют *пару сил*. Пара сил стремится произвести движение вращения и имеет *момент* (рис. 31). Момент силы $F_2$ по отношению к точке $A$ равен:

$$F_1 \times d$$

Момент силы $F_1$ по отношению к точке $A$ равен $O$.

Такой момент обнаруживается, напр., в запряжке двух лошадей в карусели.

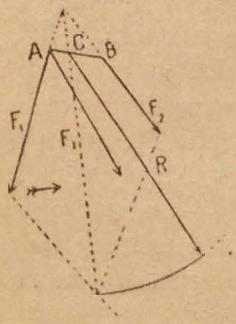



Рис. 30.

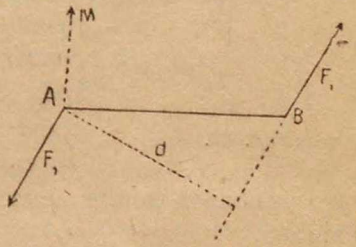



Рис. 31.

Представим момент вектором $AM$, приложенным в точке $M$ и нормальным к плоскости пары; имеем:

$$AM = F_1' \times d;$$

это и есть *ось пары*.

Разложение одной силы на две параллельных, сложение трех или многих сил производится по столь же простым правилам.

Если теперь мы заметим, что силы, приложенные к твердому телу, имеют общую результирующую $P$. и результирующий момент $M$ и что, с другой стороны, этот момент подходит к паре, мы можем сказать, что:

*Силы одной системы могут быть сведены к одной силе и к одной паре сил, или к одной силе и моменту.*

Необходимы шесть уравнений, чтобы выразить равновесие твердого тела; составляющие перемещения ($X$, $Y$, $Z$) и вращения ($L$, $M$, $N$) должны быть отдельно каждая равна $0$ для того, чтобы обозначить одним словом, что *совершенно свободное твердое тело имеет шесть степеней свободы*. Таким образом, точка, двигающаяся по плоскости по $X$ и $Y$, имеет *две степени свободы*, велосипед имеет *три степени свободы*.

**§ 16. Приложения.** *1) Разложение сил.* Если нам нужно какую-либо силу, напр., силу тяжести, разложить на две равные силы, приложенные к точкам $A$ и $B$, то мы берем силы вдвое меньшие заданной силы и точки их приложения помещаем по обе стороны точки приложения данной силы на равных расстояниях от нее.

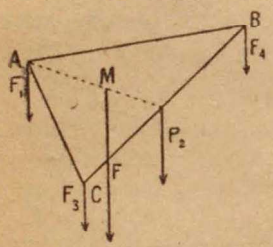


Рис. 32.

Если нужно распределить силу $F$ (рис. 32) между тремя точками $A$, $B$ и $C$, строим треугольник $ABC$, потом, проводя линию между $A$ и $M$ и продолжая ее до пересечения с $BC$, разлагаем $F$ на $F_1$ и $F_2$; затем разлагаем $F_2$ на $F_3$ и $F_4$; в случае, если треугольник $ABC$ — равносторонний, то силы $F_1$, $F_2$ и $F_3$ равны. Примером такого распределения сил может служить трехколесный велосипед.

Распределение силы между четырьмя ножками или точками (стол) теоретически является *неопределенным*.

*2). Степени свободы.* Степени свободы твердого тела позволяют вычислять его движения; мы с этим встретимся в многочисленных *сочленениях* человеческого тела.

**§ 17. Масса.** Тела обладают равной *массой*, когда они под действием равных сил получают одно и то же ускорение. Если их ускорение различно, то большему ускорению соответствует при равных силах меньшая масса. Так как масса обратно пропорциональна ускорению, то пишем:

$$\frac{F}{m}=\gamma;\quad \frac{F}{m'}=\gamma';\quad \frac{F}{m''}=\gamma''\ldots,$$

или

$$\frac{m}{m'}=\frac{\gamma'}{\gamma};\quad \frac{m'}{m''}=\frac{\gamma''}{\gamma'}\ldots;$$

для сил $F$ и $F_1$ и масс $m$ и $m'$, производящих то же самое ускорение ($\gamma$):

$$\frac{F}{m}=\gamma,\quad \frac{F'}{m'}=\gamma;$$

где $$\frac{F}{F'}=\frac{m}{m'}$$ и т. д.

Из этого следует, что $F=m\gamma$, т.-е., сила есть произведение массы на скорость. Это произведение может служить для измерения силы.

Интенсивность тяжести выражается след. равенством:

$$P=mg,$$

где $P$—вес тела. Так как ускорение тяжести есть величина постоянная, то

$$p'=m'g,\quad p''=m''g.$$

Если в равенство $P=mg$ подставим вместо $m$ *единицу массы*, получим $P=g$ и, след., величина тяжести станет равной величине ускорения. Поэтому под величиной тяжести разумеют величину $g$. В Париже, $g=9{,}80978$ или, в круглых цифрах, 9,81 метра. Мы уже указали, что $g$ изменяется с широтой места (увеличиваясь) и с высотой (уменьшаясь); мы можем пренебречь этими изменениями. Единица массы есть масса кубического сантиметра дистиллированной воды при температуре 4° С; называется она граммом; более точно, *единица массы*, есть тысячная доля *килограмма-эталона* хранящегося в Национальном Архиве в Париже.

За *единицу длины* в выражениях скоростей, ускорений и т. п. принимаем *сантиметр* или сотую долю *метра*, хранящегося там же.

Подставляя эти величины в выражениях для силы тяжести:

$$p=1 \text{ гр.}\times 980{,}97 \text{ см.}=980{,}97 \text{ грамм-сантиметров.}$$

Единицей веса в этой системе грамм-сантиметр будет *дина*; это $\frac{1}{g}$ или $\frac{1}{981}$ грамма. А так как величину $g$ можно считать постоянной, сравнивают силы при помощи масс и грамм считается единицей *силы* или *веса*. В промышленности пользуются обычно 1 *килограммом* содержащим 1000 граммов.

К этим двум *основным единицам*, сантиметру ($C$) и грамму ($G$) прибавляем единицу времени—*секунду* ($S$) и получаем систему $CGS$, которая настоящее время получила универсальное применение. (Она была принята Парижским Конгрессом в 1881 г.).

Определение $F=mg$ или $m\gamma$, которое мы даем теперь силе, вызывает в памяти другое, *статическое* определение

данное в § 11. Что касается массы, она не заключает в себе ни физического, ни метафизического понятия; если определить массу, как *количество вещества*, то остается тот факт, что *природа* этого вещества не изменяется с величиной массы.

*Масса есть инерция* (§ 11), потому что инерция относится не только к покою, но и к состоянию движения.

Поэтому рутина, если хотите, есть *умственная инерция*.

Так как скорость и ускорение сообщаются телам в *конечное* время, то инерция может быть нами почувствована; ее действия нам хорошо известны; человек сходящий с быстро двигающегося экипажа падает, потому что верхняя часть его тела сохраняет движение приданное ей экипажем; внезапная остановка поезда, парохода, лошади вызывает также падение. Каждый человек может вспомнить много примеров из своей жизни, где играла роль инерция покоя или движения.

§ 18. Наименьшей массой тела, имеющей еще свойства материи является *молекула;* последняя может и не быть простой неделимой, а состоять из *атомов*, теоретически *неделимых*.

Анализируя состав молекулы, *химия* устанавливает, что молекула состоит иногда из *одного атома* (ртуть), иногда же *из двух* (кислород). Символы ртути и кислорода будут: $Hg$ и $O_2$.

Молекулы могут сгущаться и переходить из газообразного состояния в жидкое и твердое.

*Сложные* тела, как напр., кислоты, основания и т. д. имеют очень большие молекулы, состоящие из *большого числа атомов*. *В органических веществах* мы встречаем наиболее сложные молекулы (напр., белок куриного яйца или мяса).

Вес молекулы есть сумма весов входящих в нее атомов. Приняв атомный вес водорода за единицу ($H=1$), можем определить атомные веса всех других элементов. Напр.,

| | |
|---|---|
| $H$ — 1 (Водород). | $S$ — 32 (Сера). |
| $O$ — 16 (Кислород). | $C$ — 12 (Углерод). |
| $N$ — 14 (Азот). | $P$ — 31 (Фосфор) и т. д. |

Формула виноградного сахара будет: $C_6H_{12}O_6$.

Она содержит 6 атомов углерода, 6 атомов кислорода и 12—водорода.

Молекулярный вес виноградного сахара —

$$(12 \times 6) + (1 \times 12) + (16 \times 6) = 180 \text{ гр.}$$

Грамм-молекула *воды* весит:

$$H_2O = (1 \times 2) + 16 = 18 \text{ гр. и т. д.}$$

Является замечательным то обстоятельство, что биологические свойства молекулы зависят не только от ее *природы*, и состава, но и от ее *формы*. Так некоторые микроорганизмы сбраживают сахар только с определенным расположением атомов в пространстве.

Последний вопрос еще плохо изучен.

Что касается действительного существования молекул, то последние работы в этой области Ж. Перрена не оставляют больше в этом никакого сомнения. Один грамм виноградного сахара содержит 100.000.000.000.000.000.000 *настоящих молекул*.

**§ 19. Центр массы или тяжести.** Называют центром *массы* ту *точку* тела, в которой вся его масса может быть предполагаема сконцентрированной. Или точнее, если разложить все силы, представляющие действия тяжести на молекулы тела, то их результирующая $GR$ будет приложена к этой точке, *центру массы* или *тяжести* $G$ (рис. 33). Положение центра тяжести зависит от формы тела и распределения его вещества в данный момент. Для тел однородных положение центра тяжести зависит только от формы.

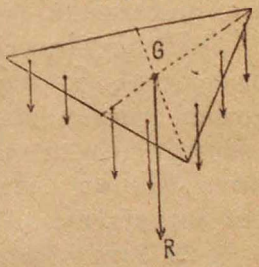


Рис. 33.

В случае, если вещество в теле распределено не равномерно, определение положения центра тяжести может быть сделано только экспериментальным путем.

Вертикальная линия, проходящая через центр тяжести, называется *осью тяжести*.

Центр тяжести однородных тел есть центр их фигур; напр., центр тяжести круга находится в центре круга, центр тяжести шара—в центре шара, центр тяжести параллелограмма—в точке пересечения диагоналей.

Центры тяжести нужно искать на плоскости или же на оси симметрии тела, если она имеется, а это бывает тогда, когда две равноотстоящие точки тела находятся на перпендикуляре к этой плоскости или этой оси. Напр.:

1). Центр тяжести какой-либо призмы или цилиндра находится на *средине прямой*, соединяющей центры тяжести двух оснований.

2). Центр тяжести пирамиды или конуса расположен на одной четверти прямой (считая снизу), соединяющей вершину с центром тяжести основания;

Эти правила верны, как указано было выше, только для однородных тел.

Экспериментальное отыскивание центров тяжести в каких-либо телах может быть произведено одним из след. способов:

1). Тело подвешивается последовательно за две свои точки; два направления веревки пересекаются тогда в центре тяжести.

2). Помещают тело на край стола или на ребро ножа последовательно в двух различных положениях; пересечения этих положений дают нам центр тяжести;

3). В случае, если тело состоит из различных частей (неоднородно), то определяют центр тяжести, если это возможно, каждой части отдельно и складывают силы тяжести действующие на них. Так, для гимнастической гири с равными шарами складывают веса шаров и ручки и получают результирующую, приложенную к средине ручки.

**§ 20. Устойчивость равновесия.** Тело, подвешенное на *неподвижной точке*, как бы выходит из-под действия тяжести, так как противодействие точки, к которой оно подвешено, уничтожает как будто бы действие тяжести. Тело, вращающееся вокруг *неподвижной оси*, производит давление на эту ось, и противодействие последней обусловливает равновесие.

В случае тела, находящегося на плоскости, ось тяжести должна проходить для сохранения равновесия через т. н. *площадь опоры S* (рис. 34).

*Равновесие* является *наиболее устойчивым*, когда центр тяжести расположен возможно *низко* (рис. 35), и *неустойчивым*, если центр тяжести расположен *высоко*.

Катящийся по ровной поверхности шар имеет центр тяжести всегда на одинаковом расстоянии от этой поверхности; в этом случае мы имеем третий вид равновесия, *безразличное равновесие.*

Из изложенного выше видно, что тело будет наиболее устойчивым в том случае, если, во-первых, площадь его опоры

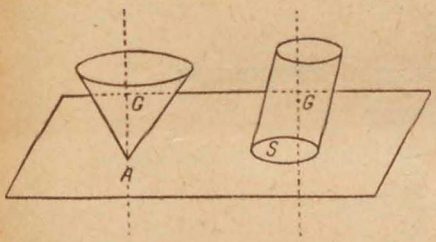



Рис. 34.

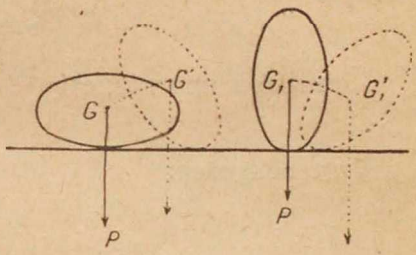



Рис. 35.

достаточно велика, во-вторых, ось тяжести проходит возможно ближе к средине площади опоры, и центр тяжести тела расположен низко.

## ГЛАВА II.

## Изучение сил. Динамика.

**§ 21. Определение.** *Динамика* занимается изучением сил, производящих то или другое движение.

В случае одной материальной точки все действующие на нее силы сводят к одной их результирующей; в случае же (более реальном) материальных систем представляют всю массу тела сконцентрированной в центре тяжести, а все действующие на тело силы—сведенными к результирующей, точка приложения которой помещается в этом центре. Для того, чтобы упростить еще более вычисления, пренебрегают сопротивлением воздуха и трением.

**§ 22. Движение точки. Метания.** Когда сила, постоянная по величине и направлению, действует на точку $M$, то имеем (§ 2):

$$e = \frac{1}{2}\gamma t^2 \quad \text{и скорость:} \quad v = \gamma t.$$

В случае падения тела под действием тяжести

$$e = \frac{1}{2} gt^2 \quad \text{и} \quad v = gt,$$

из чего выводим:

$$v^2 = g^2 t^2 = 2g \times \frac{1}{2} gt^2 = 2ge,$$

откуда

$$v = \sqrt{2ge}.$$

Заменяем пространство $e$ высотой падения $h$:

$$v = \sqrt{2gh},$$

откуда получаем:

$$h = \frac{v^2}{2g}.$$

Но, если тело находилось в равномерном движении, то, под действием тяжести, оно выполнит результирующее движение. Мы можем это видеть на примере камня, брошенного со скоростью, направленной горизонтально (при *метании*). Пусть точка $M$ будет двигаться по оси $XX'$ (рис. 36) со

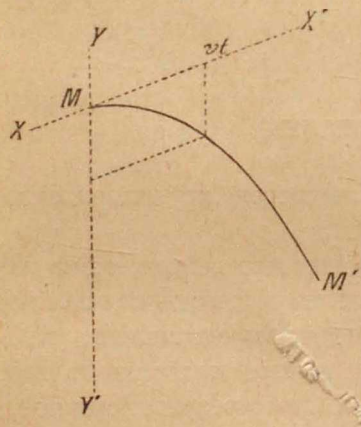



Рис. 36.

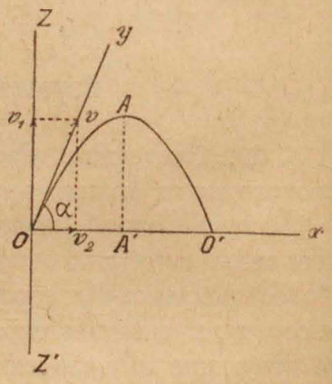



Рис. 37.

скоростью $v$, а по оси $YY'$ под действием тяжести; мы знаем, что в этом случае тело опишет *параболу* (§ 5). В самом деле, за время $t$ тело пройдет расстояние $vt$ по оси $XX'$ и $\frac{1}{2} gt^2$ по оси $YY'$; параллелограмм этих движений даст искомую траэкторию.

Если мы имеем мяч, брошенный из точки $O$ со скоростью $v$ под углом наклона $\alpha$ (рис. 37), то рано или поздно он коснется почвы (горизонтали $OX$) благодаря силе тяжести. Но скорость $v$ имеет вертикальную составляющую $v_1 = v \cdot \sin \alpha$, прибавляемую алгебраически к скорости падения по $zz'$, и горизонтальной скорости

$$v_2 = v \cdot \cos \alpha.$$

Вертикальная скорость будет:

$$V = v \cdot \sin \alpha - gt,$$

а пройденное расстояние за время $t$:

$$z = (v \cdot \sin \alpha) \cdot t - \frac{1}{2} gt^2.$$

По $OX$ скорость и расстояние будут:

$$v_2 = v \cdot \cos \alpha \qquad x = (v \cdot \cos \alpha \cdot t.$$

Наконец, находим:

$$z = x \cdot tg \alpha - \frac{g}{2 v^2 \cdot \cos^2 \alpha} x^2.$$

Последнее выражение есть уравнение параболы имеющей вертикальную ось.

Когда мяч находится в точке $A$, его скорость $V = v \cdot \sin \alpha - gt$ и должна быть равна $O$; след.

$$v \cdot \sin \alpha - gt = O$$

и

$$t = \frac{v \cdot \sin \alpha}{g}.$$

Последнее выражение дает нам продолжительность поднятия; время, потребное на все движение (поднятие и падение), равно $\frac{2 v \cdot \sin \alpha}{g}$ и соответствует дальности полета $OO'$.

Уравнение расстояния $OO'$:

$$v_2 \times 2t \quad \text{или} \quad v \cdot \cos \alpha \times \frac{2v \cdot \sin \alpha}{g} = \frac{2v^2 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha}{g} = \frac{v^2 \cdot \sin 2\alpha}{g}.$$

Наибольшая дальность полета имеет место для $\sin 2\alpha = 1$ или $2\alpha = 90^0$ и $\alpha = 45°$; след., наибольшая дальность полета мяча будет в том случае, если мяч *будет брошен под углом* 45°.

Из уравнения $Z$, если дано $x$ (точка, куда должен упасть мяч) и $v$—наклонная скорость, можно вычислить угол бросания.

Сопротивление воздуха уменьшает амплитуду метания.

**§ 23. Центральная сила.** Примером *центральной силы* является тяжесть, потому что земля притягивает к себе все тела так, как будто бы точка притяжения помещается в центре земли;

сама земля притягивается солнцем, центром нашей планетной системы. Направление центральной силы проходит всегда через центр; центральная сила может быть *притягивающей* или *отталкивающей* и ее действие обратно пропорционально квадрату расстояния. Всеобщее тяготение производит движение звезд по *эллипсам*, но, в изучаемых нами пределах, сила тяжести действует по вертикальному направлению и тело, брошенное горизонтально, летит по параболе.

Обратно, если известна траэктория, можно определить силу.

Возьмем случай тела, описывающего *окружность* с центром $O$, и будем искать силу, производящую это движение.

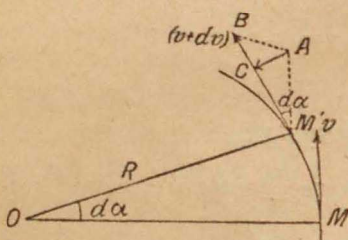


Рис. 38.

Предположим, что угловая скорость $\omega$ постоянна. Искомая сила должна быть $F = m\gamma$, а ускорение $\gamma$ здесь постоянно. Заметим, что в движении *неравномерном*, криволинейном, это ускорение имеет две составляющих. В самом деле, когда движущаяся точка идет из $M$ в $M'$ (рис. 38), скорость изменяется от $v$ к $v + dv$; $dv$ будет увеличение ускорения в бесконечно малое время $dt$ и угол $MOM'$ будет равен $d\alpha$. Возьмем $M'A$ равную и параллельную $v$. Ускорение выразится след. отношением $\frac{AB}{dt}$. Так как $AB$ есть результирующая прямоугольных векторов $BC$ и $AC$, то можно сказать, что ускорение $\frac{AB}{dt}$ есть сумма *тангенциального ускорения* $\frac{BC}{dt}$ и *центростремительного ускорения* $\frac{AC}{dt}$. Не трудно видеть, что первая равна $\frac{dv}{dt}$, тогда как вторая $\frac{v^2}{R}$; $R$ есть радиус кривой в точке $M'$; почему

$$AC = v \cdot d\alpha \text{ и } \frac{AC}{dt} = v\frac{d\alpha}{dt},$$

с другой стороны, $\frac{d\alpha}{dt} = \frac{v}{R}$;

тогда $\frac{AC}{dt} = \frac{v^2}{R}$ (рис. 38).

В случае, если движущаяся точка описывает окружность равномерным движением, то тангенциальное ускорение равняется $0$ и остается лишь ускорение центростремительное:

$$\gamma = \frac{v^2}{R}.$$

*Центробежная сила* будет:

$$F = m\gamma = m \cdot \frac{v^2}{R}.$$

Эта сила противоположна силе центростремительной и равна ей по величине; при вращении камня, привязанного к веревке, *сила центростремительная* выражается в натяжении веревки, *сила центробежная* в стремлении камня отлететь.

При быстром вращении центробежная сила становится настолько большой, что разрывает мельничные жернова и маховые колеса; она же заставляет и велосипедистов, едущих по кругу, и цирковых наездников наклоняться при езде к середине арены.

§ 24. **Маятник.** Материальная точка подвешенная на нерастяжимой нити, один конец которой укреплен неподвижно, называется *маятником*. Это—движение круговое, но ограничивающееся только одной дугой окружности (рис. 39). Маятник качается из $M_1$ в $M_2$ и продолжительность этого простого качания:

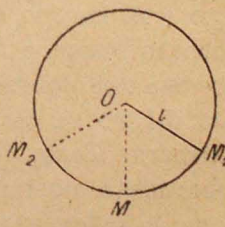


Рис. 39.

$$t = \pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

где $l$ — длина маятника; закон этот действителен только для малых размахов.

Зная $g$—ускорение тяжести в данном месте можно, обратно, вычислить продолжительность $t$ для известной длины $l$ маятника. Для Парижа $g = 9{,}81$ метра. На практике употре-

бляют так называемый сложный маятник, продолжительность качания которого:

$$t' = \pi \cdot \sqrt{\frac{I}{Mg \cdot l'}},$$

где $M$ — масса маятника, $I$ — момент его инерции, а $l'$ — расстояние неподвижной точки от центра тяжести.

Для построения сложного маятника синхроничного с простым, вычисляем:

$$\sqrt{\frac{I}{Mgl'}} = \sqrt{\frac{l}{g}};$$

очевидно, что $t = t'$ и след., $l = \frac{I}{Ml'}$.

В музыкальном метрономе, употребляемом нами в некоторых экспериментах, мы имеем маятник с двумя ветвями; нижняя ветвь, отягощенная грузом (чем и изменяется момент инерции), позволяет менять $t$.

**§ 25. Движение материальной системы.** В движениях материальной системы действующие силы можно разделить на две категории: силы *внешние* (тяжесть, давление воздуха и т. п.) и силы *внутренние*, равные попарно друг другу, направленные в прямо противоположные стороны и действующие между точками системы; эти последние имеют результирующую равную *0;* если предположим, что масса системы сосредоточена в центре тяжести, *то движение будет происходить под действием только внешних сил, не завися от каких бы то ни было других.* Это—теорема движения центра тяжести. Тело, брошенное в горизонтальном направлении, описывает, повинуясь начальной скорости и тяжести, *параболу;* в действительности, только центр тяжести опишет параболу, другие же точки системы опишут очень сложные траэктории. В движение материальной системы полезно ввести новое понятие: *количество движения,* выражающее собою произведение массы на скорость.

**§ 26. Работа.** Когда сила вызывает движение или задерживает его, говорят, что она производит *работу. Работа есть произведение силы на перемещение, произведенное в направлении силы.*

$$\zeta = F \times l.$$

Сила в 1 *килограмм*, перемещаясь по своему направлению на расстояние 1 *метра*, производит работу, равную одному *килограммометру* (символ: *kgm*); это—промышленная единица работы.

В системе *CGS* единицей работы (эргом) называется работа одной дины на расстоянии 1 см.; дина $= \frac{1}{981}$ грамма, след.,

$$\text{эрг.} = \frac{1}{981} \times 1 \text{ см. или}$$

$\frac{0{,}001}{981} \times 0{,}01$ метра $= \frac{1}{981 \cdot 10^5}$ килограммометра; иначе говоря, один килограмметр равен $9{,}81.10^7$ эргов (около 100.000.000 эргов).

В зависимости от того, действует ли сила в направлении перемещения тела (напр., при поднимании по лестнице) или против него (спускание по лестнице), она производит работу *продвижения* или *сопротивления*. Примером второго вида работы может служить скольжение по наклонной плоскости бочки, удерживаемой от падения веревкой, замедляющей ее движение.

Работу сопротивления мы называем работой *отрицательной*, работу продвижения—*положительной*.

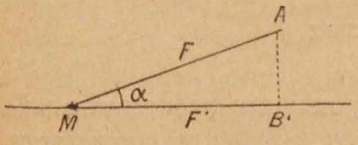



Рис. 40.

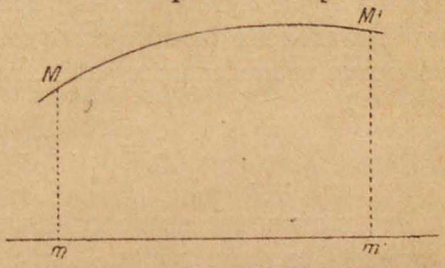



Рис. 41.

Во многих случаях сила действует *под углом* к перемещению тела (примером может служить передвижение вагона по рельсам при помощи веревки, идущей под углом по направлению движения). В таких случаях (рис. 40), составляющая полезного действия равна:

$$F' = F \cdot \cos\alpha,$$

так как $MB = MA \cdot \cos\alpha$.

Для перемещения работа будет равна:

$$\zeta = F'l = Fl \cdot \cos\alpha.$$

Рассмотрим работу при перемещении по *кривой линии* $MM'$ (рис. 41); сила имеет направление $mm'$; работа будет в этом случае та же, как если бы сила перемещала бы проэкцию точки $M$ на линии $mm'$; след.:

$$\zeta = F \,.\, mm'.$$

Работа постоянно действующей силы зависит по величине и направлению только от начального и конечного положений движущейся точки:

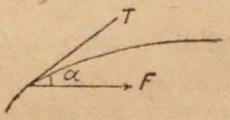



Рис. 42.

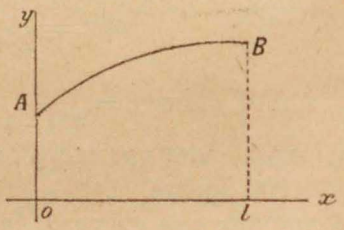



Рис. 43.

Если сила есть касательная к каждой точке траэктории, то работа равна:

$$\zeta = F \times MM'.$$

Если этого нет, то сила образует $\angle \alpha$ с касательной к каждой точке пути (рис. 42); назовем элемент пути $dl$; работа на элемент длины пути будет равна $F \,.\, dl \,.\, \cos\alpha$; общая же *сумма* элементарных работ, интеграл

$$\zeta = \int_o^l . \, F \,.\, dl \cos\alpha.$$

Это выражение является общим как для работы, где действующая сила постоянна, так и там, где сила *изменяется* во время работы по своей величине. Примером последнего рода работы может служить работа служанки, разносящей по этажам многоэтажного здания хлеб; наибольшую силу ей приходится применять в нижних этажах и, чем выше она поднимается и след., чем больше хлебов она раздаст, тем меньше усилий ей приходится прилагать для несения корзины; усилие, употребляемое ею, уменьшается во все время ее пути; нанесем величины $F \,.\, \cos\alpha$ на ординаты, а длины $dl$ на абсциссы; вершины ординат образуют кривую $AB$; площадь $ABO$ представляет величину всей работы, ее интеграл (рис. 43).

Следует отличать понятие *силы от понятия работы; одна* сила не составляет еще работы; напр., при поднятии ведра из колодца нам приходится затрачивать усилие равное весу ведра, но эта еще не работа; если ведро пройдет весь путь снизу доверху (при чем сила тянущего человека все время побеждает вес ведра), тогда только мы получим право говорить о работе; работа есть произведение 2-х факторов: силы и перемещения; если мы станем при обработке металла сильно нажимать напильником на металл, то это еще не будет *полезной работой; для получения последней* необходимо переместить напильник по металлу под тем же давлением. Вся промышленная механика покоится на изучении работы сил.

Нельзя оценивать *работу* по количеству *изделий*, изготовляемых рабочими. Это ясно, напр., из след. примера: два человека обрабатывали по участку земли в 100 кв. м.; они выполнили в обыденном смысле этого слова равное количество работы; с точки зрения науки тот из них, который имел худшие инструменты или более твердую землю и т. п., совершил большую работу.

До Понселя (Poncelet, 1826) и Кориолиса (Coriolis, 1829) употребляли понятие силы вместо понятия работы; теперь это неправильное выражение вышло из употребления. Великие физики XVII и XVIII столетия, Гюйгенс (Huyghens), Бернулли (Bernoulli), Де-ля-гир (De La Hire), Лавуазье (Lavoisier) и Карно (Carnot) и одним из самых последних Гельмгольц (Helmholtz, 1848), употребляли термин *сила*, понимая под ним произведение веса на перемещение.

**§ 27. Живая сила.** Если тело весом в $P$ падает с высоты $h$, то тяжесть производит работу $\zeta = P \times h$; мы знаем, что $P = mg$ и, что $h = \frac{1}{2} g t^2$; след.

$$\zeta = \frac{1}{2} m g^2 t^2.$$

Так как во время $t$ скорость $v = gt$, то имеем:

$$g^2 t^2 = v^2$$

и

$$\zeta = Ph = \frac{1}{2} m v^2.$$

Величина $mv^2$ была названа *живой силой* (Лейбниц), а величина $\frac{1}{2}mv^2$—*живой мощностью* (Беланже).

Таким образом работа, доставляемая материальной системе сообщает ей некоторую живую силу, в некотором роде «свободную работу»; если, напр., рессора сдавливается грузом, вес которого—$P$ и при этом рессора сжимается на величину $r$, то произведенная работа $= P \times r$; при обратном движении рессоры груз поднимается и рессора расслабляется, показывая живую мощность $\frac{1}{2}mv^2 = P \times r$.

Живая мощность скопленная в «скрытом» состоянии доставляет, однако, «реальную» работу.

Придадим движущемуся телу некоторое количество работы; при этом его скорость изменится от $v$ к $v'$, а живая мощность от $\frac{1}{2}mv^2$ к $\frac{1}{2}mv'^2$; в этом увеличении живой силы и заключается приданная телу работа.

$$\zeta = \frac{1}{2}mv'^2 - \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m(v'^2 - v^2).$$

Это и есть выражение *принципа живых сил.*

**§ 28. Энергия.** То обстоятельство, что живая мощность рождается из накопленной работы, могущей быть *вновь отданной*, привело физиков к отождествлению этой живой мощности $\frac{1}{2}mv^2$ с чем-то не материальным, способным скрываться в телах и вновь проявляться: последнее и стали называть *энергией*, понимая под этим словом способность производить работу и находиться либо в запасе (*потенциальная* энергия), либо переходить в работу (*кинетическая* энергия).

Кинетическая энергия расправляющейся рессоры или пружины представляет собою превращенную потенциальную энергию, накопленную рессорой (пружиной) при ее сжатии.

Все тела представляют, таким образом, резервуары энергии или потенциальной или кинетической. Тело, находящееся на некоторой высоте над землей, обладает способностью произвести, падая, известное количество работы; эта работа может измерить кинетическую энергию или энергию движения, точно соответствующую энергии покоя (потенциальной).

Во всем этом «что-то остается нетронутым», изменяя лишь свою форму. Интерес введения понятия энергии заключается также и в том, что оно позволяет нам понять *получение тепла трением.*

Румфорд, Деви и некоторые другие ученые показали, что трение—истинная механическая энергия — превращается в тепло. Свет также, как полагают, может превращаться в тепло, а последнее, в свою очередь, доставляет силу машинам и животным. Все эти идеи были точно формулированы бедным немецким врачем из Heilbronn, *Робертом Юлиусом Майером* (1814—1878).

История энергетики весьма любопытна. Слово «энергия» в смысле *работы* было употреблено Бернулли в одном из писем (1717 год) к Вариньону, а также Купле (Couplet, 1726). Юнг употребил его снова в 1807 году, но вошло оно в употребление лишь между 1850 и 1870 годами, благодаря Ранкину и Вильяму Томсону (позднее лорду Кельвину). Во всяком случае многие физики, начиная от Гюйгенса (1680), Лейбница (1696) и Лазаря Карно (1803) до Гельмгольца, пользовались для обозначения понятия «работа» термином «*живая сила*» или, короче, «*сила*».

Ученые не могли примириться с тем фактом, что сила может исчезать; Лейбниц разрушил это представление, указав на то, что при ударе, трении и т. п. живая сила тела, исчезая, рождает теплоту.

«Силы,—писал Лейбниц,—не *уничтожаются*, но рассеиваются между мелкими частицами. Это—не гибель, но размен крупной монеты на мелкие».

Таким образом, теплота рассматривалась, как вид движения невидимых частиц тела, «движение изменчивое и очень быстрое» (Роберт Бойль, Румфорд, Юнг, Деви, Ампер и Френель). Френель во-время придерживался определенного мнения, что теплота есть колебание. До 1822 года речь шла лишь о *качественном* соотношени между теплом и работой. О возможности *количественного* соотношения тогда и не думали.

В 1824 году Сади-Карно поставил в своих «Размышлениях о движущейся силе огня» вопрос о *производстве работы при затрате тепла* применительно к процессам, протекающим в паровых машинах. Сравнивая тепловые машины с маши-

нами, работающими водяной силой, он пришел к выводу, что *движущая сила огня зависит от разницы температур* между котлом и конденсатором, подобно тому, как движущая сила воды зависит от разницы уровней. В его сочинениях, опубликованных через 46 лет после его смерти (1878), мы находим указания на то, что Карно, допуская уничтожение тепла при превращении его в работу, и подошел к закону *эквивалентности* тепла и работы. Препятствием к выводу этого закона было то, что без *падения температуры, без нарушения теплового равновесия* невозможна была двигательная сила. *Максимум* работы тепловой машины определялся этим температурным различием.

Следует отметить, что уже Пикте (1790) приписывал теплоте *напряжение*.

Мысль о количественном соотношении в ту эпоху еще не созрела и лишь отдельные сильные умы видели пока ее туманные очертания. Только в 1824 году эквивалентность работы и тепла, а затем и других видов энергии была твердо установлена *Робертом Майером*, через 3 года распространившим эти положения и на *живые существа*.

**§ 29. Принцип эквивалентности Роберта Майера.** Этот принцип может быть формулирован в 2-х выражениях: «Тепло превращается в работу и работа в тепло по определенному, неизменному *закону*» или «Существует постоянное отношение эквивалентности между работой и теплом».

*Большой калорией* называется количество тепла, необходимое для нагревания 1 килограмма воды от 0° до 1° С; этому количеству тепла соответствует, как показали опыты Хирна, Эдлунда, Джоуля и других физиков, 426,4 *килограмметра работы*; в круглых числах *1 кал.* = 425 кгм. и, обратно, 1 кгм. $= \frac{1}{425}$ кал. Приняв за *механический эквивалент тепла* 425 кгм-м, можем написать

$$\frac{\text{работа}}{\text{тепло}} = 425 = E,$$

где $E$—фактор пропорциональности, норма эквивалентности.

В 1843 году английский физик Джоуль показал, что работа, совершаемая магнито-электрическими машинами, имеет своим источником химические реакции между кислотами и

металлами вольтова столба, иначе говоря, *окисление* цинка. Он также показал, что сила «химическая» может переходить в силу «тепловую», а последняя—в работу. У животных, прибавляет он, производство работы происходит за счет химических операций организма, развивающих тепло.

Роберт Майер, более сведущий в физиологии, нежели Джоуль, опубликовал свои исследования по последнему вопросу в превосходном мемуаре, появившемся в 1845 году: «Химическая сила, содержащаяся в вводимой пище и во вдыхаемом кислороде, есть источник 2-х родов сил: движения и теплоты; сумма физических сил, доставленных животным, эквивалентна сумме химических процессов, имевших место в организме за то же время. Если превратить в тепло всю механическую работу, совершенную, напр., лошадью за некоторое время, и к ней прибавить тепло, выработанное ею, то сумма будет равна теплоте химических реакций, происшедших за то же время».

С Гельмгольцем (1847 г.) учение об эквивалентности стало общепризнанным, особенно после того, как физики доказали, что *энергия* есть «то, что сохраняется» в следующих превращениях: механической работе, теплоте, свете, электричестве. В настоящее время *принцип сохранения энергии* уже ни в ком не вызывает сомнений.

**§ 30. Толкование и приложения принципа эквивалентности.** Принцип эквивалентности выводится в приложении только к тепловой и механической энергии, так:

$$\zeta = EQ$$ в механ. единицах—килограммметрах или

$$\frac{\zeta}{E} = Q$$ в тепловых единицах—калориях.

Это отношение можно переписать так:

$$\zeta - EQ = 0,$$

т.-е. что при превращении тепла в работу «внутренняя энергия» тепла не изменяется. Это бывает, когда цикл явлений замкнут. Но иногда изменяется и внутренняя энергия: напр., в опыте Эдлунда при растягивании металлической проволоки грузом, проволока охлаждается, поглощая $q$ калорий; после снятия груза она укорачивается (но не до прежнего состояния), выделяя $q'$ калорий. Между изменением

внутренней энергии тела $U$ и работой $\zeta$, с одной стороны, и теплотой $Q$, с другой, существует след. соотношение:

$$\frac{\zeta + U}{425} = Q \text{ (в калориях)},$$

в опыте Эдлунда:

$$q + \frac{\zeta}{425} = q'.$$

Если система тел может производить с помощью химических реакций работу и теплоту, то между изменением внутренней энергии и химическими и тепловыми явлениями существует такое равенство:

$$U = \zeta \pm Eq.$$

Если $\zeta = 0$ (напр., при сжигании органических веществ в калориметрической бомбе), тогда $U = EQ$, т.-е. вся внутренняя химическая энергия превращается в тепло.

На этом покоится *термохимия* или наука об измерении теплот сгорания веществ. С этой целью употребляют калориметрическую бомбу Бертло, видоизмененную Малером и Донкиным: внутри этой бомбы вещество сгорает в сгущенном до 25 атмосфер кислороде; эти приборы позволяют чрезвычайно точно определять количество тепла, выделяющееся при сгорании. Часто применяют и более просто устроенные калориметры, напр., калориметр Бунзена или Фери. В общем случае

$$U = \zeta \pm EQ.$$

Это же уравнение мы имеем и у живых существ. Животные и растения сжигают внутри своих тканей питательные вещества; при отдыхе они производят *только* теплоту. Производство механической работы идет у них по тому же уравнению:

$$U = \zeta + EQ$$

очень точно подтверждающемуся.

Но работа может быть *работой движения (положительной)* или работой *сопротивления (отрицательной)*.

последнем случае имеем:

$$U = EQ - \zeta.$$

В этом случае изменение внутренней энергии не будет уже *столь большим*, как при работе положительной. Иначе говоря, отрицательная работа является менее экономной.

**§ 31. Принцип Карно.** Сади-Карно установил принцип громадной важности, выражающий отношение работы к теплоте. Анри ле-Шателье дал более конкретное выражение этому принципу в «Законе *перемещения равновесия*», носящим его имя: «Всякая производящая работу система есть место нарушения равновесия. Обратно, везде, где можно иметь восстановление этого равновесия, можно иметь и производство работы».

Карно показал нарушение термического равновесия в *различии температур* между выходящим из котла паром и водой в конденсаторе; различие аналогичное в процессе падения воды разнице уровней, по вертикальному направлению, между верхним и нижним шлюзом. *Можно* указать для каждого рода энергии два фактора, ее составляющие:

Механическая энергия = сила (или вес) × пройденный путь.

Тепловая энергия = *энтропия* × различие температур.

Энтропия есть физическая величина, играющая роль силы или тяжести.

Электрическая энергия = количество электричества × разница потенциалов.

Химическая энергия = масса × *химический потенциал*.

Вопрос о химическом потенциале, известном также под именем *сродства*, является еще очень мало изученным.

Возвратимся к тепловой энергии. Она пропорциональна, как мы уже говорили, *скачку температур*. При увеличении температуры на 1°, давление пара увеличивается на 1/273 своей первоначальной величины. Если в тепловой машине конденсатор охладится на 1, 2, 3, . . . . . градуса, работа увеличится на:

$$\frac{1}{273}, \frac{2}{273}, \frac{3}{273} \ldots\ldots$$

своей величины. Охлаждая конденсатор на 273°, мы всю теплоту превращаем в работу.

В тепловой машине количество тепла $Q$, взятое из нагревателя (абс. темп. $T$) совершает работу; остаток (мятый пар) количества тепла $Q'$ направляется к конденсатору с тем-

пературой $T'$. Но мы знаем, что $\frac{Q}{T}$ или $\frac{Q'}{T'}$ выражают энтропию:

$$\frac{\text{тепловая энергия}}{\text{температура}}.$$

Следовательно, машина получает количество энтропии $\frac{Q}{T}$ и отдает другое $\frac{Q'}{T'}$. Количество тепла, превращенного в работу: $Q - Q'$ есть часть $\frac{Q - Q'}{Q}$ количества приобретенного машиною тепла (нагревателем).

Чтобы эта часть была *наибольшей*, необходимо, чтобы во время превращения не было никакой потери тепла (путем лучеиспускания, теплопроводности). Кроме того, необходимо, чтобы падение температуры происходило незаметно от $T$ к $T'$, и чтобы вода возвращалась от температуры $T'$ к $T$; другими словами, вода должна совершить *круговой процесс* и вернуться в первоначальное состояние. Ход процесса с незаметным изменением температур по необходимости должен быть *очень медленным*, таким, что машина в любой момент является близкой к равновесию и могла бы функционировать одинаково хорошо как в одном направлении, так и в обратном. Это условие называется *обратимостью*.

В общем, для того, чтобы произвести наибольшую работу, тепловая машина должна работать по *круговому обратимому процессу*. Это то, что называется *циклом Карно*.

В течение всего этого процесса энтропия $\frac{Q}{T}$ не изменяется, превращаясь в $\frac{Q'}{T'}$; она *сохраняется*.

Поэтому-то принцип Карно называется также *принципом сохранения энтропии*.

$$\frac{Q}{T} = \frac{Q'}{T'}; \quad \text{где} \quad Q^1 = Q \times \frac{T'}{T}.$$

Часть, превращающаяся в работу $\frac{Q - Q_1}{Q}$, будет:

$$\frac{Q - Q'}{Q} = 1 - \frac{T'}{T}, \quad \text{или} \quad \frac{T - T'}{T},$$

В случае, если происходит потеря тепла, энтропия уже не сохраняется: она *уменьшается*.

**§ 32. Сравнение различных форм энергии.** Для того чтобы сравнивать количественно различные формы энергии нужно иметь *одну общую меру;* в качестве таковой берут *калорию*. Механическая энергия в 425 килограмметров равна большой калории; солнечная энергия также может быть измерена в калориях при помощи термо-элемента. Электрическая энергия, проходя по проводнику с большим сопротивлением, также превращается в теплоту. Различие между этими видами энергии и теплотой, заключается в том, что они легко переходят в тепло, но последнее самопроизвольно в них не переходит. Следовательно, теплота определяет *деградацию* других форм энергии.

Что касается *энергии химической*, она превращается частью в *работу* или *электрический ток*; если условия не позволяют ей перейти в вышеуказанные формы, она *целиком* превращается в тепло.

Гельмгольц различал в химической энергии: энергию *свободную*, превращающуюся в полезные формы энергии, и энергию *связанную*, обесценивающуюся. Всякая самопроизвольная химическая реакция стремится, очевидно, произвести *максимум тепла* (принцип Бертло).

Так, химическая энергия гальванического элемента может дать электрический ток, могущий, в свою очередь, вращать якорь мотора: если же предоставить элемент самому себе, то вся энергия перейдет в тепло, т.-е., в хаотическое, беспорядочное движение молекул.

Основой всякой энергии на нашей Земле является *энергия*, посылаемая нам *Солнцем*; эта энергия превращается в растениях при помощи *хлорофила* в энергию *химическую*, которая может превращаться затем во все другие виды энергии.

**§ 33. Жизненная энергия.** Законы энергетики действительны не только для мира неорганического, но и для мира одушевленного, организованного.

Так, количество калорий, введенных человеком вместе с пищей, точно равно числу их, отданных организмом в виде тепла, механической работы и т. д.

Однако *жизненная энергия* не поддается *количественному* учету; ее нет в энергетическом цикле. В последнем мы

встречаем те же формы энергии, что и в мире неорганическом.

Умственная деятельность человека также не может быть измерена в калориях.

Понятие о жизненной силе возникло давно уже; в глубокой древности считали, что только высоко организованные существа имеют присущую им *жизненную силу*. Ее то помещали в крови, то в нервной ткани.

В настоящее время этот взгляд имеет своих сторонников в так наз. *неовиталистах*, отрешившихся, конечно, от грубых представлений древних и согласовавших идею специфической жизненной силы с новейшими выводами науки.

**§ 34. Обесценивание энергии: пассивные сопротивления.** Естественные процессы в природе стремятся превратить все формы энергии в одну: *тепло*.

Так и животный организм превращает (*обесценивает*) всю свою химическую энергию в теплоту, если он находится в покое; если же он производит механическую работу, то в теплоту переходит часть энергии.

В движениях твердых тел всегда происходит деградация, более или менее интенсивная, так как в природе нет *совершенных, не деформирующихся тел*. Части машин также деформируются, хотя и мало, и это обстоятельство влечет за собой *внешние трения*, а след., и рассеивание энергии. Эти *пассивные сопротивления* получаются при продолжительном *соприкосновении*, вследствие *скольжения* или *вращения* одного тела по другому, а также при очень коротком соприкосновении, напр., при *ударе* и, наконец, при движении в *магнитном поле*. Так, механическая работа при вращении медного диска между полюсами электромагнита, превращается в теплоту (опыт Фуко). Трение при скольжении или вращении показывает, что поверхности тел никогда не бывают совершенно *полированными* они всегда несколько шероховаты; подобные сопротивления называются *силой трения*.

Если производить *скольжение* одной поверхности по другой или *вращение*, напр., цилиндра, то *трение пропорционально давлению тела* и изменяются в зависимости от материала тел.

Обозначим греческой буквой $\varphi$ трение скольжения тела весящего $P$; трение (на килограмм) выразится след. образом:

$$f = \frac{\varphi}{P}$$

Это — *коэффициент трения при скольжении.*

Обозначив через $\varphi'$ трение вращения цилиндра весом $P$, имеем:

$$\varphi = \frac{\omega}{P}.$$

Это — *коэффициент трения при вращении.*

| Напр.: | Коэффициенты | |
|---|---|---|
| | Скольжения | Вращения. |
| Дерево по сухому | | |
| Дереву . . . . . | $f = 0{,}40$ | $\varphi = 0{,}002$ |
| Металл по металлу . | $f = 0{,}19$ | $\varphi = 0{,}002$ |

Из этого видно, что усилие, необходимое для преодоления трения, больше при скольжении, чем при вращении.

Величина $\varphi$ уменьшается, если радиус вращающегося тела становится больше.

Для перемещения $l$ работа скольжения или вращения будет:

$$\varphi \times l = f \times P \times l \quad \text{или} \quad \varphi' \times l = \varphi \times P \times l$$

Классическим образцом приборов для измерения трения может служить тормаз Прони.

Трение скольжения утилизируется во многих случаях: для поддерживания повешенных на стену рам, лестницы на земле и т. п.

Трение вращения играет роль в передвижении различных повозок; оно тем меньше, чем больше колесо повозки. Можно, зная величину трения, получить так наз. коэффициент тяги. Напр., он для жел. дорог равен 0,005; след., чтобы двигать вагон в 10 тонн весом необходима тяга в (10 тонн = 10.000 килограмм).

$$10000 \times 0{,}005 = 50 \text{ килограммов.}$$

В железнодорожном деле вычисляют силу тяги на тонну.

**§ 35. Удар.** При ударе движущимся телом в другое, находящееся в покое или более медленно двигающееся тело получается потеря энергии; *удар* продолжается очень короткое время. При соударении тело массы $M$ и скорости $V$ встречается тело с массой $m$ и скоростью $v$. Это вызывает *толчок* в месте соприкосновения. Если движения обоих тел происходят в одном и том же направлении, то $M$ прибавляется к $m$ и общая скорость будет $u$. Имеем для количества движения:

$$MV + mv = (M + m)u \quad \text{или} \quad u = \frac{MV + mv}{M + m}.$$

Удар изменяет форму тела в месте соприкосновения; в телах пластических это изменение может остаться (свинцовые шары). В этом случае мы будем иметь уменьшение энергии; перед ударом энергия равнялась: $\frac{MV^2}{2} + \frac{mv^2}{2}$, после удара $\frac{(M+m)u^2}{2}$; след., потеря энергии

$$\frac{1}{2}[MV^2 + mv^2 - (M+m)u^2];$$

подставляя вместо $u$ его величину находим:

$$\text{потеря энергии} = \frac{1}{2}\frac{Mm}{M+m}(V-v)^2.$$

Она равняется энергии тела с массой $\frac{Mm}{M+m}$, двигающейся со скоростью равной разности скоростей двух наших тел перед ударом. В случае, если имеем два тела с одинаковыми массами: $M = m$, тогда потеря энергии $= \frac{1}{2}\cdot\frac{M^2}{2M}(V-v)^2$ или $\frac{1}{4}M(V-v)^2$.

Если одно из тел было в покое ($v = 0$), тогда потеря равна $\frac{1}{4}MV^2$ и тело при ударе теряет половину своей энергии, при чем последняя превращается в теплоту.

У тел совершенно эластических сумма энергии до и после удара одинакова. На практике часть энергии всегда рассеивается и это рассеивание тем больше, чем продолжительнее удар и чем лучше проводят тепло ударяющиеся тела.

# ГЛАВА III.

## Сопротивление материалов машины.

**§ 36. Деформации тел: эластичность.** До сих пор при изучении равновесия и движений тел не принимались во внимание те деформации тел, которые мы наблюдаем у них при действии внешних сил.

Под действием внешних сил, материя может *растягиваться*, *сжиматься*, *резаться*, *сгибаться* и *скручиваться*, при чем во всех этих случаях ее молекулы смещаются. Если после действия силы, молекулы возвращаются в их прежнее положение, то имеем «*совершенную эластичность*», если возвращение это очень медленно или неполно, то—«*несовершенную эластичность*». Вообще же, эластичностью называют свойство материи возвращаться к своей прежней форме по исчезновении деформирующей силы. Очевидно, что деформация пропорциональна приложенной силе. Если приложенная сила достигает величины, когда возвращение к первоначальной форме невозможно и тело начинает раздробляться, то величина эта наз. «*пределом эластичности*», за которым наступает уже «*разрыв*».

С энергетической точки зрения крайне важно знать степень эластичности материала. Очевидно, что в хорошо идущих карманных часах стальная пружина должна обладать совершенной эластичностью. Но у множества тел эластичность весьма не совершенна; наблюдается «запаздывание» при возвращении к первоначальной форме, внутренние трения, которые обесценивают часть энергии (*эластическое последействие* Вебера).

Со временем эластичность уменьшается и часто говорят, что стальная рессора «*устала*» от работы, т.-е. потеряла свою совершенную эластичность.

**§. 37. Деформации: растягивание и сжимание.** Наиболее простой деформацией является та, которая производится силой $F$, действующей вдоль оси стержня из твердого материала, укорачивая (*сжимание*) или удлиняя (*растягивание*). Ясно, что для данной силы $F$, деформация $l$ будет пропорциональна длине стержня $L$ и коэффициенту $\alpha$, характеризующему

податливость материала, и обратно пропорциональна поперечному сечению стержня;

$$\pm l = \frac{L \times a \times F}{S}$$

в этой формуле знак + обозначает удлинение, — укорачивание. Длины $l$ и $L$ выражаются в миллиметрах, сечение $S$—в квадр. миллим., сила $F$—в килограммах. Чем больше *коэффициент «податливости»* $a$, тем больше деформация.

Тела также характеризуются их *сопротивляемостью деформации*, их *«эластической силой»*, величиной обратной коэффициенту податливости и обозначается $E = \frac{1}{a}$; $E$ носит также название «модуля» эластичности или модуля Юнга.

Тогда пишут:

$$\pm l = \frac{L \times F}{S \times E}.$$

Каучук, напр., имеет большой коэффициент податливости и малый модуль эластичности.

Из последней формулы имеем:

$$E = \frac{L \times F}{S \times l}.$$

Принимая $L = l$ и $S = 1$ миллиметру, получим $E = F$, т.-е. модуль Юнга обозначает усилие, необходимое для «удвоения» длины стержня и поперечное сечение в 1 кв. мм. В действительности, материалы не выдерживают такого удлинения и разрываются.

*«Сопротивление разрыву»* есть предельная величина, находимая всегда на опыте, показывает величину силы, необходимой для преодоления сцепления молекул материи, когда, однако, предел эластичности не перейден. Вышеназванная величина изменяется весьма неправильным образом от тела к телу, смотря по их свойствам.

Ронделе и Ходкинсон нашли, что для различных видов дерева сопротивление разрыву увеличивается, как квадрат поперечного сечения, и уменьшается как квадрат высоты, т.-е.

$$R = K \cdot \frac{s^2}{h^2};$$

Если сечение квадратное и вышина в 15 раз больше величины стороны попер. сечения, то коэффициент $K = 2565$ Величина $K$ выражается в килограммах, $s$—в квадратных сантиметрах и $h$—в дециметрах.

Надо заметить, что особенно хорошо противустоят деформации тела с *круговым* поперечным сечением, а также кубические тела.

Наконец, модуль $E$ и величина сопротивляемости $R$ уменьшаются по мере работы материала, его усталости; но увеличиваются для дерева, смотря по плотности, возрасту и сухости. Дадим несколько цифр:

| | Модуль Юнга. | Сопротив. разрыву. |
|---|---|---|
| Сталь . . . . . | $E = 20000 \frac{\text{кило}}{\text{кв. мм.}}$ | . . . $83 \frac{\text{кило}}{\text{кв. мм.}}$ |
| Сосновое дерево (по оси.) . . . . . | $E = 1100 \frac{\text{кило}}{\text{кв. мм.}}$ | . . . $8 \frac{\text{кило}}{\text{кв. мм.}}$ |

**§ 38. Сгибание.** Когда призматический стержень имеет один конец неподвижный, а другой подверженный действию силы, то он подвергается деформации, наз. «*сгибанием*». Верхняя поверхность его удлиняется; нижняя укорачивается. Между ними находится «*неизменяющаяся*» часть. След., центральная часть стержня не деформируется.

Поэтому вместо сплошных стержней применяются полые трубки в которых вес куска уменьшается и материал экономится; напр., стебли растений, перья птиц.

**§ 39. Скручивание.** Третья форма деформации имеет место, когда сила направлена *тангенциально* (по касательной); пара сил действует по касательной на цилиндр, заставляя скользить одни слои по другим. *Скольжение* не затрагивает центральной неизменяющейся части. Для угла вращения $\theta$, слой $OO'AB$ перейдет в положение слоя $OO'AB'$ (рис. 44); принимаем, что основание $OA$ неподвижно и, что пара сил приложена нормально к оси $O'B$.

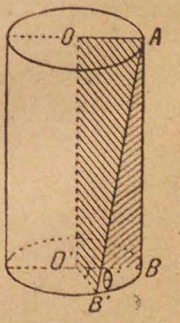


Рис. 44.

Так как угол кручения пропорционален *моменту вращения* $M$ и длине $L$ оси и об-

ратно пропорционален четвертой степени радиуса и коэффициенту $G$, наз. *модулем вращения*, пишем:

$$\theta = \frac{2ML}{\pi r^4 G}.$$

В случае полого цилиндра, радиусы которого: $r_1$ и $r_1'$, находим:

$$\theta = \frac{2ML}{\pi G (r_1^4 - r_1'^4)}.$$

Ясно, что то же самое количество материала при полом цилиндре и радиусах $r_1$ и $r_1'$, величины которых $r_1^4 - r_1'^4 > r^4$, даст большее сопротивление кручению цилиндра.

**§ 40. Разрезывание.** *Разрезыванием* называется поперечное скольжение, когда сила действует в плоскости опоры, напр., при разрезывании ножницами металлического листа; сила разрезывания называется *режущей силой*. С разрезыванием мы встречаемся при работе с шилом, резцом.

**§ 41. Изменения в эластичности.** *Эластическая усталость* является в результате действия различных причин:

1. *Предшествующее состояние* вещества, работа, выполненная им, продолжительность этой работы, возраст материала.
2. Собственная природа вещества.
3. Резкие колебания *температуры*.
4. *Удары и колебания*, вызывающие при продолжительном действии разрыв.

**§ 42. Роль эластичности и работа эластичности.** Основное свойство эластичности тел состоит: в накоплении эффектов, очень коротких толчков и колебаний, очень слабых энергий, слагающихся затем в значительную величину. Определим работу деформации или эластическую энергию, т.-е. произведение силы на величину деформации. Имеем:

1. Работа растяжения или сжимания:

$$\zeta = \frac{1}{2} F \times l = \frac{1}{2} \frac{F^2 L}{ES} = \frac{SEl^2}{2L}.$$

2. Работа сгибания:

$$\zeta = \frac{1}{2} F \times y = \frac{2F^2 L^3}{3\pi r^4 E} \qquad \text{(цилиндр. стержень).}$$

3. Работа вращения:

$$\zeta = \frac{1}{2} M \times \theta = \frac{M^2}{\pi r^4 G} \cdot L \qquad \text{(цилиндр. стержень).}$$

Таким образом эластическая энергия есть форма энергии эквивалентная другим.

В случае эластического тела толчок приносит некоторое количество энергии воспринимающему органу, деформирующемуся в зависимости от его сечения, длины и модуля Юнга; один или несколько ударов превращаются в продолжительное без толчков движение. Марей показал на перевозке небольших тележек, что употребление эластических тяжей и связей давало экономию работы (по динамометру) в 26%.

**§ 43. Машины.** Машины суть системы, употребляемые для приведения в равновесие *сил сопротивления* или для перемещения (обычно) *сил движения*. Мы наблюдаем статическое равновесие в том случае, когда силы движения равны силам сопротивления.

Машина называется *простой*, когда состоит из одного органа и сложной, как все наши промышленные машины, если они состоят из нескольких простых машин.

Части машины обычно скрепляются так, что имеют возможность производить *только одно движение* и это движение определяется одним уравнением. Так, напр., машина вращается вокруг одной оси или скользит вдоль этой оси, угол вращения или величина перемещения определяют движение; одна или другая из этих величин есть *параметр*, который нужно и достаточно знать.

**§ 44. Простые машины.** Простыми машинами называются: *рычаг* (рис. 45), *наклонная плоскость* (рис. 46), *блок* (рис. 47), *ворот* (рис. 48), *клин* (рис. 49), *винт*.

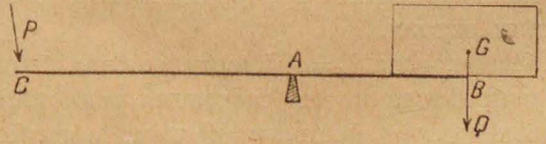



Рис. 45.

Условия равновесия этих машин, под действием приложенных сил, сил внешних и сил связей даются важной те-

оремой *д'Аламбера*; необходимое и достаточное условие для равновесия системы таково, что «для всякого возможного перемещения системы совместно со связями, сумма возможных работ данных сил должна быть равна $0$». В отсутствии трения работа внутренних сил равна $0$, а при равновесии все внешние силы могут быть сведены к 2-м результирующим, работа которых также равна $0$.

Приложим эту теорему к простым машинам:

1) *Рычаг.* Рычаг (рис. 45) есть твердый стержень, подвижный вокруг одной точки, называемой его опорой—$A$; сопротивление $Q$ приложено к точке $B$; сила—к $C$; это—рычаг 1-го рода (точка опоры помещается между точками приложения сил). У рычага 2-го рода сопротивление находится между точкой приложения силы и опорой и, наконец, у рычага 3-го рода сила приложена между опорой и сопротивлением. Примером рычага 1-го рода служат ножницы, клещи; рычага 2-го рода—нож булочника, весло, тачка, пишущая машина; рычага 3-го рода—педаль станка точильщика, педаль ножной швейной машины.

Расстояния точки опоры от действующей силы и от сопротивления называются *плечами* рычага; в рычаге $CAB$ (рис. 45) плечи будут $AC$ или $AB$. Результирующая $R$ будет приложена к точке опоры $A$.

Обозначая через $l$ и $l'$ плечи рычага имеем, по теореме д'Аламбера

$$Pl = Ql' \quad \text{или} \quad \frac{P}{Q} = \frac{l'}{l}.$$

Это выражают еще так: работа двигателя $Pl$ равна работе сопротивления $Ql'$; или момент движущей силы $Pl$ равен моменту сопротивления или, наконец, движущая сила и сопротивление обратно пропорциональны своим прилегающим к ним плечам.

Таким образом, если $l = 10l'$, сила должна быть в 10 раз менее, чем сопротивление для состояния равновесия.

Пути, проходимые концами рычага, обратно пропорциональны силам, иначе, «что приобретается в силе, теряется в скорости» (Галилей). Приобретаем в силе у рычагов 2-го рода, потому что у них движущая сила имеет всегда большее плечо, чем сопротивление, но теряем в силе в ры-

чагах 3-го рода, где рычаг перемещает сопротивление с тем большей скоростью, чем меньше плечо у движущей силы. Понятно, что для получения большего перемещения необходимо потерять в силе.

§ 45. 2) **Наклонная плоскость.** Это — твердая, совершенной полировки плоскость. Вес $Q$ *(рис. 46)*, помещенный на нее имеет нормальную составляющую $N$ уничтожаемую сопротивлением плоскости и другую составляющую параллельную плоскости $F$. Сила $P$, которую необходимо приложить для удержания тела в равновесии должна быть равна $F$. Ясно, что $F$ зависит от угла $\alpha$ или наклона плоскости; тогда $F$ равняется $Q$ . sin $\alpha$.

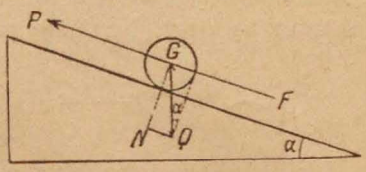


Рис. 46.

Если сила действует параллельно поверхности, то для возможного перемещения $r$ имеем:

$$P \times r = F \times r = Q \times r \,.\, \sin \alpha$$

откуда $$P = Q \,.\, \sin \alpha. \quad \text{(рис. 46).}$$

Но это будет верно только тогда, когда $F$ и $P$ находятся в одной плоскости, но $P$ также может быть под некоторым углом с нормалью.

Наклонная плоскость применяется в маленьких железных дорогах, в амбарах и магазинах, для скольжения кип товаров, бочек и т. д.

Примем, что полезная движущая сила $P$ . cos $\alpha$ и сопротивление $Q$ . sin $\alpha$ для возможного перемещения $l$; в этом случае имеем равенство работы движения и работы сопротивления:

$$Pl \,.\, \cos \beta = Ql \,.\, \sin \alpha.$$

Если $l$ — расстояние $AB$, то

$$AC = AB \,.\, \sin \alpha = l \,.\, \sin \alpha = h;$$

так что

$$Ql \,.\, \sin \alpha = Qh,$$

т.-е. работа будет равна таковой же при падении груза весом $Q$ с высоты $h$.

**§ 46.** 3) **Ворот.** С помощью ручки $AB$ (рис. 47) развивают силу $P$, перпендикулярную плечу $BB'$, иначе говоря касательную к окружности радиуса $BB' = R$. Сопротивление приложено к концу веревки накрученной на цилиндр $K$, радиуса $r$. Для возможного вращения $\alpha$ ручки, работа силы будет $PR \times \alpha$, таковая же сопротивления — $Qr \times \alpha$ (отрицательная работа). Условие равновесия выполнимо при

$$Pr = Qr \qquad P = Q = \frac{r}{R}.$$

Ворот имеет *одну степень свободы*: он вращается вокруг неподвижной оси.

**§ 47.** 4) **Блок.** Рассмотрим неподвижный блок (рис. 48). Колесо вращается вокруг оси $O$, проходящей через его центр

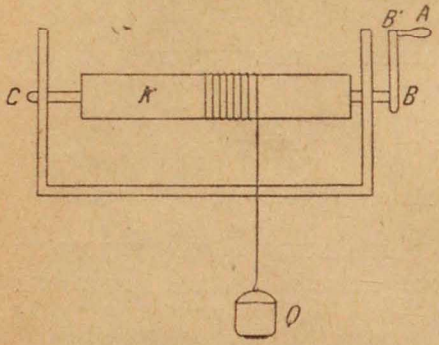



Рис. 47.

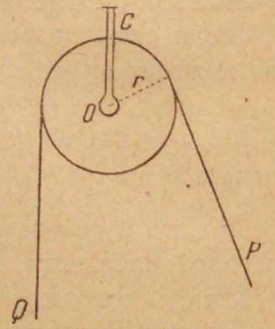



Рис. 48.

и перпендикулярной к его плоскости. Через колесо перекинута веревка или цепь входящая в углубление имеющееся на колесе. Для возможного вращения колеса, работа силы будет $Pr\,\alpha$, таковая же сопротивления — $Qr\,\alpha$; условие равновесия $P = Q$, т.-е. сила должна равняться сопротивлению.

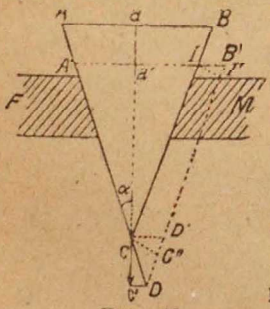



Рис. 49.

5) **Клин.** Клином называется трехгранная призма, служащая для разделения 2-х частей одного и того же тела, напр., при колке дров. Сила $P$ прикладывается к головке клина $AB$, тогда как острый угол клина $C$ вкладывается в трещину для ее

увеличения. Примеры клина мы имеем в ноже, топоре, бритве и т. п. (рис. 49).

6) **Винт.** Винт входит в отверстие вращательным движением; он ввертывается на $h \times \frac{2\pi R}{\alpha R}$ или $\frac{\alpha h}{2\pi}$ для части круга $\alpha$ $R$ соответственно углу $\alpha$ ($h$ — линейное перемещение, $2\pi R$ — окружность). Работа силы будет: $P \times R \times \alpha$, если рычаг действия есть радиус $R$; работа сопротивления будет: $-Q\frac{\alpha h}{2\pi}$.

Условие равновесия: $P\alpha R = Q\alpha \cdot \frac{h}{2\pi}$ или $P = Q \cdot \frac{h}{2\pi R}$.

**§ 48. Промышленные машины.** Машины, которыми пользуются в промышленности состоят из простых машин и грубо могут быть разделены на 3 части: а) приемник, б) орудие и в) соединение.

1). *Приемником* называют ту часть машины, на которую действует внешняя сила, напр. давление пара. Название «двигатель» дается машинам развивающим движущую силу. Смотря по природе движущей силы, различаем *тепловые* машины (пар, газ, теплый воздух, керосин), гидравлические (падающая вода), пневматические (сжатый воздух, ветер), электрические и т. п. Одушевленные двигатели (человек и животные) пользуются мышечными силами, но природа агента, вызывающего эти силы, еще как следует неизвестна.

2). Орудие есть часть машины производящая определенную работу, работу силы или скорости.

3). Соединение передает движение от приемника к орудию.

Работой машин управляет принцип живых сил. Если машина находится в движении от времени $t_1$ до времени $t_2$, то в это время силы совершат работу движения $\zeta_m$; сопротивления—работу $\zeta_r$; и мы знаем, что машина имевшая живую силу $\frac{1}{2}mv^2{}_1$, имеет теперь живую силу $\frac{1}{2}mv^2{}_2$; работа движения равна работе сопротивления и при перевесе живой силы:

$$\frac{1}{2}(mv^2{}_2 - mv^2{}_1).$$

Имеем тогда уравнение:

$$\zeta_m = \zeta_r + \frac{1}{2}(mv^2{}_2 - mv^2{}_1).$$

Машина, *пускаемая в ход*, имеет след. количество энергии:

$$\frac{1}{2}\ m\,(v^2_2 - v^2_1),$$

но немного спустя после периода пуска скорость становится равномерной, нет уже побеждаемой инерции и движение происходит с равновесием между $\zeta_m$ и $\zeta_r$

$$\frac{1}{2}\,(mv^2_2 - mv^2_1) = 0;\ \text{или}\ v_2 = v_1;$$

это—закон равномерного движения или нормального хода, такой ход, очевидно, является экономическим; при нем работа движения точно равна работе сопротивления. Равномерная скорость называется *нормальной скоростью*.

При *остановке* машины $\zeta_m$ становится равной $0$ и мы должны вернуться к первоначальной скорости $v_1$, но инерция, воспринявшая некоторое количество энергии: $\frac{1}{2}\,m\,(v^2_2 - v^2_1)$ продолжает в течение известного промежутка времени работу машины.

Заметим, что работа сопротивления $\zeta_r$ включает в себе и полезную и бесполезную работы, так что мы имеем:

$$\zeta_m = \zeta_r = \zeta_u + \zeta_i:$$

из уравнения:

$$\zeta_m = \zeta_u + \zeta_i.$$

выводим отношение:

$$\frac{\zeta_u}{\zeta_m} = \frac{\zeta_m - \zeta_i}{\zeta_m} = 1 - \frac{\zeta_i}{\zeta_m}.$$

Таким образом, машина *реализует* только, часть (всегда меньшую 1) полученной ею работы движения. Эта часть называется производительной, а $\frac{\zeta_i}{\zeta_m}$ —коэффициэнтом потери. При «вечном движении» $\frac{\zeta_i}{\zeta_m} = 0$, что на практике невозможно.

§ 49. **Сила двигателей.** Называют *силою* двигателя количество механической энергии или работы, развиваемой машиною в *секунду*. (Досадно, что термин puissance является синонимом force). Сила двигателя, являющаяся отличительным признаком его, позволяет нам сравнивать между собою различные двигатели, главным же образом те, работа которых является *постоянной* в течение долгого времени.

Практической единицей силы является *понселе*, равное 100 килограмметров в секунду. На практике пользуются другой единицей — *лошадиной силой*, обозначаемой HP. (horse power), равной 75 килограмметров. Употребляют также *ватт* для электрических двигателей, равный приблизительно 0,102 килограмметра или же *киловатт* (1000 ватт), соответствующий 102 килограмметрам; HP равна 735,75 ваттов.

У одушевленных двигателей работа не бывает постоянной вследствие *усталости* (см. «Энергетика»); она по необходимости *периодична*, так как рабочий день содержит некоторое количество промежутков отдыха.

Если мы возьмем итог выполненной работы и общую продолжительность периодов *активности*, то частное этих двух величин даст нам полезную силу человека или животного. Короче говоря, сила (мощность) есть *скорость производства энергии*.

В промышленной практике является более удобным относить количество работы к продолжительности всего рабочего дня, включая туда остановки и отдых.

Увеличение мощности обычных двигателей идет параллельно с увеличением их массы: отсюда и понятие массовой мощности (силы) или силы на единицу веса. Массовая мощность паровых машин равняется 0,001, т.-е. на *одну лошадиную силу* приходится 100 килограммов веса. Моторы *внутреннего сгорания* дают на лошадиную силу вес в 12—7—6 и даже 3,5 килограмма, при чем в этот веса входит вес цилиндров и их вспомогательных частей (карбюратор, насос для масла, магнето).

Эти прекрасные результаты достигнуты, главным образом, благодаря скорости от 1200 до 2400 вспышек в минуту. В моторе *Гном*, где несколько цилиндров расположены звездою, достигнут вес в 1 килограмм на лошадиную силу, а развиваемая мощность равна 36—100 HP. Эти моторы, будучи

исключительно легкими, применяются в *авиации*, но требуют много забот и осторожности: охлаждения цилиндров водою или энергичной вентиляцией, высокой сопротивляемости материалов, частых вспышек с регулярной подачей газа. Подобные моторы живут самое большее 400 часов (мотор Гном).

Сила промышленных моторов изменяется от 0,1 HP до 2000—3000 HP.

**§ 50. Расход энергии в машинах.** Расход энергии в машинах восполняется либо топливом (в неодушевленных машинах), либо *пищею* (для одушевленных); слово «расход» заимствовано из гидравлики, где оно обозначает количество воды, проходящей в одну секунду. Через двигатель идет поток энергии, постоянно изменяя свой вид и преобразовываясь. Так, напр., химическая реакция, производящая количество $Q$ энергии, приводит в действие электромотор и динамо; последняя распределяет в сеть все, что она получила, раскаляя угольки электрических лампочек ($A$), приводя в действие другие машины ($B$), заряжая аккумуляторы ($C$), разлагая растворы солей ($D$) и теряя некоторое количество энергии ($E$) в виде тепла в проводах. Имеем:

$$Q = A + B + C + D + E.$$

Выражая в килограмметрах все эти частные значения, приходим к выводу, что затрата энергии $Q$ эквивалентна механической работе и, что машины являются действительно *преобразователями* энергии.

Расход энергии дает отчасти полезную работу, а отчасти бесполезную.

Расход энергии в моторе во время движения и в условиях заданной скорости указывает нам на количество его работы. Совсем не то мы видим у одушевленных двигателей: они могут изменять величину своей работы, регулировать затрату энергии в зависимости от работы и работать как *натощак*, так и после приема пищи.

Расход энергии в машинах не строго соответствует их полезной работе, как только что было объяснено.

В тепловой машине имеется всегда так наз. *статическая затрата энергии*, идущая на лучеиспускание и пр.

В электрических моторах потери происходят в передаточных проводах, в контактах, в арматуре и т. п.

*лоидами* [1]); к числу их принадлежит, например, *студенистый кремнезем;* и в самом деле, этот кремнезем, предоставленный самому себе, теряет постепенно всю находящуюся в нем воду, и понемногу застывает до твердого состояния; затвердение это является вопросом времени или, если можно так выразиться, вопросом *возраста.*

Живая материя обладает способностью *раздражаться* или *возбуждаться;* как в клеточке растения, так и в клеточке любого животного организма, она реагирует на всякое раздражение, будь то *теплота, электричество, свет, механическое* или *химическое воздействие;* реакция эта состоит в стремлении протоплазмы уклоняться от возбудителя. *Раздражимость* протоплазмы принадлежит к необъясненным еще явлениям природы, но оно несомненно связано с процессами питания.

У животного организма эта возбудимость имеет согласованный и ясно выраженный характер. Вся сила реакции направлена к одной *цели—защите;* слово «цель» не употреблено здесь в метафизическом смысле, но обозначает собой сложное понятие, значение которого постепенно и непрерывно выясняется.

**Раздражимость** — это высшая из описываемых нами способностей животного и человека; она обусловливается существованием особой координирующей системы—*нервной системы.*

Из сказанного, очевидно, следует, что нервная ткань воспринимает в себя действия всевозможных раздражений и перерабатывает их в дальнейшем существовании организма; первенствующее значение в этом процессе имеют проявление и влияние *наследственности и следов, наложенных жизнью.*

С физической стороны, нервная система поддерживает животный организм в особом состоянии, делающим его способным к реакции, и создающим постоянную готовность немедленно отвечать на раздражение; такое состояние носит название *тонуса.* Все протоплазматические частицы, при попытке их разъединить, начинают притягиваться с несколько

[1]) Учение о коллоидах выросло за последние годы в целую науку обладающую своими специальными методами; производящиеся в настоящее время в разных странах исследования открывают очень широкие перспективы; коллоидам посвящена богатая литература. *Ред.*

бо́льшей силой и представляют бо́льшее сопротивление. Ясно, что тонус воздействует на полужидкое вещество мышц, а не на твердое вещество костей.

Эта внутренняя деятельность протоплазмы, это ее постоянное динамическое состояние требует *четырех внешних условий*, четырех факторов для своего поддержания: во-первых,—*воды*; во-вторых,—*пищи*; вода служит средой, в которой происходят все химические реакции, пища—для восстановления потерь организма; в-третьих,—*кислорода*, газа, необходимого для процессов сгорания в клетках для *физиологической работы*, в особенности же, как восстановителя деятельности усталых частей тела; *кровь* разносит его по всем клеткам тела; наконец, в-четвертых,—*тепла* в известных пределах температуры; низшие животные организмы живут при весьма различных температурах; высшие организмы, привыкшие к постоянной или *гомеотермической* температуре—наоборот: колебание температуры, если оно достаточно сильно, может быть для них смертельным; вообще говоря, высшая активность этих организмов проявляется при более или менее постоянной температуре; для человека температура эта равна 37,5°. Реакции, происходящие в человеческом организме, характеризуются этой, так называемой нормальной, температурой (*тепловой оптимум*). Колебания в интенсивности этих факторов видоизменяют физическое состояние живой материи; следовательно, последнее никогда не остается постоянным в точном смысле этого слова. *Возраст, пережитое*, с его разнообразными влияниями, даже *пол* налагают различный отпечаток на изучаемые нами организмы; последний вопрос усложняет проблему *сопротивляемости живой материи*, о чем мы кратко скажем ниже.

**§ 54. Кости: скелет.**—Органами *движения* являются кости и мышцы; кости—рычаги, мышцы—двигатели. Костное вещество образуется из первичного, пластического студенистого вещества, которое находится в *хрящах, связках и сухожилиях*. В начале своего образования, так сказать, в молодом возрасте вместо костей имеются хрящи; понемногу в последних отлагаются минеральные соли (фосфорно-кислая и углекислая известь) и образуется твердая кость. Процесс образования костей различен: в костях заключается от 16% до 6[illegible] воды (смотря по кости), и след. от 84% до 32% твердого

*Лошадиная сила* содержит 75 кгм-м. и эквивалентна 735,75 ваттов.

$$\frac{75}{0{,}102} = 735{,}75 \text{ ватт.}$$

426,4 кгм-м. дают при превращении в теплоту *одну большую калорию* (*Cal*),—количество тепла, повышающее температуру килограмма воды от 0° до 1°. Она эквивалентна 4183 джоулям.

$$426{,}4 \times 981 \times 10{,}5 = 418{,}3 \times 10^8 \text{ эргов.}$$

**§ 52а. Формулы для скорости, ускорения, силы и работы.**

Длина $l$, умноженная сама на себя, дает *площадь*; говорят, что длина имеет одно *измерение* — $l$, в то время как площадь $l^2$—*два измерения*, объем $l^3$ — три измерения.

*Скорость* есть частное от деления пространства на время— $\frac{l}{t}$ или же $l \cdot t^{-1}$;

ускорение $\gamma$ есть частное от деления скорости на время, и выражается след. образом:

$$\frac{lt^{-1}}{t} = lt^{-2};$$

сила $f = m\gamma$ или же, приняв во внимание сказанное выше, $f = mlt^{-2}$; отсюда выводим, что

$$\text{работа} = fl = ml^2t^{-2}, \text{ и т. д.}$$

Важность только что приведенных формул весьма велика: если результаты серии опытов выражаются одним уравнением, то все величины входящие в него должны выражаться в одной и той же системе мер; так, напр., работа может быть выражана так:

$$\zeta = f \cdot l = \frac{1}{2} mv^2;$$

в выражении $\frac{1}{2} mv^2$ скорость $v$ есть скорость уже приобретенная движущейся точкой; она не должна умножаться поэтому на время $t$ и писаться $\frac{1}{2} mv^2t$; выражая обе части уравнения в системе абсолютных мер *CGS*, получаем:

$$fl = ml^2t^{-2} \text{ и } \frac{1}{2} mv^2 = ml^2t^{-2}.$$

Поэтому, если ввести время, то формулы уже не будут *гомогенными*.

# ОТДЕЛ ВТОРОЙ.

# Человеческая машина.

## ГЛАВА I.

### Строение человеческого тела.

**§ 53. Вещество, из которого построено человеческое тело.** Необходимость придерживаться известной системы заставляет нас определить строение вещества, являющегося основой органов всякого живого организма—и человеческого и животного; так вещество, из которого построен организм человека, не отличается ничем от вещества организма животного. Прежде всего очень важно отметить, что живое вещество, или *протоплазма*, не обладает никакими постоянными или ясно выраженными свойствами; если ее простой химический состав: углерод, водород, кислород, азот и мало подвержен изменениям, то ее физические свойства *медленно эволюционируют* в совершенно *определенном* направлении: протоплазма, вообще говоря, твердеет, стареясь, крепнет, как бы окостеневает и образует твердые элементы, которые, в свою очередь, обращаются в вещество нового вида, в новую *ткань*.

Для нашей цели достаточно обратиться к рассмотрению уже дифференцировавшихся тканей, и иметь дело с теми из них, которые являются основой органов *движения, т.-е. с костями, мышцами и их связками*.

Постоянные изменения, происходящие в протоплазме, заставляют ее последовательно проходить через ряд различных состояний; подобная эволюция характеризует вещества, называемые *кол-*

Величина статического расхода $D_s$ не велика по сравнению с *расходом динамическим* $D_d$, покрывающим издержки производимой работы. У живого существа статическая затрата всегда имеется на лицо, так как без этого остановилась бы жизнь.

И так как внутренняя работа есть статическая затрата, то она сводится к превращению в теплоту.

§ 51. **Производительность двигателей.** Отношение *полезной энергии* двигателя к энергии, которую двигатель *тратит*, называется его *производительностью*. Пишем, (§ 23)

$$\frac{\zeta_u}{\zeta_m} = \frac{\zeta_m - \zeta_i}{\zeta_m} = 1 - \frac{\zeta_i}{\zeta_m};$$

таким образом, мы видим, что производительность или *коэффициент полезного действия* всегда менее 1. Поэтому мы можем сравнивать двигатели между собою как по их производительности, так и по мощности. На практике полезной энергией мы называем ту, которая вырабатывается орудием машины. Бесплодной $\zeta_i$ называем все затраты механические, тепловые и иные, происходящие в передачах между частями машины. С этой точки зрения получаем, обозначив буквой $D$ общую (статическую и динамическую) затрату энергии в двигателе, *валовую производительность*.

$$r = \frac{\zeta_u}{D} = \frac{\zeta_u}{D_s + D_d}.$$

Индустрия пользуется обычно только этой величиной. В моторах внутреннего сгорания мы имеем очень высокую температуру и, комбинируя ее сжиманием газовой смеси, получаем *валовую* производительность (брутто) от 30 до 40% (моторы Дизеля и артиллерийское орудие, настоящий мотор со взрывом). Испытания газового мотора в 6,73 HP дали, напр., след. результаты:

| | |
|---|---|
| Теплота, преобразованная в работу . . . . . | 18,7% |
| „ потерянная лучеиспусканием . . . . . | 7,5% |
| „ „ вследствие охлаждения цилиндров . . | 46,0% |
| „ „ на нагревание отработавшего газа . . . . . | 27,8% |
| | 100,0% |

Органическая производительность: 73,6, откуда производительность брутто:

$$r = 18{,}7 \times \frac{73{,}7}{100} = 13{,}76\%.$$

§ 52. **Система единиц.** Основными единицами механики являются единицы *времени*, *длины* и *массы*.

*Единица времени* есть *секунда;* в *минуте* — 60 *секунд; в часе*—60 *минут;* час составляет $\frac{1}{24}$ *средних солнечных суток.*

*Единица длины — сантиметр* (см. § 17). Практической единицей является *метр*, равный 100 сантиметрам; производные—*километр* (1000 м.) и *миниаметр* (10000 м.). Английская *миля* (1609,315 м.), и *морская миля* (1855 м.)—употребляются в Англии и Америке.

*Единицей массы* является *грамм* (§ 17); производные: *килограмм* (1000 гр.), *тонна* (1000 килограмм) и т. п.

Система *сантиметр—грамм—секунда* называется системой *C. G. S.* (система абсолютных мер); она является рациональной и принята на Интернациональном Конгрессе электриков в 1881 году и довольно быстро распространилась повсюду.

В системе *C. G. S.* единицей силы является сила, которая сообщает массе в один грамм ускорение в 1 сантиметр; называется она *диной;* дина составляет $\frac{1}{981}$ грамма.

Единицей работы является *эрг* — работа одной дины на расстоянии одного сантиметра. 1 *килограмметр* (практическая единица работы) содержит $981.10^5$ эргов.

1 килограмм = 981000 дин, 1 метр = 100 см., следовательно, 1 кгм-м = $981.10^5$ эргов.

Употребляется также в качестве единицы работы *джоуль*, содержащий $10^7$ эргов и равный 0,102 килограммметра.

Число единиц работы в секунду есть мощность двигателя. На практике пользуются *ваттом*, как единицей мощности, равным 1 джоулю или 0,102 кгм-м. в секунду.

$$\frac{10^7}{981 \times 10^5} = \frac{1}{9{,}1} = 0{,}1019 \text{ или } 0{,}102;$$

вещества; это твердое вещество состоит из 35% органического вещества в студенистом виде и 65% известковых солей, при чем количество последних с течением времени увеличивается, а количество воды уменьшается. Плотность костей, постепенно, в течение первых тридцати лет увеличивается от 1,87 до 2.

Главным источником доставляющим *скелету* материал для новых образований является пища, разносимая благодаря кровообращению по всему телу.

Форма костей различна; кости органов перемещения имеют вид полых и длинных труб, призматической или слегка

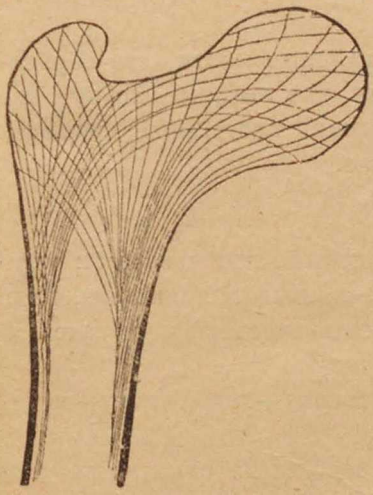


Рис. 52.

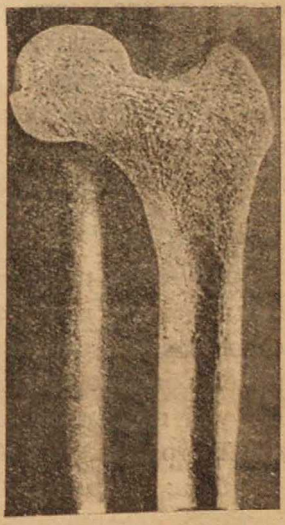


Рис. 53.

цилиндрической формы, с утолщениями на концах. Утолщения эти соприкасаются между собою или, как говорят, *сочленяются*. Суставные головки — *эпифизы*, построены из губчатого вещества, имеющего пластинчатую форму, что обеспечивает им удачную приспособленность к сопротивлению против давления (рис. 52 и 53). Кульман указывает, что подобный принцип сопротивления напоминает кривую давления в *сводах зданий*. Средняя часть кости, тело ее *(диафиз)* построена из плотной ткани, почти однородной и очень стойкой.

Наряду с длинными костями существуют и *плоские* кости: такова, напр., лобная кость, которая состоит из губчатого

вещества, заключенного между двумя компактными и почти параллельными пластинками.

Наконец, существует большое количество костей неправильной формы, имевших раньше, повидимому, форму куба; таковы кости позвоночного столба, руки, ноги.

## Таблица костей человеческого скелета.

*I.—Голова.*

Череп.—Лобная кость, две парные темянные, две парные височные кости; сзади затылочная кость (невидимая на рисунке) и две кости (основная и решетчатая), образующие черепную коробку.

Лицевой скелет.—Две скуловые кости, две верхнечелюстные, нижнечелюстная кость, две носовые кости, две слезные кости; сошник и подъязычная кость (поддерживающая гортань) не видны на рисунке.

*II.—Туловище.*

Позвоночный столб.—Тридцать три позвонка: семь шейных (шея), двенадцать грудных, пять поясничных, пять крестцовых (сросшихся в одну кость-крестец) и от трех до четырех копчиковых позвонков (копчик).

Грудина.—Плоская кость (наверху—тело, внизу—мечевидный отросток).

Ребра: Двенадцать пар ребер, из которых семь пар (истинных) соединяются непосредственно с грудиной; ложные ребра, в числе трех, соединяются при помощи одного и того же хряща. 11-ое и 12-ое совершенно не соединены с грудиной.

*III.—Конечности.*

А. Верхние конечности.

Плечевой пояс. — Лопатка, ключица; акромиальный отросток лопатки сочленяется с ключицей.

Плечо.—Плечевая кость, нижний конец которой имеет две суставных поверхности и одну выемку (надблоковая яма) для локтевого отростка.

Предплечье. — Локтевая кость с локтевым отростком и лучевая кость, сочленяющаяся с кистью.

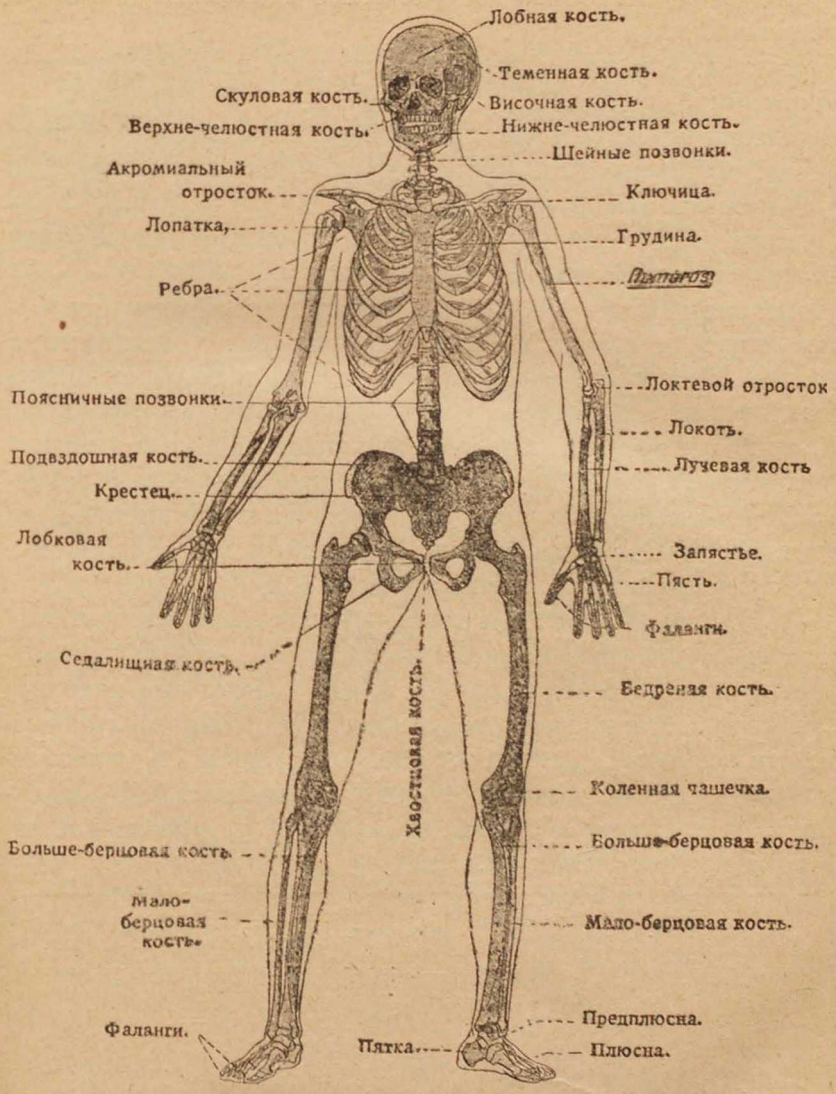



Рис. 54.

Кисть.—Восемь костей запястья, пять—пясти; на каждом пальце по 3 фаланги, за исключением большого, где их две.

Б. Нижние конечности.

Таз.—2 тазовых кости, состоящих каждая из трех сросшихся костей: подвздошной, седалищной и лобковой.

Бедро.—Бедренная кость и свободная кость—коленная чашка.

*Голень.*—Большая берцовая (кнутри) и малая берцовая кости (кнаружи).

*Стопа.*—Семь костей предплюсны, пяточная и таранная кости, пять костей плюсны; на каждом пальце ноги, по три фаланги за исключением большого, где их две.

Приведенная таблица и рисунок 54 дают общую картину частей скелета, а также их номенклатуру.

Взаимные положения между главными костями и отношение между суставными поверхностями будут исследованы дальше. Теперь же ограничимся тем, что подчеркнем аналогии и различия между верхними и нижними конечностями. Ключицы и лопатки образуют верхний или *плечевой пояс*, к которому в плечевых суставах причленяются верхние конечности; *тазовый пояс* образуется крестцом и обоими тазовыми костями; тазовый пояс прочно соединен с позвоночником и потому менее подвижен нежели плечевой.

**§ 55. Сопротивляемость скелета.**—Компактная масса костей (диафиз), была исследована с точки зрения их сопротивляемости, прежде всех Вертгеймом. Он пользовался наиболее свежими костями, какие только возможно было получить и действовал путем растягивания на однородные, в достаточной мере, призмы; им были получены нижеследующие результаты: для модуля Юнга и для силы $R$, употребляемой на разрыв при растягивании.

| КОСТИ. | Кость взята от: | Возраст. | Плотность. | Модуль Юнга. | $R$ на кв. мм. |
|---|---|---|---|---|---|
| Бедренная кость. | Мужчины. | 30 лет. | 1,984 | $E$=1.819 | 10 500 |
| | | 74 » | 1,987 | 2.638 | 7 . 300 |
| | Женщины. | 21 » | 1,968 | 2.181 | 6 . 870 |
| | | 60 » | 1,849 | 2.421 | 6 . 400 |
| Малая берцовая кость. | Мужчины. | 30 » | 1,997 | 2.059 | 15 . 030 |
| | | 74 » | 1,947 | ? | 4 . 335 |
| | Женщины. | 21 » | 1,940 | 2.710 | 10 . 260 |
| | | 60 » | 1,799 | ? | 3 . 300 |

наибольшем количестве, занимая наименьшее пространство; сухожилия не образуют уже плотных соединений (см. рис. 55 *g*), с собранными на концах волокнами, а принимают форму тонких шнуров (рис. 55 *c*), с заключенными между ними, косо расположенными мышечными волокнами. Это приспособление, благодаря которому мышца при наименьшем объеме развивает максимальную силу, есть чисто *функциональное*.

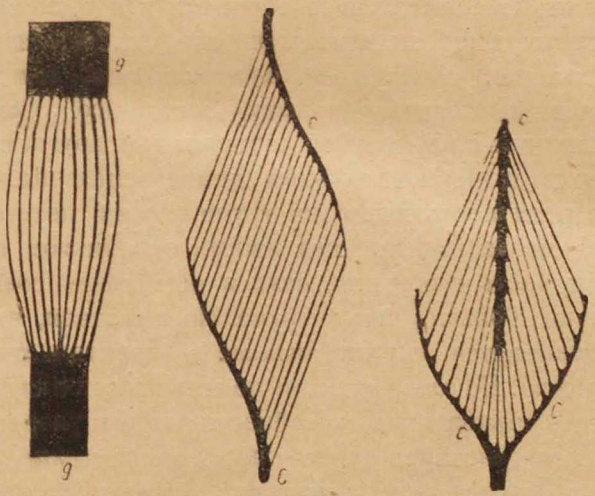



Рис. 55.

§ 58. Сопротивление *R* мышц при разрыве и их эластичность были также исследованы Вертгеймом на *свежих трупах*, где следовательно не могло быть действия *тонуса* или же какого нибудь незаметного влияния со стороны нервной системы.

Вертгейм, работая над одной из мышц—портняжной мышцей, установил следующее:

| ПРЕДМЕТ ИССЛЕДОВАНИЯ. | Возраст. | Плотность. | Модуль Юнга. | *R* на кв. мм. |
|---|---|---|---|---|
| Мужчина | 1 год. | 1,077 | *E*=1,271 | 0,070 кг. |
| | 30 лет. | 1,058 | 0,352 | 0,026 „ |
| | 74 года. | 1,045 | 0,261 | 0,017 „ |
| Женщина | 21 год. | 1,049 | 0,857 | 0,040 „ |
| | 60 лет. | 1,040 | ? | ? |

Из этой таблицы мы, вместе с Вертгеймом, заключаем, что мышцы свежего трупа имеют модуль Юнга = 0,95 и, что сопротивление разрыву $R = 45$ граммам на кв. мм. По этим средним данным, несмотря на их характер, можно заключить, что у стариков модуль и сопротивление силе разрыва $R$ уменьшаются одновременно с плотностью. Отметим, наконец, что сопротивление силе разрыва есть сопротивление как мышечной ткани, так и ее оболочки и что, по Вертгейму, за всяким сокращением мышцы не следует, благодаря отсутствию в мышцах *абсолютной эластичности*, немедленного возвращения к первоначальному состоянию. Сокращение это сохраняется до известной степени, т.-е. другими словами возвращение к первоначальной длине замедлено. Следовательно, эластичность мышц на трупе весьма несовершенна.

Опыты, произведенные над живым организмом, показали, что эластичность его мышц, если и не вполне совершенна, но все-таки больше, чем у трупа. Но мы знаем, что в этом случае сказывается влияние *тонуса* и сократимости мышечного вещества. Но *сократимость* не есть эластичность. Сократимость есть специальная способность мышцы укорачиваться, когда на нее действует какое-нибудь *раздражение*, будь оно нервного происхождения, электрического или какого-нибудь другого. Сокращение называется *произвольным*, когда причиной его является непосредственное возбуждение нервного происхождения. Моссо также ясно различает эластичность и *тонус*. При помощи специального инструмента, *миотонометра*, названный ученый, действуя на мышцы ноги, показал сложность явления; он установил, вместе с Бенедиценти, что сопротивление мышцы деформации и, след., модуль Юнга, больше в *сокращенной* мышце, чем в мышце, находящейся в спокойном состоянии. С другой стороны, Вейс и Петрен убедились в том, что то же явление наблюдается при сопротивлении разрыву: одним словом, *сила сокращения* присоединяется к *силе сопротивления*, к силе сцепления атомов мышечной ткани.

Устраняя действие нервной системы при помощи *кураре* (яд для окончаний двигательных нервов), мы находим ту же эластичность мышц, как и у трупа.

Сопротивление *кручению* меньше у мышцы сокращенной, чем у покойной, обратно тому, что мы наблюдаем при со-

Для получения перелома при *скручивании* с помощью рычага в 16 сантиметр. пришлось затратить силу, выражающуюся в след. цифрах:

| Плечевая кость. | Лучевая кость. | Локтевая кость. | Бедро. | Б. берцовая кость. | М. берцовая кость. |
|---|---|---|---|---|---|
| 40 кгм. | 12 кгм. | 8 кгм. | 89 кгм. | 48 кгм. | 6 кгм. |

Перелом получился в виде спирали.

Модуль сопротивления при кручении или стойкости плотной кости не был определен опытным путем. Теоретически Вертгейм считал $G = {}^1/_3 E$, в среднем. Так как $E = 2300$, то $G$ приблизительно $= 862$. Величина крепости сосны оказалась в два раза меньше.

Полезно будет ознакомиться с некоторыми приводимыми ниже данными о силе, нужной для разрыва костей и выраженной в килограммах.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Поясничные позвонки, сдавленные нормально. | Мужчина | 30 | лет | 1.000 кгм. |
| | Женщина | 80 | „ | 240 „ |
| Туловище (грудная полость), сдавленное в поперечном направлении. | Мужчина | 30 | „ | 200 „ |
| | Женщина | 82 | „ | 40 „ |
| Туловище (грудная полость), сдавленное саггитально. | Мужчина | 40 | „ | 60 „ |
| | Женщина | 82 | „ | 40 „ |
| Таз сдавленный по гребню седалищной кости . . . . . | | | | 180 „ |
| Крестец, сдавленный саггиттально, ломается при силе . . | | | | от 170 до 250 „ |

Подводя итоги, мы можем сказать, что сопротивление костей увеличивается до наступления старости, и у мужчин больше, чем у женщин, так как костная ткань мужчины более плотна, и скелет его более массивен. Образ жизни, качество питания видоизменяет это сопротивление. Так, благодаря указанным обстоятельствам, скелет беговых лошадей более плотен, чем скелет лошадей, привыкших к мирному пастбищу. Точно так же некоторые заболевания костной ткани уменьшают ее сопротивление.

**§ 57. Мышцы и их сопротивляемость.**—Мышцы, это—мясистые массы, более или менее плотные, которые, прилегая к костям, сообщают им относительно неизменное положение и придают рельеф телу. С другой стороны, мы знаем, что мышцы, это—*двигатели* в полном смысле этого слова. Но этого мы сейчас касаться не будем.

Мышцы состоят из тончайших параллельных *волокон*; на пространстве одного квадратного сантиметра их можно насчитать до 100 *миллионов*. Они окутаны прозрачной оболочкой и кончаются гибкими полосками, носящими название *сухожилий*. При помощи последних мышцы связаны с костями.

Волокна, находящиеся в мышцах, производящих *произвольные движения*, имеют специальное устройство; вместо того, чтобы представлять из себя продолговатые простые клеточки—они поперечно исчерчены и представляют как бы столбики, составленные из кружков, частью светлых, частью темных. Эти волокна, в виде полосок, анизотропны (обладают двойным лучепреломлением) и их содержимое напоминает, пожалуй, строение *коллоидов*. Но в них есть элементы, более густые, чем студенистая масса, наполняющая волокна; элементы эти носят название *мисселей* (micelles). Внешний вид этого бороздчатого волокна можно сравнить с внешним видом спиральной пружины, заключенной в стеклянный цилиндр: завитки расположатся параллельными полосками. Спиральность есть динамическое состояние, вызываемое свойствами протоплазмы.

К мышечным волокнам подходят необычайно тонкие *нервные волокна* и входят с ними в прямую или непрямую связь; *конечные разветвления* распространяются в мышцах и передают мышечному веществу импульс к сокращению. Веществу, находящемуся в стадии образования, полужидкому, т.-е. такому, каким по существу является мышечная протоплазма (миоплазма), эти нервные волокна сообщают *тонус* (§ 53).

У взрослого человека в состав мышц входит, в среднем—74% *воды*; у женщин и у ребенка ее больше. Плотность мышц превосходит на $^1/_{20}$ плотность воды, так как мышечная жидкость или *плазма* содержит в себе соли, белковые тела и пр.; у женщин плотность мышц, вообще, меньше, чем у мужчин.

Чем больше волокон в мышце, тем—это очевидно—сильнее ее сопротивление, другими словами, сила сопротивления мышц прямо пропорциональна ее массе. Надо заметить при этом, что мышцы бывают или очень *короткими* и *толстыми*, или очень длинными. При этом можно наблюдать интересное явление, а именно—стремление волокон собраться в

Модуль Юнга имеет, в среднем, величину в 2.300 кгм. на кв. миллиметр; эта цифра превосходит вдвое цифру, найденную для сосны, плотность которой в три раза меньше плотности кости.

Сопротивляемость разрыву, полученная при растягивании равняется, в среднем, 12 килогр. у юноши и 6 килогр. у старика. Опыты над сосновым деревом дают несколько меньшие цифры (8 кгм.).

Исследования Вертгейма устанавливают уменьшение сопротивляемости, во-первых, у женщин и, во-вторых, с увеличением возраста. Те же наблюдения находим мы и у Раубера.

Сопротивляемость костей разрыву при *раздавливании* или при сжатии на $^1/_6$ больше, чем в случае растягивания; в первом случае $R$ равно, в среднем, 14 кгм. Результаты изменяются в зависимости от вида и качества кости.

*Формула* Годкинсона, выведенная для дерева, приложима и здесь, а именно:

$$R = 2.700 \times \frac{s^2}{h^2},$$

но при условии, чтобы $h$ не превышало $^1/_2$ дециметра и чтобы призма не приближалась к кубу. Формы куба оказываются очень стойкими; при сдавливании мы получаем:

Для куба в 3 мм. . . . . $R = 16$ кгм. на мм².
» » » 5 » . . . . . $R = 15$ » » мм².

При призмах сопротивляемость не превышает выше 10—12 килогр. на мм².

Стремительность усилия, употребляемого при дроблении, имеет очень большое значение, так как всякое давление при ударе преобретает бо́льшую силу.

Вспомним, что формула силы есть:

$$Ft = mv;$$

откуда:

$$F = \frac{mv}{t}.$$

При очень коротком промежутке времени ($t$), т.-е. при ударе, $F$ становится очень большой величиной (в несколько сот килограммов).

**§ 56. При сгибании и скручивании** сопротивление длинных костей увеличивается благодаря тому, что они полы (§ 38); Лесгафт и Отто Мессерер определили сопротивление костей средней величины.

Вот некоторые, полученные ими, данные:

*Сила давления*, нужная для первого перелома, равнялась:

| | Плечевая кость. | Лучевая кость. | Локтевая кость. | Бедро. | Б.-берцовая кость. | М. берцовая кость. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | кгм. | кгм. | кгм. | кгм. | кгм. | кгм. |
| Кость мужчины 31 года. . . . | 850 | 535 | 550 | 1.300 | 600 | 300 |
| Кость женщины 24 лет. . . . | 600 | 390 | 310 | 1.100 | 650 | 310 |

Чтобы окончательно раздробить бедро, необходимо 2.900 кгм.; для раздробления большеберцовой кости надо по меньшей мере, 4.100 кгм.

При *сгибании* сила сопротивления зависит от способа нажима на кости, при *разрывании*—от места разрыва.

Мы имеем:

| | СГИБАНИЕ. | | РАЗРЕЗ. | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Максимум. | Минимум. | Максимум. | Минимум. | Место разрыва. |
| | Килогр. | Килогр. | Килогр. | Килогр. | |
| Плечевая кость. | 300 | 120 | 505 | 250 | На концах. |
| Лучевая кость . | 140 | 55 | 334 | 105 | По средине. |
| Локтевая кость . | 140 | 70 | 235 | 90 | На всем протяж. |
| Бедро . . . . . | 475 | 230 | 810 | 400 | У шейки. |
| Большая берцовая кость. . . | 500 | 135 | 1.060 | 450 | Нижний конец. |
| Малая берцовая кость. . . . . | 55 | 21 | 61 | 20 | По средине. |

противлении разрыву при растягивании. Но это обстоятельство требует проверки. В конечном итоге мышцы имеют свою собственную силу сопротивления и силу сопротивления, которой они обязаны тонусу; благодаря своему соединению со скелетом при помощи сухожилий, мышцы придают относительную устойчивость всем его частям; они же придают форму и рельеф всем частям организма. Мышцы, по существу, соединяют все части скелета в одну крепкую машину.

В приведенной ниже таблице и на рис. 56 перечислены важнейшие части мышечной системы.

## Таблица важнейших мышц.

### *I. Голова и шея.*

Лобные мышцы.— Мышцы, сморщивающие брови. — Круговая мышца глаза. — Круговая мышца рта. — Щечная мышца. — Височная мышца. — Жевательная мышца. — Двубрюшная мышца. — Внутренняя и внешняя крыловидные мышцы. — Треугольная мышца.—Грудино-ключично-сосковая мышца.—Лестничные мышцы.

### *II. Туловище.*

Мышцы межреберные вдыхательные и выдыхательные.— Трапециевидная мышца.—Большая круглая мышца.— Широкая спинная мышца.—Грудные мышцы.—Зубчатая мышца. — Косые мышцы живота.

### *III. Конечности.*

А. Мышцы верхних конечностей:

Дельтовидная мышца. — Двуглавая мышца плеча. — Внутренняя плечевая мышца.—Трехглавая мышца плеча.—Длинный супинатор предплечья.—Круглый пронатор предплечья.— Локтевая мышца.—Мышцы, сгибающие и разгибающие кисть и пальцы руки.

Б. Мышцы нижних конечностей:

Большая и малая ягодичные мышцы.—Мышца, натягивающая широкую фасцию бедра.— Двуглавая мышца бедра. — Портняжная мышца.—Внутренняя и внешняя широкие мышцы




Рис. 56.

(не видимые на рисунке), образующие вместе с передней прямой мышцей четырехглавую разгибающую голень мышцу.— Мышцы икры.—Длинная и короткая малоберцовые мышцы.— Мышцы, сгибающие и разгибающие пальцы ног.

Большая часть тех мышц, которые мы только что перечислили, имеют определенные более или менее рельефные формы; одни из них короткие и плотные, другие—длинные;

когда органы тела и части скелета находятся в спокойном состоянии, то мышцы как бы растянуты во всю свою длину; но, вследствие многих причин, это происходит редко; часто имеется налицо легкое напряжение, способствующее возникновению *тонуса*.

**§ 59. Сухожилия и хрящи.** Сухожилия представляют из себя органы, состоящие из гибких упругих волокон, прикрепленных к концам мышц и являющихся продолжением того покрова, который окружает мышцы. Сухожилия крепче мышц; они, будучи прикреплены к шероховатой поверхности костей, служат надежной связью между костями и мышцами; равным образом сухожилия плотней мышц и содержат, в среднем, не более 67% воды. Наиболее известным примером сухожилия может служить *Ахиллово сухожилие*, являющееся окончанием мышц икры с нижней стороны и прикрепляющееся к пяточной кости. Сопротивление сухожилий было сначала измерено Вертгеймом, затем Трипелем. Первый, работая над свежими сухожилиями, взятыми из стопы человека, получил следующие результаты:

| Исследуемый предмет. | Возраст. | Плотность. | Модуль Юнга. | $R$ на кв. мм. |
|---|---|---|---|---|
| Мужчина. | 35 лет. | 1,125 | $E$ = 139,42 | 4,910 кг. |
| | 40 „ | 1,124 | 134,78 | 7,100 „ |
| | 74 года. | 1,105 | 200,50 | 5,390 „ |
| Женщина. | 21 „ | 1,115 | 164,71 | 10,380 „ |
| | 70 лет. | 1,114 | 169,21 | 5,610 „ |

считая модуль равным 146 и силу сцепления, в среднем, в 7 кгм., Трипель нашел, что $R$ = приблизительно 5. Во всяком случае, сила сопротивления сухожилий, по крайней мере, в 2 раза меньше при растягивании, чем сила сопротивления костей.

Хрящи покрывают концы костей в соединениях (суставах) и преобладают в скелете растущих организмов. Природа хрящей такова, что в них больше межклеточного вещества, нежели клеток и волокон, а количество воды в них, зависящее вообще

от возраста хряща и неодинаковое в разных хрящах, очень велико: около 74% в хрящах ребер. Количество минеральных солей в хрящах увеличивается за период между 20 и 40 годами жизни.

Сопротивление хрящей силе разрыва больше при сдавливании, чем при растягивании: 1,5 против 0,18 кгм. по Трипелю. Модуль Юнга для хрящей очень близок к модулю для мышц. $E$ = в среднем, 1,50 при чем эта величина очень непостоянна; он может достигать от 16 до 20 в известных случаях.

**§ 60. Нервы.** Нервы, это—белые волокна, расходящиеся из мозга ко всем частям тела, побуждают их к движению, передавая *нервное возбуждение*, а также передают в мозг все чувственные восприятия, т.-е. *ощущения*. Нервы выходят из определенных *центров;* центры эти состоят из массы нервных клеток; из нервной клетки идет на периферию очень длинный отросток—*осевой цилиндр*; оттуда же идут и короткие ответвления так наз. *дендриты*, связывающие нервную клетку с соседними. *Спинной мозг*, находящийся внутри позвоночного канала, является очень важным центром. Нервное вещество содержит от 68% до 82% воды; *плотность ее* колеблется от 1,03 до 1,04, при чем различие пола в этом изменении плотности имеет очень мало значения.

Нервная (круглая или овальная) клетка имеет в диаметре от 0,02 до 0,09 мм; она вместе со своими ответвлениями носит название *нейрона*; наиболее длинное из ответвлений образует волокно; в одном нерве можно встретить пучок волокон, при чем каждое волокно имеет в толщину от 0,001—0,02 миллиметра в диаметре.

Нервные нити носят название той части тела, в которой они находятся, но распределяются они неравномерно, и образуют то бо́льшее, то меньшее число волокон. Если мы будем рассматривать только волокна двигательные, т.-е. идущие к органам движения, то увидим, что на каждое мышечное спиральное длинное волокно приходится по две или несколько нитей: что же касается коротких волокон, то в них всего по одной нити. Подобное распределение соответствует столь непохожим друг на друга функциям различных мышц. Краузе нашел 15.000 нервных волокон в глазодвигательной мышце; в шести мышцах глаза насчитывается всего около

18.000 волокон, которые весят только 3 грамма. Исходя из этой пропорции можно было бы считать, что во всей мускулатуре нервных волокон 180 миллионов (30 кгм.), но по Штиллингу оказывается, что в действительности, *двигательных волокон*, исходящих из *спинного мозга*, всего 300.000.

Сопротивляемость нервов велика: необходимо применить силу в 25 кгм., чтобы разорвать локтевые нервы; для бедряных нервов необходима сила в 55 кгм. $R$ мы можем считать равным от 2-х до 3-х кгм. на кв. мм. Модуль равен 10,9 (по Вертгейму). Интересно отметить, что из всех органов нервы являются наилучшими *проводниками электричества*. Принимая электропроводность $K$ мышц за 100, найдем:

| | $K$ | | $K$ |
|---|---|---|---|
| Мышцы | 100 | Сухожилия | 30 |
| Нервы | 588 | Кости | 7 |

**§ 61. Заключение.** — Свойства органической ткани, ее эластичность интересно сопоставить со свойствами других веществ, напр., каучука, который часто сравнивается с мышцами и сухожилиями.

| Вещество. | Плотность. | Модуль Юнга. | $R$ на кв. мм. | Экспериментаторы. |
|---|---|---|---|---|
| Кости. | 1,95 | $E$=2.300 | 12 кг. | Различные. |
| Сухожилия. | 1,12 | 146 | 7 „ | „ |
| Мышцы. | 1,05 | 0,95 | 0,4 „ | Вертгейм. |
| Нервы. | 1,04 | 10,9 | 2,5 „ | Различные. |
| Каучук. | 0,92 | Различно. | 0,6 „ | „ |
| Шелковая нить. | 1,33 | 650 | 27,5 „ | Франкенгейм. |
| Паутина. | 1,58 | 306 | 18,35 „ | Бентон. |

Из этих цифр следует, что главное значение для эластичности вещества имеет ее структура, а меньшее—плотность.

Но надо заметить, что плотность или связность мышц или сухожилий также дает им возможность преодолевать деформацию. Эластичность, смягчающая силу ударов, может падать под влиянием напряжения, *усталости*, напр., при

*беге, ходьбе;* у органов, обладающих бо́льшей плотностью, эластичность выявляется лишь с небольшим замедлением (эластическое последействие). Это было подтверждено опытами с плотным каучуковым кабелем; с другой стороны—это явление, характеризующее мускулатуру атлетов.

Эластичностью отличаются, главным образом, важнейшие для жизни органы, напр., органы кровообращения, дыхания; эластичность придает им значительную прочность и сообщает их работе регулярность. Наименьшей эластичностью обладает скелет; она проявляется, главным образом, в ребрах. Степень эластичности зависит, кроме того, от возраста; наиболее резко она выражается у человека между 20 и 40 годами, но гибкость ткани сильнее в более преклонном возрасте. Последняя развивается под влиянием физиологической работы и восстанавливается во время отдыха; она зависит от способа питания и от степени активности субъекта. Своей способностью приноравливаться к жизненным условиям, а также своим темпераментом, человек частью обязан эластичности и выносливости мышц.

Сильные и быстрые напряжения стремятся постоянно видоизменить ткани и даже разорвать их, когда с наступлением старости стойкость их ослабевает. Вообще же, долговременная деформация (напр., контрактура в ступнях ног от утомительной ходьбы) тесно связана с уменьшением, если даже не с прекращением на короткое время, активности, и причиняет человеку сильные страдания.

**§ 62. Сочленения; степени свободы движения.** — Сочленениями называются различные способы соединения костей между собой; эти соединения происходят от соприкосновения суставных поверхностей, которые бывают или *плоскими*, или *кривыми* (сферические, цилиндрические, овальные). Во избежание трения костей при их перемещении, поверхности эти покрыты тонкими, гладкими, более или менее плотными хрящами (рис. 57). Сверх того, две суставные головки часто покрыты *волокнистой капсулой* или сумкой, которая с внутренней стороны, продолжается в виде оболочки, смачиваемой липкой жидкостью, называемой *синовией* (суставная жидкость). Благодаря наличию синовии происходит молекулярное сцепление силою в 550 гр. на кв. см. (молекулярное сцепление было исследовано по отношению к синовии Бордие, по спо-

собу Ге-Люссака). Наконец, сочленение окружено *связками*, сухожилиями и мышцами, которые придают ему известную прочность, не стесняя в то же время тех движений, которые должны выполняться сочленением. Таким образом, каждое сочленение является более или менее прочным.

Если сочленение обладает свойством полной *неподвижности* (соединение костей головы), то его кости, соединяясь между собой весьма крепко тонкими зубчиками, образуют шов или *синартроз*. Соединения костей, обладающих, благодаря широкой и короткой связи, очень ограниченным размером движения, называются плоскими суставами или *амфиартрозами* или *симфизами*. Так связаны, напр., позвонки (грудные), которые соединены при помощи широких и плотных хрящевых пластин. Сочленения, обладающие широким и разнообразным кругом движений носят название *диартрозов*; характерными примерами последних могут служить сочленения костей конечностей. Изучение человека с механической точки зрения должно быть направлено преимущественно на диартрозы и на исследование объема движения последних. Нам известно, что движения, с наибольшим пределом свободы сводятся к трем (основным) видам перемещений и трем видам вращения — к *шести степеням свободы*; форма суставных поверхностей и их соединений такова, что позволяет различать от 5 до 6 типов сочленений, соответственно степеням свободы движения. Чаще всего эти поверхности — *цилиндрические, овальные* или *сферические*, т.-е. имеют одну, две или три оси вращения или одну, две или три степени свободы движения. Сочленения, имеющие возможность вращаться с одной степенью свободы вращения называются *одноосными сочленениями*.

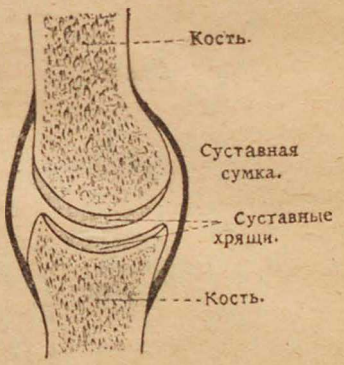


Рис. 57.

§ 63. **Виды сочленений (детали).** — Сочленения, имеющие одну ось вращения (одну степень свободы движения) наиболее часты в организме. Типическим для этой группы суставов является *цилиндрический* сустав; головка цилиндрической формы входит в полый

полуцилиндр; но головка эта редко имеет правильную форму. Обычно ее поверхность является бороздой, получаемой от вращения дуги вокруг прямой. Вследствие такого устройства описанного механизма у данных костей движение возможно только одного вида: это *сгибание* или *разгибание* и при этом в одной плоскости; перемещающаяся кость вращается наподобие *шарнира*, откуда происходит и самое

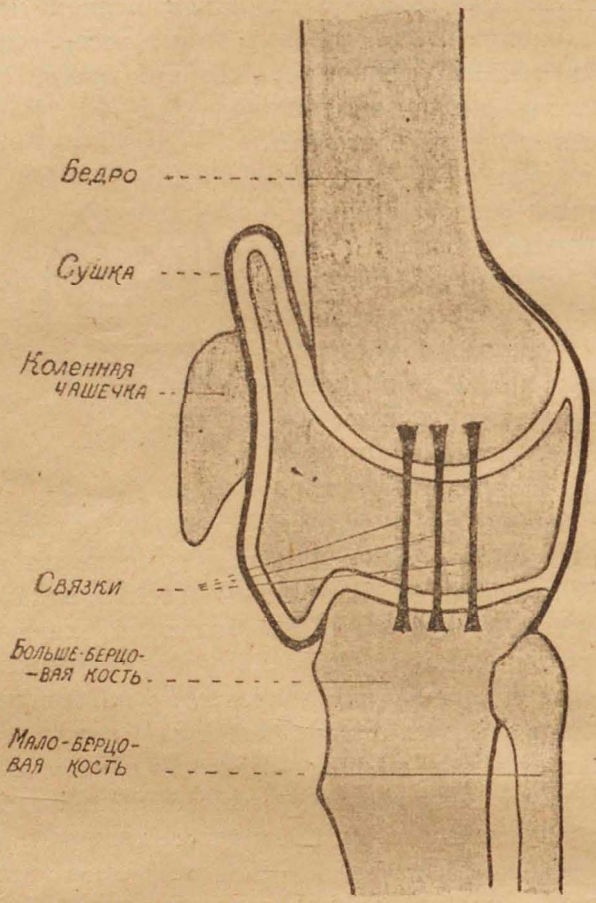



Рис. 58.

название этих сочленений: они называются *блоковидными* или *гинглимами*. Примерами могут служить сочленение таранной кости с большой берцовой, сочленения пальцев.

Такое же вращательное движение, но соединяющееся и с одновременным продольным движением по оси, мы наблюдаем в так называемых *правильных цилиндрических суставах*; таково, напр., движение лучевой кости (в суставе между лучевой и локтевой костями).

Когда линия кривая и, следовательно, движение сочленений костей имеет винтообразную форму, то это движение будет одновременно слагаться из вращения и перемещения, что и вызывает его винтообразный характер. При этом каждому отдельному вращательному движению кости соответствует одно ее перемещение. Но надо иметь ввиду, что вращение не может быть больше, чем на 180°, а перемещение—ограничивается связками. Практически же мы

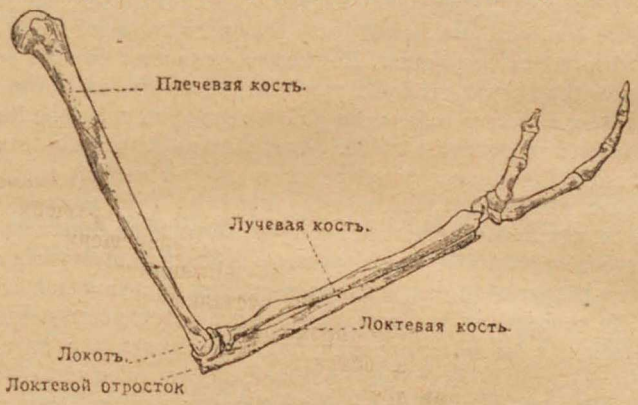



Рис. 59.

имеем дело в таком случае не с двумя пределами свободы движения, а с одним, ограниченным воображаемой линией, полученной от вращения кости. Ярким примером этого служит локоть (см. рис. 59), где перемещение будет всего около 1 мм. Рис. 60 представляет из себя разрез *кривой спиральной поверхности M*, образованной вращением суставной головки при различных радиусах вращения последовательно, т.-е. расстояние от *M* до *O* будет все время меняться. Благодаря этому обстоятельству перемещающаяся кость будет передвигаться и последует растяжение связок, регулирующих в силу своей эластичности это продвижение. Примером может служить сочленение колена и большой берцовой кости.

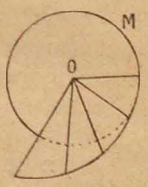



Рис. 60.

Движение костей при двух осях (две степени свободы движения) ясно видно в *яйцевидном* (овальном) *сочленении*, когда на-лицо или две совершенно неодинаковые оси (эллипсовидное сочленение), или почти одинаковые оси (сферическое сочленение). Большая ось перпендикулярна к направлению конечности, другими словами, поперечна ему. Если суставные поверхности двух сочленяющихся костей тесно соприкасаются, то движение будет возможно лишь вокруг большой оси и оно будет ограничено краями суставной впадины, которые будут останавливать перемещающуюся кость. Примером может служить сочленение кисти с лучем (лучезапястный сустав). Это—вид движения с одной осью вращения (одной степенью свободы). Но возможно движение и вокруг малой оси эллипсоида,

когда перемещающаяся кость может вращаться вокруг своей собственной оси. Благодаря этому происходит вращение или кручение и разгибание или сгибание.

К изложенному надо прибавить, что овал или эллипсис имеет две кривизны, различные между собой, т.-е. он имеет два различных центра кривой, поэтому конец сочленяющегося сустава при своем двойном вращении не вращается одновременно вокруг одной и той же точки; последняя меняет свое положение; все промежуточные оси, которые можно было бы провести через точку *O*, могут служить осями вращения. Но можно доказать, что все вращение происходит вокруг тех осей, при которых со стороны хрящей требуется *наименьшее количество* работы. Это было показано Листингом на движении сфероида глаза. Закон Листинга устанавливает, что обычно наблюдаемое вращение глаза требует меньше всего работы глазных мышц. При этом полезно помнить, что *момент инерции* эллипсоида меньше всего, когда происходит вращение вокруг большой оси эллипсоида, и, что угловое перемещение меньше при движении вокруг этой оси, чем при движении вокруг малой оси.

Те сочленения, у которых суставные поверхности представляют из себя как бы *седла*, опрокинутые перпендикулярно друг к другу и плотно друг друга обхватывающие, носят название *седловидных* суставов. Лучшим примером может служить сустав между многогранной и пястной костью большого пальца руки, при чем одна седловидная поверхность покрывает другую, заполняя своей спинкой ее выемку. Движения в этом сочленении мало отличаются от движений в яйцевидном суставе.

III. Три оси вращения в сочленениях (три степени свободы) можно наблюдать в *шаровидном суставе*. Суставная головка одной кости входит в шаровидную впадину сочленяющейся с ней кости и вращается в ней до тех пор, пока шейка перемещающейся кости не встретит сопротивления краев шаровидной впадины другой кости. Свобода движения будет тем больше, чем радиус суставной головки будет больше радиуса шаровой впадины. Три вращения вокруг трех поперечных осей возможны, что видно из сочленений плеч и бедер; амплитуда вращения их весьма значительна. Вращение вокруг трех названных осей трудно уловить и отметить благодаря быстроте движений в сочленениях, но если мы возьмем хотя бы кость бедра в состоянии покоя, то увидим, что у него есть ось, дающая возможность вращать или крутить его по вертикали, что кроме того, имеется и фронтальная ось, вокруг которой происходит сгибание и, наконец, есть ось сагиттальная для боковых движений. Амплитуда боковых движений около 90°. Амплитуда движений плеча 150°.

IV. Когда два или несколько сочленений работают одновременно и в контакте друг с другом, свобода движений возрастает. Последнее обстоятельство имеет место, напр., при движениях руки, подвижной в кисти, у которой много сочлененных костей, в сочленениях позвоночного столба и проч. Мы не будем входить здесь в

подробности всех сочетаний и комбинаций движений в простых сочленениях; запомним только то, что указанная нами большая свобода движений, избавляющая в конечном счете связки, сухожилия и мышцы от значительной затраты силы, создает в то же время крупную экономию этих сил для человеческой машины.

**§ 64. Тело человека; форма.**—Различные части человеческого тела, которые мы только что рассмотрели, составляют, в целом, один двигатель. Явлениями, вызывающими движение, будут: дыхание, кровообращение и нервные процессы; местом, где протекают эти явления, служит—за исключением нервных центров—туловище человека. Все органы пищеварения находятся в нижней части этого *туловища*. В голове находятся руководящие органы, т.-е. нервные центры *чувств* и «води». И в таком сложном целом царит дивная гармония. Менее всего сложна форма тела; она приближается к форме *призмы*. Человеческое тело выдерживает тяжесть своего собственного тела, а доказано, что в телах призматической или цилиндрической формы местом *наименьшего сопротивления* этому весу является точка, расположенная на половине высоты тела; в этом месте наиболее чувствуется тяжесть или вес тела, но как раз в этом же месте тело человека *расширяется* наподобие такого же расширения, которое делается в колоннах при различных постройках (гробниц, храмов и проч.). При подобном же уравновешивании в теле человека, его таз получает особенную крепость и наибольшая устойчивость, как указывала это древняя мудрость, находит место в крестце. Но чрезмерное развитие подвздошных частей стало бы препятствовать *ходьбе*, заставляя тело качаться из стороны в сторону. Поэтому у кочующих народов, у прирожденных «ходоков», таз относительно уже, в противоположность тяжелым атлетам, бедра и таз которых, очень широки и хорошо развиты.

Физическая работа (профессиональный труд, спорт) способствует развитию тела человека и придает ему окончательную форму. Разносчики, ломовики, разгрузчики—все это люди, по большей части крепкого телосложения. Плясуны, фехтовальщики, танцовщики—тонки и почти худы. Носка тяжестей в течение долгого времени изменяет форму членов: ходьба с грузом приводит к тому, что стопа становится плоской и постепенно удлиняется; это же самое наблюдается на руках людей, зани-

мающихся тяжелой ручной работой (работа молотком, киркой и лопатой). Ось тела—позвоночный столб, может искривляться в сторону тяжести (такие случаи наблюдались у крестьян, у носильщиков, иногда у пехотинцев). Под постоянным давлением позвоночный столб оседает, и от этого значительно изменяется его длина.

Свойство членов, их пропорциональность создают склонность к ремеслу: *у длинных членов—широкие, но медленные* движения; *быстрота* движений свидетельствуют о *коротких* членах. Поэтому результаты и успешность работы дровосека, кузнеца, пильщика досок тем больше, чем длиннее рука, держащая инструмент. В этом отношении, подбирая подходящих рабочих, или отыскивая ту или другую работу, можно руководиться формами тела. Конечно, это не может служить решающим критерием, потому что самым важным фактором является в данном случае уменье приспособляться к работе, и случалось, что какой-нибудь фехтовальщик оказывал чудеса уменья, несмотря на свой маленький рост, который должен был бы его обескуражить и заставить выбиться из сил. Однако можно считать, что, с нормальной точки зрения, люди устроены и приспособлены так, чтобы каждый мог исполнять подходящую ему работу, так как лишь в этом случае последняя будет наиболее продуктивна.

В отношении *возраста* установлено, что наибольшей способностью к сопротивлению человеческое тело достигает между 25 и 40 годами. Отметим, что вообще окончательное сконструирование человеческого скелета, его окостенение и спайка происходит около 20 лет; с 16 до 18 лет происходит формирование лопатки, которая, развиваясь, дает мышцам большую поверхность для укрепления их на ней; от 18 до 19 лет идет развитие плечевых костей; с 20 до 25 лет развитие локтевых костей, бедер, подвздошных костей; от 25 до 30 лет развитие позвоночного столба. Кости руки окончательно окостеневают в период между 12 и 13 годами. Отсюда ясно, что необходимо щадить силы молодого организма и не мешать эволюции его органов, обреченных в противном случае на неправильное развитие. По существу, наука всегда должна была бы восставать против принятого в промышленности обычая — заставлять работать детей, не достигших 15-летнего возраста; это обстоятельство создает слабую расу людей плохого сложения и захирелых предста-

вителей человечества. Когда же, наконец, появятся те законодатели, которые поставят своей задачей—создать такую социальную организацию, которая уничтожила бы эту преступную несправедливость?

§ 65. **Рост.**—Ростом называется протяженность челов. тела по вертикали или его высота в стоячем положении. Рост измеряется в частях антропометической сажени (см. «Эксперим. Техника»). Часто отличают рост человека сидящего от роста такого же человека, но стоящего. В первом случае лицо, рост которого измеряется, сидит, для того чтобы можно было определить развитие только его туловища. Средним ростом взрослого человека считается рост в 165 см. или 16,5 дцм. Он изменяется в зависимости от расы и места на земном шаре.

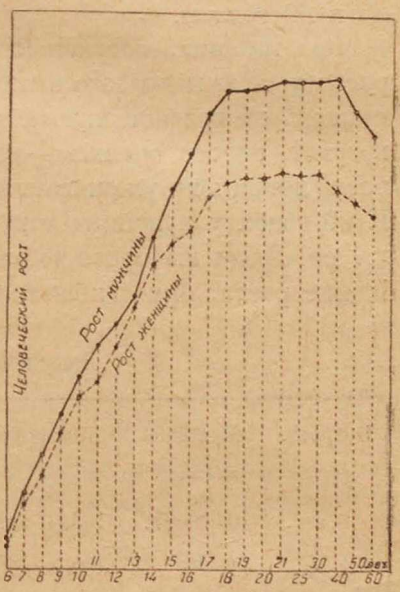



Рис. 61.

Пределами роста можно считать 125 и 190 см. Во Франции средний рост считается равным 164,6 см.; около 1725 года он считался равным — 166,5 см., т.-е. два века тому назад он был на 1,9 см. больше. Рост женщин на 10—11 см. ниже роста мужчины. В уже упомянутую эпоху разница между мужским и женским ростом достигала всего 5—7 см. таким образом, рост женщин, как и рост мужчины уменьшился за два века. Образ жизни, условия среды определяют развитие роста. Рабочие вообще меньше ростом, чем нерабочие, а рабочие с фабрик (т.-е. из закрытых помещений) меньше ростом, чем рабочие, работающие на свежем воздухе. В одной и той же стране, в одном и том же городе бедняки ниже богатых людей. Подобные сравнения были сделаны во многих округах Парижа и оказались наиболее показательны в этом отношении.

Мак Олиф и Мари после целого ряда измерений показали, что рост парижанки на 3 см. больше, чем средний

рост французской женщины вообще. С увеличением возраста рост у того и другого пола прогрессирует различно. Согласно средней величины, полученной после произведенных в Париже измерений, рост мальчиков при рождении равен 49,9 см., у девочек он несколько менее 49,2 см. Прирост роста зависит от возраста: до 12 лет он не превышает 2—3 см. в год. К 18 годам женщина перестает расти, мужчина же продолжает вырастать и рост его прекращается только между 25 и 30 годами.

Вот таблица, составленная Кетле и дающая изменения роста у того и другого пола между 6 и 60 годами. Мы можем придать ей графическую форму, откладывая на оси *абсцисс*— возраст, на оси *ординат*—рост (рис. 61). Начиная с 50 лет рост понемногу уменьшается; это — старческое уменьшение. К 60 годам у мужчины оно достигает 2,5 см., у женщин — 2,7 см. Люди высокого роста испытывают еще большее уменьшение роста: они сгибаются и оседают.

**Человеческий рост.**

| Возраст. | Мужчина. | Женщина. | Возраст. | Мужчина. | Женщина. |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 лет. | 104,60 см. | 103,20 см. | 17 лет. | 167,00 см. | 154,40 см. |
| 7 „ | 111,20 „ | 109,60 „ | 18 „ | 170,00 „ | 156,20 „ |
| 8 „ | 117,00 „ | 113,90 „ | 19 „ | 170,60 „ | 157,00 „ |
| 9 „ | 122,70 „ | 120,00 „ | 20 „ | 171,10 „ | 157,00 „ |
| 10 „ | 128,20 „ | 124,80 „ | 21 „ | 172,20 „ | 157,70 „ |
| 11 „ | 132,70 „ | 127,50 „ | 25 „ | 172,20 „ | 157,70 „ |
| 12 „ | 135,90 „ | 132,70 „ | 30 „ | 172,20 „ | 157,90 „ |
| 13 „ | 140,30 „ | 138,60 „ | 40 „ | 171,30 „ | 155,50 „ |
| 14 „ | 148,70 „ | 144,70 „ | 50 „ | 167,40 „ | 153,60 „ |
| 15 „ | 155,90 „ | 147,50 „ | 60 „ | 163,90 „ | 151,60 „ |
| 16 „ | 161,00 „ | 150,00 „ | | | |

Установлено, что, кроме этого неизбежного понижения, давление по вертикали (носка тяжестей) также слегка умень-

шает рост. Стоячее положение, если оно продолжительно или почти постоянно, приводит к тем же результатам. Напротив, лежачее или горизонтальное положение, а также сидячее или вынужденная неподвижность в постели вызывает увеличение роста тела. Наконец, есть данные думать, что у людей, держащихся прямо, в частности — у военных, рост несколько увеличивается и сохраняет это увеличение.

**§ 66. Туловище и грудной коэффициент.**—Если сравнить двух разных людей одинакового роста, то можно заметить, что величина верхней части тела или туловища разнится между собою. Размер туловища имеет большое значение благодаря важности находящихся внутри него органов. Чтобы определить размер туловища, измеряют:

1) Окружность груди, измеряемую сантиметровой лентой, накладываемой на уровне сосков.

2. Длину тела в сидячем положении, слагающуюся из длины туловища вместе с головой.

3. Длину тела в горизонтальном положении, увеличенную вытянутыми в сторону руками (размах).

(Относительно всех этих измерений см. «Эксперим. Техника».)

Когда туловище развито нормально и члены тела пропорциональны, то, обычно, ширина груди, взятая вместе с длиною вытянутых в сторону рук (размах), превосходит *весь рост человека почти* на 4 см.

С другой стороны, отношение длины тела в сидячем положении к величине всего роста равно, в среднем; 0,53; у людей маленького роста оно равно 0,5378, у людей большого роста 0,5285. У женщин это отношение часто меньше. Следующее отношение:

$$\frac{\text{длина туловища}}{\text{рост}} = 0{,}53,$$

носит название *грудного коэффициента*.

С этой точки зрения различают два резко выраженных типа: людей, у которых длина нижних конечностей слишком велика по сравнению с длиной туловища, и людей, у которых нижние конечности слишком коротки по сравнению с туловищем. Мануврие называет первых *макроскелами*, т.-е. длинноногими, а вторых — *брахискелами*, т.-е. коротконо-

гими. Развитие грудной полости не зависит от развития других органов, точно так же как развитие рук и ног. Последнее обстоятельство легко наблюдать у детей: в то время, как туловище сохраняет свою нормальную величину, конечности чрезвычайно вытягиваются. *Длина туловища в сидячем положении* играет в физиологическом отношении большую роль для грудной полости и непрерывности ее развития. Грудная полость заключает в себе ось тела—позвоночный столб, который в некоторых отношениях связан с сердцем и легкими. Благодаря этому, грудная полость как бы распределяет всю энергию, скапливающуюся в человеческом теле, и потому же она развита больше у мужчины, чем у женщины; мужчине, благодаря его мышечной силе, необходимо сильное дыхание, бóльший объем воздуха; у женщины же преобладают пищеварительные процессы.

**§ 67.** Происходящий в легких обмен воздуха пропорционален объему груди. Максимальный объем груди можно определить при посредстве очень глубокого *вдыхания*, за которым следует усиленное *выдыхание* воздуха; при этом весь выдохнутый воздух собирают в *спирометр* или измеритель газов. Таким путем можно определить то, что Гётчинсон называет «жизненной ёмкостью». Для мужчины она равна 3,75 литра, для женщины—2,75 литра. Вообще же жизненная ёмкость увеличивается у человека на 0,120 литра начиная с 3-х летнего возраста, когда она равна всего 0,400. Процесс этот идет до 30 лет. Для большей простоты можно принять, что жизненная ёмкость развивается параллельно *росту*, начиная с 4-х лет по 0,05 у мужчины, и 0,04 у женщины на каждый сантиметр роста. При наличии макроскелии или брахискелии (чрезмерного или недостаточного развития нижних конечностей) жизненная ёмкость выявляется в развитии грудной клетки.

Жизненная способность равно, как и грудной коэффициент, имеют большую величину у людей среднего роста; последние кажутся часто крепче и мускулистее людей высокого раста. Можно даже предполагать существование такой эволюции, которая стремится видоизменить рост человека так, чтобы он соответствовал и не мешал бóльшему развитию крепости, а, следовательно, и выносливости человека. Измерения жизненной ёмкости очень важны и полезны.

**§ 68. III. Поверхность и объем человеческого тела.** — Зависимость между *объемом, весом и плотностью* человеческого тела выражается следующей формулой:

$$V = \frac{P}{D}.$$

Зная $D$, легко определить $V$; нам достаточно только произвести простое взвешивание; $D$ принимают, в среднем, равным 1,035 (согласно многим измерениям Миэ).

Собственно говоря, эта плотность была определена по объему: испытуемое тело погружали в ванну, до краев наполненную водой; объем вытесненной воды принимался за объем погруженного в нее тела (см. «Эксперим. Техника»). Отношение $\frac{P}{V}$ дало 1,035, т.-е. $D$. Число это было получено в результате 59 измерений; при этом легкие людей, над которыми производился опыт, были полны воздухом.

Измерение *поверхности человеческого тела* можно было бы произвести и теоретически. Действительно, представим себе *куб*, объем которого равен $V$; сторона куба будет тогда равняться $\sqrt[3]{V}$; вся поверхность куба, принимая во внимание 6 его граней, $= 6 \times (\sqrt[3]{V})^2 = 6\sqrt[3]{V^2}$. Приняв во внимание плотность, можно заменить объем весом и написать: $S = K\sqrt[3]{P^2}$. Но коэффициент $K$ изменяется, смотря по форме тела, которое не может быть названо строго-кубическим. Для мужчины $K$ оказывается равным 12,312. Следовательно, поверхность выразится как:

$$S = 12{,}312\sqrt[3]{P^2}.$$

При чем $P$ выражается в граммах, а $S$ в кв. см. Приведенная формула есть *формула* Мэя. Пользуясь ею найдем, что поверхность человека, весящего 65 кгм., равна:

$$S = 12{,}312\sqrt[3]{65{,}000^2} = 19{,}896 \text{ кв. см. или } 1{,}99 \text{ кв. м.}$$

Практически будем считать 2 *кв. метра* в круглых цифрах.

Возьмем двух индивидуумов, имеющих разный вес—ребенка и взрослого; поверхности их тел будут относиться друг к другу, как кубичные корни квадратов их веса. Другими словами, поверхность

тела изменяется или уменьшается не параллельно уменьшению веса, а медленнее. Мы имеем:

$$\frac{S'}{S} = \frac{12{,}312\sqrt[3]{P'^2}}{12{,}312\sqrt[3]{P^2}} = \frac{\sqrt[3]{P'^2}}{\sqrt[3]{P^2}} = \sqrt[3]{\frac{P'^2}{P^2}}.$$

Пусть для примера $P' = \frac{1}{8}P$; тогда $\frac{S'}{S}$, как $\frac{1}{4}$. Если мы будем изменять вес тела постепенно от 8 до 1, то и поверхность будет изменяться за то же время от 4 до 1, т.-е. в 2 раза медленнее. *Если исходить из отношения поверхности к весу, то у детей поверхность тела будет больше, чем у взрослых.*

Точные способы для определения поверхности человеческого тела, вообще, очень сложны. Наиболее простым представляется, пожалуй, способ Жюля Лефевра: испытуемого субъекта одевают в платье из эластичной материи, плотно облегающей тело. Пусть $P$ будет вес платья, $p$ — вес кв. дециметра той же материи. Отношение $\frac{P}{p}$ даст нам поверхность тела. Если вес платья будет определен посредством хороших весов, то результаты только что описанного способа окажутся весьма точными.

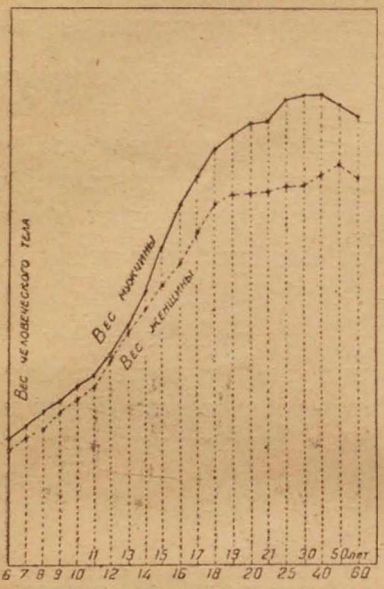



Рис. 62.

Надо заметить, что результаты измерения поверхности, объема и плотности тела очень изменяются, когда приходится иметь дело с чересчур худым или, наоборот, чересчур полным человеком: в таких случаях трудно произвести точное измерение поверхности тела.

**§ 69. Вес человеческого тела.**—Средний вес человеческого тела в связи с возрастом и для каждого пола в отдельности был определен опытным путем различными авторами. Мы приведем цифры, полученные Кетле и дающие вес человеческого тела в пределах от 6 до 60 лет.

**Вес человеческого тела.**

| Возраст. | Мужчина. | Женщина. | Возраст. | Мужчина. | Женщина. |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 лет. | 18,04 | 16,74 | 17 лет. | 57,40 | 49,08 |
| 7 „ | 20,16 | 18,45 | 18 „ | 61,26 | 53,10 |
| 8 „ | 22,26 | 19,82 | 19 „ | 63,32 | 54,46 |
| 9 „ | 24,09 | 22,44 | 20 „ | 65,00 | 54,46 |
| 10 „ | 26,12 | 24,24 | 21 „ | 65,00 | 54,46 |
| 11 „ | 27,85 | 26,25 | 25 „ | 68,29 | 55,08 |
| 12 „ | 31,00 | 30,54 | 30 „ | 68,90 | 55,14 |
| 13 „ | 35,32 | 34,65 | 40 „ | 68,81 | 56,65 |
| 14 „ | 40,50 | 38,10 | 50 „ | 67,45 | 58,45 |
| 15 „ | 46,41 | 41,30 | 60 „ | 65,50 | 56,73 |
| 16 „ | 53,39 | 44,44 | | | |

Средний вес тела взрослого человека равен: для мужчины—65 кгм., а для женщины—55 кгм., с отклонениями в обе стороны на 10 кгм. И здесь, как уже имело место при рассмотрении процесса роста, мы можем отметить «старческое уменьшение» веса, приблизительно к 50 годам. Средняя цифра веса испытывает иногда сильное колебание в зависимости от того, для какой народности она выводится. Есть народности, представители которых массивны и грузны; представители других народов тучны благодаря обилию находящегося в их теле жира. Указанные свойства находятся в связи с обычным для данной народности питанием. *Нормальный тип телосложения* был определен Бушаром при посредстве *весового коэффициента*; так называется число, выражающее отношение веса тела (в кгм.) к его росту (в деким.) или

$$A = \frac{\text{Вес}}{\text{Рост}}.$$

В общем, это есть масса прямоугольной призмы высотой в 1 дециметр. Нашли след. цифры для $A$:

Нормальное состояние . . . . . $A = \begin{cases} 3{,}9 \text{ (для женщины).} \\ 4{,}0 \text{ (для мужчины).} \end{cases}$

Тучность. . . . . $A = 5{,}4$

Худоба. . . . . $A = 3{,}6$

Истощение. . . . . $A = 2{,}9$

Истощение в очень сильной степ. $A = 2{,}0$

(последняя величина очень редко встречается даже при продолжительном истощении).

Таким образом, весовой коэффициент «$A$» взрослого человека, весящего 65 кгм., ростом в 16,8 дцм. равен:

$$A = \frac{65}{16{,}8} = 3{,}87.$$

Средняя величина «4» имеет место при *нормальном питании*. Вес тела служит превосходным показателем развития организма. Вес этот необходимо постоянно проверять, особенно у грудных детей, у детей и подростков[1]). У взрослого человека *постоянство* веса служит гарантией в том, что ткани его живут и восстанавливаются нормально.

**§ 70.** *Истощение* или продолжительный пост уменьшает вес тела. Тот человек, который перестал бы есть, а только пил бы воду, потерял бы в первый же день 300 грм. (Этуотер). После *абсолютного* поста, т.-е. воздержания и от воды, в течение *36* часов человек теряет от 1600 до 1700 граммов; это обстоятельство установлено многими опытами. Если питание только *недостаточно*, то потеря веса для человека, весящего 55 кгм., достигает 2350 гр. в 13 дней, т.-е. 180 граммов ежедневно, или 0,33% каждые 24 часа. (По наблюдениям д-ра Ивановского в Харькове, 3-хлетнее надоедание вызвало понижение веса: у 26% на 1—10%, у 46% на 11—20%, у 20% на 30% и даже выше. *Прим. ред.*)

Наблюдаемое уменьшение зависит от качества пищи и от предшествовавшего состояния организма. Вес тела таких

[1]) Особенно важное значение имеет контроль над весом тела в спортивных клубах, гимнаст. обществах, в школах и вообще, в местах, где производятся занятия спортом и гимнастикой; при последних обмен веществ резко повышен и без достаточного притока веществ в виде пищи могут быстро наступить нежелательные явления (исхудание, упадок сил).

*Прим. ред.*

завзятых постников, как *Сукчи* (Succi) изменяется регулярно под влиянием *физиологического воздержания*. Графическое изображение этого уменьшения представляет из себя равностороннюю гиперболу, т.-е. такую кривую, контуры которой постоянно стремятся к своим осям, но никогда их не достигают. Эти оси носят название *асимптот* кривой.

За промежуток в 30 дней Сукчи потерял 0,19 своего веса равнявшегося, в среднем, 57 кгм. Из материалов, находящихся в организме, прежде всего уменьшается количество жиров, потом идут на убыль мышцы и, *наконец*, поддается *нервная система*; это уже опасно и для жизни [1]).

Одним словом, процесс истощения захватывает ткани по степени их, так сказать, «благородства»: органы движения реагируют на действие истощения не так скоро, как органы питания. Смерть, это — прекращение движения, а «жизнь есть движение».

Особенно нужно стремиться избегать того, чтобы *дети* страдали от истощения; если даже начать их откармливать непосредственно вслед за периодом истощения, то все-таки их мышцы не будут уже нормально развиваться [2]).

## ГЛАВА II.

### Мышечный двигатель и питание.

**§ 71. Мышечный двигатель.** — В животном организме двигателем является мышца, а силой—сила ее сокращения.

Рассматривая мышечное сокращение со стороны движения, мы можем сказать, что оно возникает вследствие нервного возбуждения. Нервное возбуждение и мышечное сокращение связаны между собой, как причина и следствие, но мы не можем точно определить эту причинную связь. Сокращение мышцы происходит так быстро и внезапно, что

---

[1]) Вот несколько цифр: за 13 дней голодания кишка потеряла: жировой ткани—97%, мышц—31%, внутренностей—20—30%, костной ткани—14% и нервной системе—3%; вообще, более важные для жизни органы живут за счет менее важных. *Прим. ред.*

[2]) Наблюдения произведенные в 1922 г. в Моск. Психоневролог. Институте над детьми из голодающих районов указывают, что при возвращении к нормальной пище вес детей увеличивается до известного лишь предела; слишком глубоко зашедшее расстройство обмена препятствует правильной ассимиляции. *Прим. ред.*

раздражение нерва можно сравнить с действием пороха при взрыве. Кроме того, когда сокращение мышц удерживает какую-нибудь тяжесть в равновесии (статическое усилие), или же передвигает ее (работа с движением), мышца *нагревается*, и температура ее делается несколько выше нормальной; в этом случае в мышце скопляется большее количество теплоты, чем в мышце, находящейся в состоянии покоя (в ненапряженной мышце). Таким образом, мышца функционирует подобно двигателю, приводимому в движение при помощи взрыва; мы увидим дальше, какое *топливо* необходимо для ее работы.

Единичное отдельное сокращение мышцы называется *одиночным мышечным сокращением* или мышечным *вздрагиванием*; в продолжительном сокращении можно наблюдать несколько таких вздрагиваний под ряд. Обозначим конец мышцы буквой $R$, а другой ее конец, обозначенный через $L$, прикрепим к стрелке—указателю $AO$, вращающейся около точки $O$; конец этой стрелки ходит по подвижной поверхности, покрытой закопченой бумагой. Действуя на нерв $N$ посредством электрического тока, мы получаем контур $ACD$ (рис. 63). Продолжительность вздрагивания $ACD$, которую мы можем прочесть по одновременной записи времени $T$, будет для взрослого человека от 0,12 до 0,16 секунды; для очень маленького ребенка она больше, и, вообще, эта продолжительность меняется под влиянием различных причин (колебания температуры, воздержания от пищи).

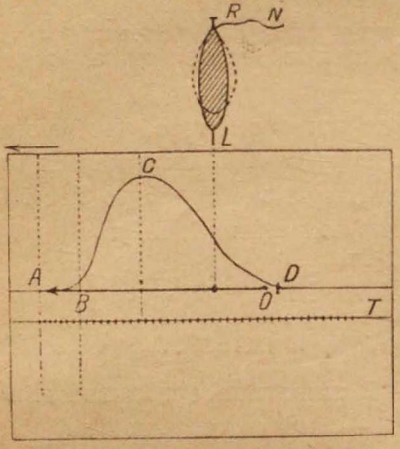


Рис. 63. Чувствительно-двигательная рефлекторная дуга.

Рассматривая графическое изображение мышечного вздрагивания, мы видим, что в некоторый момент нервного раздражения $A$ мышца не реагирует на это раздражение, и только по прошествии некоторого времени $AB$ начнет образовываться *миографическая кривая*, состоящая из трех частей:

1) *скрытого периода раздражения* мышцы, продолжающегося, приблизительно, по исследованиям Тигерштедта и Бурдон-Сандерсона, 0,003 секунды, 2) *восходящего* периода и 3) *нисходящего* периода, при чем последний обычно короче предыдущего.

Когда нервные раздражения следуют одно за другим с обычными промежутками времени в 0,15 секунды, мы получаем ряд только что описанных мышечных вздрагиваний. Когда промежутки времени между вздрагиваниями делаются все меньше и меньше, то стрелка на указателе, не успевая вычертить в течение их каждый отдельный подъем линии, дает прямую линию, сливая свои отдельные движения в одно. Это явление называется *физиологическим тетанусом*. Число мышечных вздрагиваний, вызывающих продолжительное тетаническое сокращение, не одинаково для всех мышц. Оно изменяется в зависимости от возраста, температуры, тяжести, которая заставляет мышцу сокращаться, и от состояния мышцы перед работой. У мужчины число таких вздрагиваний достигает от 20 до 30 в 1 секунду, что соответствует 20 или 30 нервным раздражениям. Если число вздрагиваний достигает 60 в секунду, мышца остается тетанизированной в течение четырех или пяти минут, а потом кривая сокращения начинает опускаться; с этого момента в мышце появляется усталость, и сокращение перестает протекать нормально. При числе вздрагиваний большем 60 усталость сказывается сильнее, как это видно из графического изображения (рис. 64), приведенного в одной из работ Гофманна.

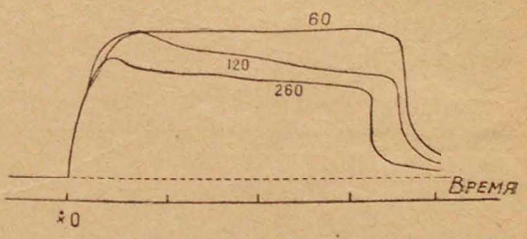


Рис. 64.

Физиологически мышца приходит в раздраженное состояние, получая возбуждение не от электрического тока, как при опыте, а непосредственно от нервов. Это так называемое *произвольное* раздражение. Число вздрагиваний всегда достаточно велико для того, чтобы мышца начала сокращаться, но обычное сокращение, вообще говоря, есть *истин-*

*ный тетанус.* Вызывая произвольное сокращение мышцы, можно установить опытным путем, что мышца дает ряд колебаний, повторяющихся через определенные промежутки времени, и очень хорошо улавливаемых при помощи специальных приборов (миофон). Следовательно, возбудитель мышечного двигателя действует не непрерывно, а периодически, и поэтому, благодаря эластичности мышц, мы имеем дело со скрытым сложением и слиянием нервных толчков.

Несмотря на это слияние вздрагиваний, произвольное сокращение протекает быстрее, чем сокращение, вызываемое электрическим током; оно может длиться 0,06 секунды, давая максимум 16 сокращений в секунду, при чем каждое сокращение соответствует трем вздрагиваниям (см. § 78).

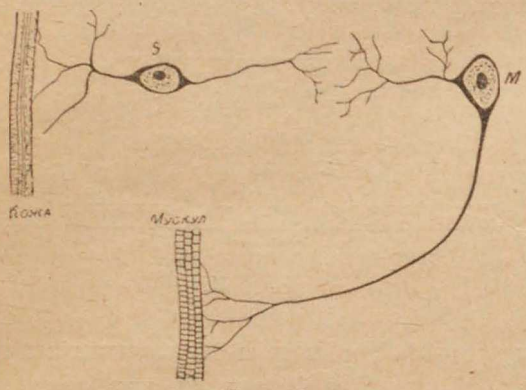


Рис. 65.

Предположим, что сокращение вызвано внешней причиной: субъект поставлен неожиданно лицом к лицу с опасностью, или он внезапно дотронулся до раскаленного тела. Последний случай вызывает явление, называемое *рефлексом*: *чувствительный* нерв *S*, раздраженный ожогом, передает раздражение двигательному нерву *M*, который действует на мышцу так, что она начинает сокращаться (рис. 65). За ощущением следует движение.

Раздражение проходит по нерву с быстротой *в 32 метра в секунду*; в среднем, общее количество времени, необходимое для протекания рефлекса, часто больше, благодаря тому, что в процессе могут участвовать несколько нервных клеток.

Продолжительность этого процесса уменьшается, когда работают нервные центры, заведующие передвижением и находящиеся в спинном мозгу; это имеет место при простых рефлексах и при автоматических движениях; они протекают быстрее.

Продолжительность рефлекса также уменьшается и по мере того, как увеличивается интенсивность раздражения: его продолжительность зависит, наконец, от того благоприобретенного состояния организма, которое создает наиболее выгодные условия для протекания, так называемого, нервного тока. Время, истекшее с момента восприятия и до того мгновения, когда появляется ответное мышечное движение, можно назвать *личным уравнением* или скоростью реакции. В количественном отношении она выражается в секундах от $\frac{1}{5}$ до $\frac{1}{10}$, смотря по обстоятельствам и по личным свойствам субъекта.

Имеются следующие средние данные:

| | |
|---|---|
| Осязательная реакция. . . . . | 0,14″ |
| Зрительная „ . . . . . | 0,19″ |
| Слуховая „ . . . . . | 0,15″ |

**§ 72. Закон мышечного сокращения.** Когда мышца сокращается, это не значит, что она обязательно укорачивается; если сопротивление, которое преодолевает мышца, более или менее велико, то она сохраняет свою длину (абсолютное статическое сокращение или абсолютная сила); но, вообще, мышца укорачивается, ее поперечный размер увеличивается и длина уменьшается, но, однако, так, что объем почти не изменяется.

Сокращение захватывает все волокна; следовательно, сила сокращения есть результат сложения сил этих отдельных сокращений. М. Шово всесторонне и подробно исследовал элементы, составляющие усилие, затрачиваемое на сокращение в зависимости от величины нагрузки и степени сокращения. Мы можем изложить его исследования в следующем виде:

Согласно закону эластичности, мышца, выдерживающая тяжесть $P$, удлинится на величину, равную $l = \frac{PL}{ES}$ (см. §37). Благодаря своему сокращению, она будет сопротивляться этому удлинению, и ее внутренняя сила будет равна $p$ и действовать в обратном направлении по отношению к $P$. Но предположим, что мышца, кроме того, сократится на величину $r$, выдерживая в то же время тяжесть $P$, тогда ее

внутренняя сила будет больше $P$ на величину, необходимую для возвращения мышцы к ее первоначальной длине; очевидно, что это дополнительное усилие будет пропорционально сокращению и будет равняться $P \times r$. Итак, сила статического сокращения, необходимая для уравновешивания тяжести $P$ и сокращения $r$, будет в целом равняться:

$$F = P + Pr = P(1 + r).$$

Следовательно, эта общая сумма равноценна эластичной силе, состоящей из эластичной постоянной силы $P$ и добавочной силы $Pr$, изменяющейся вместе с укорочением мышцы. Очевидно, что мы достигнем большой экономии сил, сокращая мышцу на минимальную величину. Инстиктивно мы часто соблюдаем это правило: рабочий, двигая тачку, поддерживает ее, стараясь до последней возможности не сгибать рук.

§ 73. Во время *работы*, которую мышца производит для того, чтобы переместить некоторую тяжесть $P$, сокращение достигает двух крайних величин $r$ и $r'$, которым соответствуют две силы сокращения $F$ и $F'$; таким образом, средняя сила будет равняться величине: $\frac{F + F'}{2} = Fm$, заменяя $F$ через $P(1 + r)$, а $F'$ через $P(1 + r')$, получаем:

$$F_m = P\left(1 + \frac{r + r'}{2}\right).$$

*Динамическое* сокращение выполняет, если можно так выразиться, работу, в которой действуют 2 фактора: средняя сокращаемость мышцы и среднее усилие $F_m$. Но, смотря, по тому, будет ли эта работа *положительна* или *отрицательна*, среднее напряжение или слегка увеличится или уменьшится на величину, которую нельзя определить a priori. Фотографируя сокращающиеся мышцы и рассматривая снимки, Поль Рише нашел, что они вздуваются различно, смотря по тому, каков характер сокращения, направлено ли оно на сопротивление или на передвижение тяжести.

Законы эластичности или вернее мышечного сокращения были проверены М. Шово на опыте, который заключается в следующем: к предплечью, полусогнутому в локте по направлению к плечу, привешивали тяжесть и в течение опыта изменяли величину этой тяжести, равно как и степень со-

гнутости предплечья. Полученные результаты очень существенны; ими воспользовались Дондерс и Ван-Мансфельт в своих исследованиях эластичности мышц.

Также интересно привести слова Винслоу (Winslow), относящиеся к 1720 году: «Возможно испытать на себе, как вздутие бицепса увеличивается по мере нагружения его тяжестью. Кроме того, если мы согнем руку до известного предела и закрепим каким-нибудь образом ее в этом положении так, чтобы она не могла ни согнуться, ни разогнуться, и чтобы мышцы, производящие сгибание, не были в напряженном состоянии, но были бы совершенно спокойны, то вы ясно почувствуете, как мышца, при попытке воздействовать на руку с целью ее еще больше согнуть или разогнуть, напрягутся пропорционально этой силе внешнего воздействия; при этом не будет заметно никакого движения в сочленении локтя». Винслоу различает в мышце «напряжение» и «упругость» (рессорность). В приведенных строках заключается принцип изысканий Дондерса и Шово.

§ 74. Изменение мышцы пропорционально, по закону эластичности, ее длине. При большом перемещении двигающейся кости необходима мышца, обладающая способностью сильно укорачиваться; ясно, что длинные мышцы будут более пригодны для такого размашистого движения. Наоборот, короткие и плотные мышцы, благодаря очень большому количеству заключающихся в них волокон, могут развить значительное напряжение. Достаточно взглянуть на мускулатуру тела (рис. 58), чтобы убедиться, что мышцы бывают не только длинными или короткими, но, что и самая форма их очень разнообразна: одни, как, например, двуглавые мышцы плеча, состоят из параллельных волокон, другие, как височная мышца, представляют из себя соединение волокон, расходящихся лучеобразно. Все эти формы представляют из себя не что иное, как рациональное приспособление мышц к тем задачам, которые они должны выполнять. Если мышца прикреплена к двум отдаленным друг от друга костям, взаимно чувствительных к малейшему движению одной из них, волокна мышц удлиняются тонкими сухожилиями; мы видим здесь экономию мышечного вещества. Такое явление можно наблюдать в мышце, сгибающей пальцы руки. Если мышце приходится преодолевать большое сопротивление, то ее волокна расположены косо (§ 57), чтобы представить большую поверхность; кроме того, для преодо-

ления слабых сопротивлений мышцы принимают вид продолговатых зерен, употребляя на это треть своей длины. А две остальных трети вытягиваются в тонкие полоски. В общей сложности получается довольно большая поверхность и экономия вещества; подобное явление можно наблюдать в жевательной мышце, обладающей короткими параллельными волокнами, так как ей для производства акта жевания необходимо развивать большую силу.

Приспособленность каждой мышцы к выполняемой ею функции было проверено многими авторами. Особенно интересно наблюдение Марея. Он заметил, что *икра негра* тонка и состоит из длинных волокон, икра же *белого* толста, коротка и имеет своим продолжением длинное ахиллесово сухожилие. Как в первом, так и во втором случае задача мышцы—поддерживать тяжесть человеческого тела. Марей утверждает, что эта мышца у негра слабее, чем у белого и прикрепляется к *более длинному* концу рычага вследствие того, что выступ пяточной кости отступает назад от оси вращения на длину большую 40%. Ученый физиолог попробовал укоротить пяточную кость, взяв для этого опыта кролика, и увидал, что в конце года икра начала увеличиваться в объеме, т.-е., увеличивать свою силу, чтобы приспособляться к своей измененной функции.

Изменения, имеющие целью приспособление к присущей изменяющемуся объекту функции, касаются также и *хрящей*, помогая им приноровиться к работе органов движения.

Мы можем, наконец, спросить, почему направление мышцы *почти параллельно* к кости, которую она передвигает, вместо того, чтобы быть к ней почти *перпендикулярным*. Легко понять, что некоторая, получаемая вследствие этого, растрата сил компенсируется экономией *пространства*, занимаемого мышцей. Подвижные массы распределены в живом организме по закону, заставляющему их занимать *минимум места*.

§ 75. Таким образом, полезная работа мышцы зависит от ее массы (деятельных волокон), от степени ее сокращения и угла между мышцей и костью, приводимой ею в движение.

В каком бы положение мышца ни была, у нее будет всегда по отношению к оси определенный *момент вращения*. Моментом вращения будет произведение силы мышцы $F$ на рас-

стояние $d$ (перпендикуляр из оси сустава на ось мышцы). Мы получим:

$$M = F \times d.$$

Сокращение мышцы изменяет $F$ и $d$. Браунс и Фишер производили многочисленные измерения момента вращения на препарированной анатомически руке; $F$ выводилось из величины мышечной поверхности. Эти измерения показывают, что момент вращения изменяется параллельно изменению угла сгибания и до известных пределов. В частности можно указать, что, когда рука совсем вытянута, $F$ и $d$ дают произведение, которое не равно нулю, как можно было бы думать.

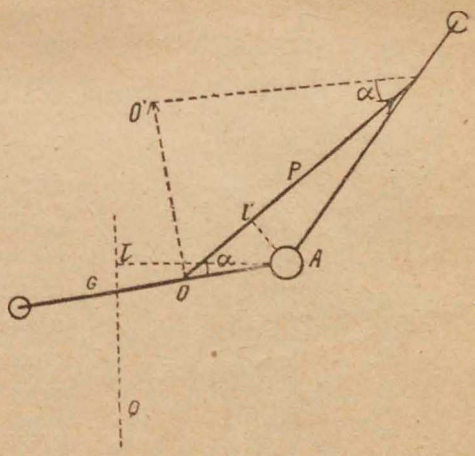



Рис. 66.

Кроме того, надо заметить, что мышечная сила в человеческом теле пользуется чаще всего рычагами третьего рода, что и позволяет ей успешно преодолевать сопротивление. Предположим, что сопротивление приложено к центру тяжести $G$ двигающейся конечности (рис. 66).

Нужный состав мышечной силы будет $00' = P \cdot sn\,\alpha$. т.-е. напряжение при сгибании изменяется, как синус угла наклона мышцы к двигающейся конечности. Плечо рычага $Al'$, приложенное к мышечной силе, меньше, чем плечо $Al$, приложенное к сопротивлению. Но амплитуда движения этого сопротивления возрасла в пропорции $\frac{Al}{Al'}$ и допускает большее количество полезной работы. Двигательная функция мышц не может быть отделена от обстоятельств, сопровождающих движение; «изолированного действия мышц не может существовать в природе», писал Дюшен (де-Булонь). Все двигательные силы, часто по виду антагонистичные, соединяются в одном усилии. Бицепс сгибает предплечье, а трицепс разгибает его, но, на самом деле, они согласуют свои движения и комбинируют свои напряжения; разумнее

было бы группировать мышцы, базируясь на их не анатомических, а физиологических и функциональных свойствах. Дело нервной системы—точное, последовательное и детальное согласование мышечных движений. Автоматически, под влиянием привычки, эта согласованность протекает быстро, т. к. им ведают соседние нервные центры, расположенные в спинном мозгу; при движениях же нормальных упомянутые центры только подготовляют координацию движений, а закончить ее совершенно, отчеканить, является задачей более удаленных центров головного мозга.

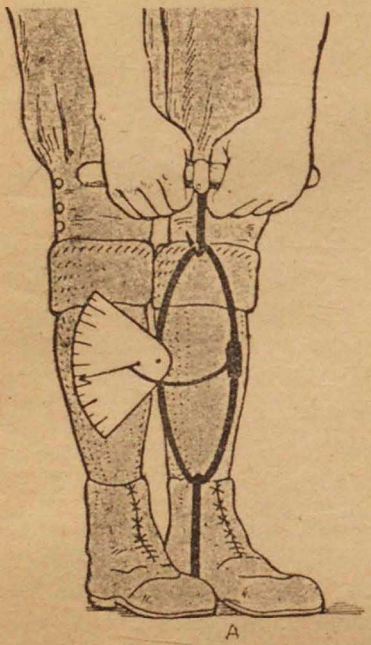


Рис. 67. Измерение силы поясницы.

**§ 76. Мышечная сила. Абсолютная сила.** — Мы видели, что мышечная сила возрастает пропорционально сокращению мышцы; если мы нагрузим мышцу так, что помешаем ей сокращаться, то будем измерять ее абсолютное напряжение. Делается это так: у живого человека выбирается особая мышца, определенной величины; устанавливают, какого рода рычагу она прикреплена; в тот момент, когда достигается реализация условий максимального статического напряжения, измеряют величину последнего. Так, человек, весом в 70 кгм., сидящий на корточках, не сможет подняться, если его придавить тяжестью в 70 кгм. Здесь мы имеем дело с тяжестью в 140 кгм. Для этого случая Германн получил силу в 62,4 грамма на 1 кв. мм. поперечного сечения мышц икры.

Для мышц, сгибающих руку, эта сила будет равняться от 50 до 80 грамм. Жевательная мышца еще сильнее: ее сила доходит до 90—100 грамм на кв. мм. Следовательно, между силой различных мышц есть ясно выраженная разница; средняя величина будет *75 грамм на 1 кв. мм.* Ни один животный организм не в состоянии превзойти эту величину. Очень

крепкие субъекты, например, атлеты, обладающие очень хорошо развитой мускулатурой, могут выдерживать значительное напряжение. По Мануврие, брюшные мышцы знаменитого борца Котч-Мемета имели толщину *в три раза* превышающую обычную. Случалось, что атлеты поднимали каменные глыбы в 350 и даже 380 кгм. (22—24 пуда), а некоторые грузчики (из марсельцев, сицилийцев, турок, тунисцев), могли преодолевать громадные сопротивления. Что же касается басен о чудесах силы, то они представляют из себя только ловкие приемы, «трюки», или шарлатанство.

§ 77. Было сделано много исследований с целью определить максимальную величину напряжения, которое могут развить мышцы человека (мышцы ног, рук, шеи). Эти измерения не отличаются точностью и результаты их не совпадают. Величину напряжения определяли то при помощи *давления*, то при помощи *растягивания*. Кроме того, для этой цели употребляли различные *динамометры*, при чем одни были более удобны для руки, чем другие; наконец, слишком уже велики были индивидуальные различия испытуемых.

Тем не менее, ученым Дезагюлье, Шультце, Грехану удалось получить среднюю величину для силы тяги рук равную *45 кгм.* Мышцы шеи могут выдержать до 200 кгм., не сгибаясь; средняя же величина для них = 150 кгм.

Кетле измерил «становую силу»[1]), при помощи *динамометра* Ренье (см. «Экспер. Технику»): инструмент устанавливается между ступнями испытуемого и прикрепляется к земле; испытуемый, нагибаясь, берется руками за другой его конец и, разгибаясь, вытягивает его. На тысячах опытов Кетле определил «становую силу» и установил ее зависимость от возраста и пола. Вот результаты, полученные им для возрастов между 6-ю и 60-ю годами (см. табл. стр. 128).

Средняя цифра для взрослого человека равняется 150 кгм., для женщины—75 кгм. или половине мужской силы. Старческое уменьшение силы наблюдается, приблизительно, уже

---

[1]) Технику измерений мышечной силы см., напр., в книге М. Г. Уиппла «Руководство к исследованию физической и психической деятельности детей школьного возраста», стр. 79—107 в издании «Мир», 1913 г. *Прим. ред.*

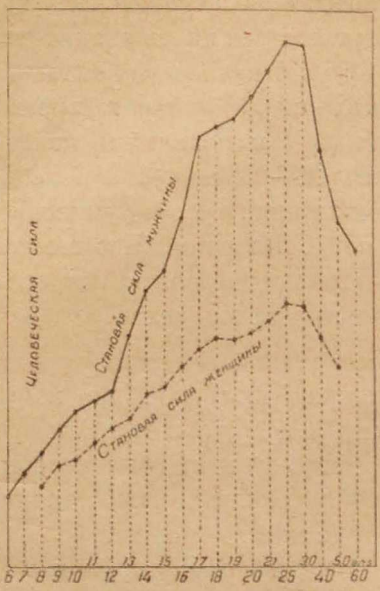



Рис. 68. Изменение становой силы по возрастам.

начиная с 40 лет. Разница между силой мужчины и силой женщины происходит оттого, что мышечная масса в теле мужчины больше, чем в теле женщины, а сами мышцы более приспособлены к своим функциям. То же самое подтверждает опыт: при сжимании рукой (динамометр для сгибания) получается то же самое отношение, равное $\frac{57}{100}$ (по Манувриe). Не менее характерно для мужчины и для характера его мышечных сокращений то, что он производит их быстро, сразу достигая максимальной величины, а женщина медленно (по Ферэ).

**Человеческая сила.**

| Возраст. | Мужчина. | Женщина. | Возраст. | Мужчина. | Женщина. |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 лет. | 20 кгм. | — | 17 лет. | 126 | 64 |
| 7 „ | 27 „ | — | 18 „ | 130 | 67 |
| 8 „ | 33 „ | 24 кгм. | 19 „ | 132 | 67 |
| 9 „ | 40 „ | 30 „ | 20 „ | 138 | 68 |
| 10 „ | 46 „ | 31 „ | 21 „ | 146 | 72 |
| 11 „ | 48 „ | 37 „ | 25 „ | 155 | 77 |
| 12 „ | 51 „ | 40 „ | 30 „ | 154 | 77 |
| 13 „ | 69 „ | 44 „ | 40 „ | 122 | — |
| 14 „ | 81 „ | 50 „ | 50 „ | 101 | 59 |
| 15 „ | 88 „ | 53 „ | 60 „ | 93 | — |
| 16 „ | 102 „ | 59 „ | | | |

График нарастания силы, данный Кетле указывает на замедление в развитии силы между 9 и 13 годами. Григореску, анализируя этот период детства при помощи измерений, произведенных им в школах, констатирует прекращение увеличения силы между 11 и 13 годами. В то время, как для европейцев максимального предела становая сила достигает к 30 годам, у белых американцев (солдат) этот высший предел наступает к 34, а у индейцев к 40 годам (по Гульду).

Он дает след. цифры:

| Белые. | Негры. | Мулаты. | Индейцы. |
|---|---|---|---|
| 144,4 кгм. | 146,7 кгм. | 158,3 кгм. | 159,2 кгм. |

Вейсбах получил цифры для силы сжатия руки у азиатских народов и у негров; в общем, эти цифры страдают неточностью, даже, если рассматривать их как средние величины. Интересно только заметить следующее: все эти измерения, а также и те, которые производились исследователями над различными народностями показывают, что *цивилизованные нации крепче диких*, лучше развиты и, кроме того, лучше выносят физические страдания. Внешние условия или „*среда*“ имеют бесспорное влияние на развитие человеческой силы. Они могут уменьшить или увеличить ее. Поэтому надо обращать особое внимание на среду, где находится человек, тратящий свои силы, а также не забывать об его возрасте.

**§ 78. Периодичность произвольного мышечного сокращения.**—При произвольном сокращении мышца сжимается *периодически*, а сокращение, как истинный тетанус, прерывисто, хотя вздрагивания, из которых оно слагается и ускользают от наблюдения. „Нервное возбуждение“ действует также *периодически*, а не непрерывно. Это быстрое чередование мышечных взрагиваний при произвольном сжимании мышцы было однако зарегистрировано, так что оно не подлежит никакому сомнению; более того это чередование даже производит звук. Вложив, напр., палец в наружный слуховой проход и сильно сокращая двуглавую мышцу плеча можно слышать звук. Число мышечных вздрагиваний достигает здесь приблизительно 50 в секунду. При сокращении жевательной мышцы челюсти, число таких вздрагиваний=60—65,

а у мышц, сгибающих пальцы руки, от 8 до 11, смотря по тому, какой мы возьмем палец и т. д. Произвольное сокращение носит, таким образом, характер *физиологического тетануса*, какова бы ни была скорость этого сокращения, так как, даже два или три вздрагивания мышцы, сливаясь вместе дают тетанус, о котором идет речь. Из нервных центров исходит ряд раздражений, которые соединяют одиночные сокращения мышечных волокон (вздрагивания) в одно большое сокращение, называемое *произвольным*. Тревес доказал кроме того, что ритм этих невидимых вздрагиваний не изменяется, будет ли мышца выдерживать большую или малую тяжесть; одна только *усталость* может изменить этот ритм [1]).

Статическое напряжение, как мы видим по этим данным, сводится по настоящему к вибрирующему движению, т.-е. к внутренней работе. В конце-концов, чтобы создать напряжение, необходимо затратить некоторую работу. Мы видим много примеров этого: 1) если в насос, соединенный с водопроводом, находящимся под большим давлением, мы поместим тяжелый поршень, то он не опустится; ему будет мешать *неподвижный водяной* столб или вернее „работа" воды. Точно также давление водяной струи может держать дверь закрытой; 2) обозначим работу эластичности мышцы при растяжении формулой (§ 42):

$$\zeta = \frac{1}{2}\frac{ESl^2}{L} = \frac{Fl}{2};$$

*Производная* этой работы по отношению к деформации будет:

$$\frac{d\zeta}{dl} = \frac{ESl}{L} = F;$$

Следовательно, напряжение будет производной энергии.

**§ 79.** Когда сокращение мышцы *произвольно*, оно благодаря своему тетаническому характеру, переменно, прерывисто, подобно движению поршня парового цилиндра.

---

[1]) Эти составные сокращения мышцы прекрасно могут быть изучены при помощи струнного гальванометра, в чем мы могли убедиться, работая в 1914—15 году над этим вопросом в Физиолог. Институте Моск. Унив-та.

*Прим. ред.*

Число перебоев может изменяться очень сильно, и соответствует *различным ритмам*. Например, когда человек отдыхает, то сердце его сокращается около 70 раз в минуту; это ритм свойственный только ему.

*Наивысший предел ритма* определен для многих органов: ритм пальцев равен 8 или 9 ударам в секунду, или от 480 до 540 в минуту; это было установлено при помощи электрического регистратора; палец, ударяя по металлической поверхности, замыкает электрический ток; у челюсти наблюдается 360 сокращений; нога может согнуться в минуту 210 раз; большой палец на ноге делает несколько больше движений, чем нога, а именно, около 250 в минуту. Предплечье сгибается от 230 до 240 раз, нога (по направлению к бедру)—120 раз.

Из указанных фактов можно вывести заключение, что быстрее всего работают пальцы, что и подтверждает повседневный опыт; без сомнения также верен вывод, что у каждой мышцы, или у целой группы их есть свойственный только им ритм. Не менее интересны данные о скорости движений сочленений: фаланги пальцев могут сделать не менее 300—400 движений в минуту, кисть—690, локоть—530, плечо—310. Таким образом кисть и локоть, при работе пером или иглой, более подвижны, чем плечо или палец.

Предельные границы скорости движений изменяются с возрастом; от 6 до 16 лет они меняются в отношении 2 : 3. При этом увеличение скорости замедляется между 12 и 13 годами, (это же явление мы наблюдаем также при измерениях веса тела и мышечной силы). Пример сердца, не устающего при 70-ти биениях в минуту, показывает необходимость существования особого среднего темпа, при котором мышца, работая, не будет уставать; это так называемый *нормальный ритм*. Вот несколько цифр, характеризующих ритм *ненагруженных* тяжестью мышц:

| | |
|---|---|
| Предплечье при сгибании | 30— 35 |
| Жевательная мышца | 90—100 |
| Пальцы | 150 |
| Сердце | 70 |

Ниже мы увидим, что нормальный ритм понижается, когда мышцы нагружены. Что касается роста, то

невысокие люди относительно сильнее и быстрее высоких, так как вес уменьшается, как куб, измерения которого выражаются как $l^3$, в то время, как сила уменьшается как квадрат и пропорционально поверхности мышцы. Еще Борелли говорил, что «*чем меньше животное, тем выше оно прыгает*». (*Quo minora sunt animalia eo majoris faciunt saltus*). Жевательная мышца служит очень интересным примером изменения ритма обратно пропорционально росту.

| | | |
|---|---|---|
| Бык . . . . . | 70 | сокращ. в мин. |
| Лошадь. . . . . | 75 | „ „ „ |
| Человек. . . . . | 90—100 | „ „ „ |
| Охотн. собака . . . . . | 102 | „ „ „ |
| Кошка . . . . . | 162 | „ „ „ |
| Кролик . . . . . | 240 | „ „ „ |
| Морская свинка. . . . . | 300 | „ „ „ |
| Белая мышь . . . . . | 350 | „ „ „ |

Тот же закон ясно подтверждается в движениях у различных животных, начиная с орла—от 50 до 60 в минуту, до мухи—около 20000 ударов (Марей). У особей женского пола быстрота, вообще говоря, меньше. Касаясь более существенных причин, определяющих ритм, можно подразделить их на 2 категории: с одной стороны нервное раздражение замедляется, или делается скорее в зависимости от сопротивления, преодолеваемого при движении; с другой—мышечная ткань восстанавливается в моменты отдыха и условия ее возобновления не одинаковы для всех мышц. По Шово, работа восстановления состоит исключительно в возобновлении свойств эластичности материи, в стремлении создать силу эластичности, или силу для сокращения; вся же внутреняя физиологическая работа, никогда не отягощающая живых клеток, подготовляет эту окончательную работу.

§ **80. Подобие машин.**—Изучая машины, часто применяют способ, введенный впервые в науку Ньютоном; о нем в древности смутно знал еще Галилей. Этот способ заключается в использовании подобия (слово „подобие" взято из латинского языка—similis, что значит подобный) и позволяет изучить машину по уменьшенной модели. Так поступают, напр., при изучении *подводных частей* судна, плоскостей аэроплана и т. д. Модели подводных частей судна обычно уменьшены в 16 раз. Предположим, что $L$—*длина* руки статуи, а $l$—длина той же руки, но $y$ уменьшенной модели этой же статуи. Частное $\frac{l}{L} = r$ называют *отношением подобия*. Между двумя *поверхно-*

*стями* это отношение будет очевидно—$r^2$, (§ 64) а между *объемами* оно равняется $r^3$. Следовательно:

$$\frac{s}{S} = r^2; \qquad \frac{v}{V} = r^3;$$

например, поверхность человеческого тела изменяется, как квадрат его длины (роста). Но объем изменяется, как куб; вследствие этого, когда приходится рассматривать последовательно уменьшающиеся величины роста, то объем рассматриваемых тел уменьшается быстрее, чем их поверхность (§ 79); на это мы уже указывали.

Рассматривая две машины, сделанные из одинакового материала, мы найдем между их массами и весом то же отношение, какое мы имели для объема, т.-е. $\frac{m}{M} = r^3$; если материалы, из которых приготовлены машины—неодинаковы, то $\frac{m}{M} = \mu$; эта общая формула для всех случаев.

Способ подобия распространяется также на *движения* машин. Между *промежутками времени* $t$ *и* $T$, необходимых, чтобы описать две подобные фигуры, мы имеем следующее отношение:

$$\frac{t}{T} = \theta.$$

Точно также определяя скорости $u$ и $U$ через $u = \frac{l}{t}$ и $U = \frac{L}{T}$, мы получаем $\frac{u}{U} = \frac{l}{L} \times \frac{T}{t}$ или $\frac{u}{U} = r \times \frac{1}{\theta} = \frac{r}{\theta}$.

Наконец, ускорения $\gamma$ и $\Omega$, выражающиеся, как $\frac{u}{t}$ и $\frac{U}{T}$ будут относиться между собой как: $\frac{U}{u} \times \frac{t}{T}$ или $\frac{\gamma}{\Omega} = \frac{r}{\theta} \times \frac{1}{\theta} = \frac{r}{\theta^2}$.

Следовательно, если две подобные части машины и ее уменьшенной модели, под влиянием сил $f$ и $F$, приняли бы ускорение $\gamma$ и $\Omega$, то мы имели бы: $\frac{f}{F} = \frac{m\gamma}{M\Omega}$, согласно определению (§ 17) откуда:

$$\frac{f}{F} = \mu \times \frac{r^2}{\theta^2} \quad \text{или} \quad \frac{f}{F} = \varphi = \mu \frac{r}{\theta^2};$$

Последнее отношение носит название *закона подобия Ньютона*. Применения его очень просты:

Скорости модели и машины относятся друг к другу, как промежутки времени $\frac{t}{T} = \theta$. Мы выведем $\theta$ из формулы Ньютона, предполагая, что материалы одинаковы. Тогда $\frac{f}{F} = r^3$, а $\mu = r^3$ откуда

$$r^3 = \frac{r^4}{\theta^2} \quad \text{или} \quad \theta = \sqrt{r},$$

отношение скоростей равняется корню квадратному из отношения размеров. Следовательно:

$$\frac{u}{U} = 0 = \sqrt{r}$$

например, скорости сокращения мышц или ритм (§ 79) при сравнении взрослого человека ростом в 169 см. с ребенком в 144 см. будут так относиться друг к другу:

$$\sqrt{\frac{144}{169}} = 0{,}923.$$

Следовательно, скорость уменьшается довольно медленно по сравнению с ростом. Исследуем давление производимое, хотя бы такой силой, как давление пара; она пропорционально поверхности, на которую она давит, другими словами $= r^2$. Следовательно:

$$\frac{f}{s} = \frac{F}{S} = \frac{r^3}{r^2} = r;$$

Таким образом, напряжения испытываемое единицей поверхности находятся между собой в отношении подобном. Если мы сравним мышечные силы, безотносительно к поверхности мышц, мы можем написать:

$$\frac{f}{F} = r^3 \text{ или } \left(\frac{144}{169}\right)^3 = 0{,}618.$$

И так как веса субъектов относятся, как $\frac{m}{M} = r^3$, то ясно что:

$$\frac{f}{F} = \frac{m}{M} = 0{,}618.$$

Мышечные силы пропорциональны весу субъектов или равны частному от разделенных друг на друга измерений их роста взятых в кубе. Собственно говоря, способ подобия здесь несколько неуместен и это происходит, главным образом, благодаря различию одного и того же органического материала, взятого в различном возрасте.

Применение закона Ньютона требует большой осторожности. Мы позволим себе утверждать, что, прежде всего, следует отправляться от опыта, как мы всегда это рекомендовали. Только путем опыта Мартин в 1720 году определил отношение между мышечными силами, равное $\frac{f}{F} = r^4$. Отношение сил равно отношению величин роста взятому в четвертой степени; это отношение больше отвечает данным опыта, чем то, которое мы вывели из формулы Ньютона.

**§ 83. Питание, горючий материал.** Всякий двигатель, чтобы функционировать и производить работу, должен получить топливо. Он питается благодаря источнику энергии и, если хотят, чтобы он был всегда «под парами» и был бы готов

каждый момент начать работу, то необходимо, чтобы приток энергии были постоянным. (Пример: паровая машина).

В тепловых двигателях *израсходованная энергия* по природе своей *теплотворна*; она выделяется в процессе горения *содержащих углерод* веществ: каменного угля, керосина, бензина, спирта и т. д. Всякое горение неизбежно дает тепло, оно *экзотермично*. Так, один грамм каменного угля при горении в открытом пространстве дает, в среднем, 7,5 больших калорий (Cal).

Но материал для горения, это только один из его факторов; другим фактором является кислород,—сжигающий газ, содержащийся в воздухе (21%, по объему). Следовательно, в топке необходимо одновременно иметь как горючий материал, так и этот газ и иметь его постоянно и в достаточном количестве, чтобы двигатель не останавливался.

Соединение с кислородом или *окисление*—явление вообще очень быстрое, бурное и сопровождаемое пламенем; это горение дает много тепла в очень короткое время, и, следовательно, сильно поднимает температуру.

В живом двигателе горючим материалом является *пища*, а горение в нем носит название *питания*. Все те превращения пищи, которые отмечают движения ее в человеческом организме объединяются, под названием *метаболизма*. Не следует делать никакой разницы между горением угля в камине и сгоранием пищи в наших клетках. Если бы каменный уголь мог гореть в нашем теле, он давал бы столько же тепла, сколько он выделяет под котлом в топке. Если бы спирт окислялся в наших органах, он освобождал бы столько же тепла, сколько он дает его в карбюраторе автомобиля.

Эта сторона вопроса, о которой давно уже начался спор в ученом мире, выяснена теперь окончательно. Всякое горение, происходящее внутри организма и все остальные любые виды горения однородны, они представляют из себя окисление.

Однако органическое окисление протекает *медленно* и не сопровождается ни пламенем, ни сколько-нибудь значительным повышением температуры. Достаточно отметить, что оно происходит у всех живых особей—животных и растений при всякой температуре, а у человека при температуре в

37° С. Это необычайное явление, медленная реакция протекающая при низкой температуре, объясняется присутствием окислителей в живой ткани. Задача их—помогать растворению, или, может-быть, придавать такое же небольшое количество энергии, какое искра приносит с собой, взрывая порох. Эти ферменты—оксидазы можно изолировать, но состав их остается невыясненным до сих пор.

§ 82. Основное свойство реакций во всем организме—их *экзотермичность*—беспорно, и существование горения в клетках также не подлежит сомнению; тем не менее есть одно основное различие между живыми организмами и всякими другими источниками тепла. Для последних горючий материал—*«пища» безразличен, лишь бы он горел.* В живом организме дело обстоит не так: *пищей не может служить то, чего не могут ассимилировать, переработать известным образом клетки.* Организм делает себе из горючего материала запас, и таким образом он может выносить медленное окисление.

Если организм не в состоянии отложить какое-нибудь вещество в запас, он его отбрасывает, для него оно не может быть пищей.

Этот основной был факт доказан сначала на опыте, а потом был обнаружен во время *воздержания от пищи*; в этом случае можно было наблюдать субъекта, взрослого человека, живущего за счет вещества своего собственного тела; другими словами, этот организм выделял теплоту и производил работу, не прибегая к помощи извне в виде пищи.

В то время, как ткани нашего тела образуют в себе в большой степени запас питательных веществ, пища является необходимым приходом, восстанавливающим расходы и увеличивающим первоначальный запас сил. В этом смысле справедливы слова Клода Бернара: «Мышцы,—это постоянно обновляющаяся машина», а также фраза Шово: «Энергию употребляемую на физиологическую работу организма мы получаем не из того, что мы едим в данный момент, а из потенциального запаса образованного *предыдущим питанием*». Из этой относительной независимости организма от питания данного момента вытекает более правильное его функционирование, жизнь без неровностей, защищенная от такого расхода сил, который бы роковым оказался для действующих двигателей, остановив всю их работу.

Предварительная переработка пищи, без которой не было бы правильного питания и энергии, ее утилизация, это то, что мы обозначили выражением «*физиологическая работа*» или «*физиологическая энергия*» (А. Шово).

Физиологическая работа объединяет все существенные жизненные реакции, в каком бы состоянии не находились мышцы, в активном или пассивном (отдыхающем). У человека эта глубокая внутренняя работа требует условий уже определенных нами по отношению к живой материи (§ 53), а именно: теплоты, кислорода, влаги и пищи.

Температура человеческого тела обеспечена экзотермическими явлениями в организме, течению которых она, в свою очередь, всячески способствует.

Кровь служит проводником для кислорода, которым она насыщается в легких. В теле человека содержится около 60% воды, из которой ежедневно (без работы) теряется от 2-х до 3-х килограммов. Недостаток воды создавал бы серьезную опасность, затрудняя дыхание и сердечную работу и отражаясь сильно на деятельности нервной системы. Что касается пищи (о ней мы будем говорить подробно в дальнейшем), то организму нужны *минеральные* и особенно *морские соли*; последние регулируют концентрацию органических жидкостей, в которых живут наши клетки. Они придают желудочному соку свойственную ему кислотность, и, совместно с водой; помогают тканям сохранять свою эластичность. *Известковые соли* (фосфорно-кислые и углекислые) укрепляют скелет в период его роста и участвуют в физико-химических жизненных процессах. Все изложенное настолько отвечает истине, что недостаток или отсутствие солей (солевое истощение) влечет за собой роковые последствия и отражается на нервной системе. Наконец, роль других минеральных веществ может быть сведена к значению *возбудителей клеток*; работа этих возбудителей в жизни микроорганизмов безусловна. К их числу относится железо, магний, цинк и т. д. Человеку в день необходимо от 25 до 30 граммов морской соли, которую он, как и прочие соли, находит в своей пище.

Отмечая, *материальное* значение различных веществ, о которых мы сейчас говорили (вода, соль), мы будем настаивать на том, что это не истинная *пища* и не горючий мате-

риал. Как бы полезны и необходимы они ни были, к энергии человеческого тела они ничего не прибавляют, и мы повторяем, что пищей называется лишь такое тело, которое способно создать запас в клетках, чтобы потом выявиться в виде энергии.

У некоторых народов существовала привычка поглощать землистые и совершенно не питательные вещества. Эта, так называемая *геофагия*, встречается в Сенегалии, Новой Каледонии, Калькуте, Персии, Боливии, Южной Америки и Яве.

В Испании наблюдали даже людей, евших «алькаразассы» (глиняные сосуды для охлаждения воды). Женщины расчитывали добиться этим путем безукоризненно белого цвета кожи. Было бы основательнее считать, что геофагия есть искусственное увеличение механического возбуждения пищеварения, достигаемое введением твердых тел в организм; такое, именно, явление наблюдается у птиц. По доктору Бодуэню, геофагия была у первобытного человека, что ясно видно по следам и повреждениям на его зубах.

Для устранения мучительного чувства голода люди набивают себе желудки даже такими, заведомо негодными в пищу веществами, как глина, что многократно замечалось во время ужасного голода в Поволжьи в 1921—1922 г.г.

*(Прим. ред.).*

**§ 83. Классификация пищевых веществ.** Наши пищевые вещества имеют большей частью сложный состав, например, хлеб состоит из крахмала и клейковины. Составные части пищи могут быть разбиты по своему составу на три основные группы: одни из них подобные сахару и крахмалу содержат углерод в соединении с кислородом и водородом (в той же пропорции, как в воде) и называются поэтому *углеводами*.

Вторая группа веществ—*жиры* содержат в значительном количестве *водород* и включает в себе масла и жиры.

Наконец, к третьей группе пищевых веществ мы относим вещества, содержащие, помимо вышеуказанных элементов, еще и азот; эти вещества мы называем *белками*, *азотистыми* веществами или *альбуминоидами*.

Вещество, сгорающее в теле человека, выделяет при этом некоторое количество тепла, различное для разных веществ;

*теплотой сгорания* мы называем число калорий, выделенных при сгорании одного грамма. Эти цифры можно получить из опыта, сжигая отвешенное количество вещества в кислороде в специальном аппарате (калориметрической бомбе Бертло или Фери). Сгорание при этом происходит полное. Однако же нам известно, что в организме реакции не так быстры и сгорание не полно, т. к. помимо того, что после сгорания получаются вещества, способные выделять еще некоторое количество энергии, в пищеварительном тракте не вся пища всасывается. Поэтому всякое пищевое вещество или смесь их имеют свой *коэффициент усвояемости*, под которым мы понимаем отношение количества действительно всосанного к количеству принятого в пищу. Так, например, белки усваиваются не полностью и превращаются в организме почти исключительно в *мочевину*, могущую выделить (при сгорании в калориметрической бомбе) еще некоторое количество энергии и, следовательно, сгорание белков в организме является *неполным*.

Принимая все это во внимание, мы приходим к выводу, что калорическая стоимость пищевых веществ во всяком случае ниже их теплоты сгорания; первая величина получается из опытов и прямых измерений, производимых над человеком и животными.

**§ 84. Виды пищевых веществ.** 1) *Углеводы*. К ним принадлежат крахмал, целлюлоза, декстрин, сахара, гликоген, растительный клей и слизь. Они встречаются в изобилии в картофеле, в рисе и мучных продуктах. Они употребляются в пищу в неизмененном виде (сахар) или в почти неизмененном (мед, сироп).

*Коэффициент усвояемости* углеводов колеблется от 0,9 до 1, а калорическая стоимость равна 4,1 больших калорий на 1 грамм.

2) *Жиры* — растительные и животные масла и жирные части животных и растений представляют собою соединение жирной кислоты с глицерином; так, например, *стеарин* есть соединение стеариновой кислоты и глицерина[1]). *Коэффици-*

[1]) Глицерин, как известно, есть трехатомный спирт и имеет формулу:

$$CH_2OH — CHOH — CH_2OH.$$

*(Прим. ред.)*

*ент* усвояемости жиров колеблется от 0,90 до 0,97. Калорическая стоимость равна, в среднем, 9,1 калорий. При равном весе жиры являются веществами, имеющими наибольшую теплоту сгорания.

3) *Белки*. Эти вещества, примером которых может служить белок куриного яйца, содержатся в молоке (казеин), сыре, мясе, фасоли, перце, чечевице (легумин) и т. п. Они состоят из 4 и более элементов с обязательным участием *азота*. Живая материя — протоплазма — представляет собою по преимуществу, азотистое соединение; *коэффициент* усвояемости белков колеблется между 0,68 и 0,98, в зависимости от рода пищи; в веществах растительного происхождения он *меньше*; в среднем же он равен 0,91.

Один грамм белка дает при сгорании 4,1 калории, т.-е. столько же, сколько и один грамм углеводов.

Теперь сравним калорическую стоимость одного грамма пищи при сгорании внутри организма с теплотами сгорания по Бертло и Андрэ.

| Пищевые вещества. | Калоричес. стоимость. | Теплота сгорания. |
|---|---|---|
| 1 грамм углеводов . . . . . | 4,10 кал. | 4,20 кал. |
| 1 грамм жиров . . . . . | 9,10 „ | 9,40 „ |
| 1 грамм белков . . . . . | 4,10 „ | 4,75 „ |

Рубнер дает следующие цифры для калорической стоимости: 4,1; 9,3; 4,1;

Этуотер и Бриан: 4 кал.; 8,9; 4,75 калорий.

С другой стороны, Этуотер и его сотрудники определили теплоту сгорания внутри организма смеси пищевых веществ, при чем для 1 грамма углеводов она оказалась равной 4,1, для жиров 9,4 и для белков 4,4. Эти цифры были вновь подтверждены японским ученым Кинтаро Ошима, который исправил только цифру для углеводов, заменив 4,1 цифрой несколько большей 4,2. Все эти опыты показывают, что белки, сгорая в организме до мочевины, развивают меньше тепла, чем это следует по Бертло.

Делая сводку всех приведенных выше данных и основываясь, главным образом, на исследованиях Этуотера, мы составляем след. таблицу:

| | Углеводы. | Жиры. | Белки. |
|---|---|---|---|
| Теплоты сгорания . . . . . | 4,15 | 9,40 | 4,40 |
| Калорическая стоимость . . . . | 4,10 | 9,10 | 4,10 |
| Коэффициенты усвояемости . . | 0,98 | 0,95 | 0,91 |

**§ 85. Место сгорания пищи в организме.** Пища поглощается человеком, перерабатывается и воспринимается его клетками, к которым она подвозится кровью: это есть ассимиляция; фиксируется пища по преимуществу органами движения— мышцами. Во всех клетках, куда кровь доставляет питательные вещества, происходит сгорание последних, т.-е. соединение их с *кислородом*, доставленным тою же кровью. Это сгорание происходит *внутри клеток*. У живых существ затрата энергии происходит и в состоянии *полного покоя*, а у животных она усиливается во время работы, представляя в то же время *источник* последней. Сгорание и использование пищевых веществ называется *дезассимиляцией* и происходит в том же клеточном очаге. Каким образом кислород, подвезенный *красными кровяными шариками*, соединяется с питательными веществами находящимися в клетке? На этот чрезвычайно интересный вопрос мы до сих пор не имеем точного ответа; этот процесс мы представляем себе так: молекулы кислорода и *стереохимически* расположенные молекулы сгораемых веществ вступают в связь благодаря *повышенной химической силе* или *сродству* (§ 31); составная часть красных кровяных шариков, называемая *гемоглобином*, отдает легко свой рыхло связанный кислород, выделяющийся в результате диссоциации in statu nascendi (в момент образования), т.-е. в более активной, чем обычно, форме.

## ГЛАВА III.

## Питание и расход энергии.

**§ 86. Пищевые рационы.** Называют *пищевым рационом* определенное количество пищи. Рацион может быть чистым или смешанным в зависимости от того, входит ли в его состав одно или несколько пищевых веществ. Калорическая стоимость вычисляется путем сложения калорических стоимо-

стей его составных частей; так, например, рацион, состоящий из 100 грамм хлеба и 100 грамм сухой фасоли, дает:

| | | | |
|---|---|---|---|
| углеводы. . . . . | 107,26 гр. | соотв. | 439,77 кал. |
| жиры . . . . . | 1,60 „ | „ | 14,56 „ |
| белки . . . . . | 28,23 „ | „ | 115,75 „ |
| Калор. стоимость рациона равна . . | | | 570,08 кал. |

Для облегчения вычисления энергетической стоимости различных рационов были составлены таблицы, дающие одновременно состав этих веществ и их калорическую стоимость и потому имеющие большое значение при практических расчетах. Приводимая в приложении таблица взята из работы Балланда и содержет вещества обычно потребляемые во Франции; таблицы Кенига (см. библ. указ ) относится к продуктам, потребляемым в Германии.

**§ 87. Пищевой рацион.** Изменяя количество пищи, принимаемой в течение 24 часов, мы придем к рациону, при котором вес субъекта не меняется: тело не теряет и не прибавляется в весе; устанавливается *равновесие*. Та часть нашего тела, которая сгорает внутри клеток, соединяясь с кислородом, постоянно пополняется питанием.

Если питание недостаточно, то расход тканей превышает приход питательных веществ: тело теряет в весе.

Если питание обильно, то накопляются запасы: тело прибывает в весе. Вообще говоря, расход энергии в организме зависит почти исключительно от обмена энергии (напр., при мышечной работе), а не от количества воспринимаемой пищи.

На практике легко можно определить пищевой рацион; если субъект ведет правильный образ жизни, то рацион может быть определен в 2 — 3 дня, но, как правило, следует наблюдать 4—5 дней (см. «Экспер. Техника»).

Пищевой рацион, как легко понять, не одинаков для всех людей, так как он зависит от веса тела, различного в разных возрастах и у разных полов; особенно же он зависит от внешней среды и от состояния покоя или деятельности, в котором субъект находится.

1) *Масса тела.* Питание прежде всего должно покрывать расход тканей тела, как неизбежное следствие жизненных процессов. Действительно, постоянно в организме происходит выделение азота с мочею в виде мочевины, кожное

шелушение (14—15 грамм в день) и пищеварение. Поэтому в каждом рационе должен быть *минимум* белков для восполнения потерь тканей в размере 1,0 на кило веса человека в сутки, т.-е. 65—70 граммов для взрослого.

Вопрос о минимуме белков в рационе горячо обсуждался в литературе в течение последних 35 лет.

Читтенден, исследуя в течение многих месяцев учащихся гимнастов и солдат, пришел к выводу, что 0,75 грамма белка на кило веса есть величина, позволяющая сохранить здоровье и даже достигнуть значительного увеличения мышечной силы.

На практике мы расходуем больше белков, чем полагается без особенной от этого пользы. Вообще же говоря, следует ежедневно принимать в пищу около одного грамма белков на килограмм веса тела.

2) *Внешняя среда и двигательная деятельность.* Человек, как животное *гомеотермическое*, вынужден так регулировать температуру своего тела, чтобы она всегда оставалась постоянной. Вероятно является необходимым, чтобы *скорость* реакций внутри организма была бы большой, чего требуют двигательные функции и сама скорость повышается с увеличением температуры. Иначе говоря, неизменная температура тела предполагает в виде необходимого условия *постоянный* калорический режим, при котором организм производит в каждый данный момент как раз столько тепла, сколько он теряет. Но если *внешняя среда* постепенно охлаждается, то и потеря тепла организмом становится больше, так как *лучеиспускание тела*, по закону Ньютона, *увеличивается;* отсюда следует, что для компенсации должно возрастать и производство тепла. Это мы видим и в практической жизни: *зимою* человек принимает пищу в большем количестве, чем *летом*. С другой стороны, даже в покое вегетативные органы пищеварительной, дыхательной и сосудистой систем находятся в активном состоянии; они, выполняя *внутреннюю работу*, превращают тепло в некоторое количество энергии; организм находится „всегда в действии“ и в тепловом равновесии благодаря затрате энергии внутри себя и по отношению к наружной среде, одним словом благодаря *статической* затрате.

Если начинают *работать мышцы сокращаясь*, то требуется для выполнения этой *внешней активности* новая затрата: *динамическая*. Пищевой рацион должен покрывать обе затраты.

**§ 88. Методы определения рационов.** Для одного и того же субъекта в определенных условиях можно определить пищевой рацион, пользуясь двумя способами:

1) *способ пищевого равновесия.*

Кормят человека пищей почти неизменного состава в большем чем обычно, количестве и постепенно уменьшая *количество* пищи приходят к такому рациону, при котором вес тела остается уже *неизменным*. Калорическая стоимость подобного рациона равна суточной энергетической затрате. Но на основании того, что мы сказали выше, ясно, что для успеха опыта необходимо, чтобы внешняя среда не испытывала сильных температурных колебаний и, чтобы субъект находился в покое, — если речь идет о *статической затрате*, или выполнял бы одну и ту же *определенную* работу — если речь идет о *затрате динамической*.

Вследствие этого рассматриваемый метод может применяться при точных расчетах только с большими предосторожностями и, вообще говоря, он употребляется в практике, когда можно удовлетвориться приближенными значениями.

2. *Метод определения кислорода:*

Первый метод был основан на определении количества и качества *горючего вещества*. Вместо этого можно определять количество *сжигающего вещества, т.-е. объем потребленного организмом кислорода*. Это очень просто: заставляя проходить через газовый счетчик выдыхаемый легкими воздух, мы получаем объем воздуха, прошедший через организм за известный промежуток времени, например, за час. Анализ выдыхаемого воздуха указывает на содержание в нем кислорода; разница между этой цифрой и нормальным содержанием кислорода в воздухе (21 *объемный* %) даст нам величину обеднения воздуха кислородом при его прохождении через организм. Считывая показания счетчика, определяют общий объем израсходованного кислорода. Удобное расположение прибора заключается в том, что испытуемый субъект дышет через рот при помощи клапана Шово (рис. 69): воздух вдыхается через *I* и выдыхается через *E*, откуда он по

падает в маленький приемник до того, как попасть в счетчик. Воздух, находящийся в последнем можно проанализировать после опыта (см. «Экспер. техника»). Взрослый человек поглощает в спокойном состоянии 20 литров кислорода (пересчитанных на температуру в 0° и давление в 760 мм.). Расход кислорода сильно увеличивается при работе.

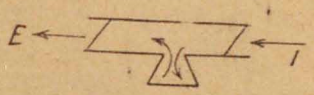


Рис. 69.

Остается узнать, какому *количеству* действительно израсходованной *энергии* соответствует определенный объем поглощенного кислорода. Несомненно, израсходованная энергия пропорциональна массе этого кислорода, и изменяется в зависимости от природы сжигаемого вещества, т.-е. белков, жиров и углеводов.

Путем опыта нашли, что расход энергии равен 4,9 *Cal.* при поглощении одного литра кислорода (0° и 760 мм.).

**§ 89.** Метод определения кислорода ввиду его важности требует более подробного рассмотрения. В самом деле, внутри организма могут сгорать, смотря по обстоятельствам, частицы углеводов, жиров или белков.

Возьмем, например, случай сгорания частицы *глюкозы* (виноградного сахара), имеющей формулу $C_6H_{12}O_6$ и молекулярный вес—180,0 (см. § 18); глюкоза сгорает, превращаясь в углекислоту и воду, при чем выделяется тепло по следующему уравнению:

$$\underbrace{C_6H_{12}O_6}_{180\text{ гр.}} + \underbrace{6O_2}_{192\text{ гр.}} = 6\,CO_2 + 6\,H_2O + 677{,}2\ Cal$$

откуда следует:

1) что 6 объемов кислорода дают 6 объемов углекислоты (и в самом деле, из частицы глюкозы сгорает только углерод); отношение $\frac{CO_2}{O_2} = 1$ (по объему). Это отношение получило название *дыхательного коэффициента.*

Если бы человек питался одним бы сахаром, то его дыхательный коэффициент равнялся бы 1.

2) Один грамм глюкозы развивает при сгорании $\frac{677{,}2}{180} = 3{,}762\ Cal.$

3) Один грамм кислорода занимающий объем в 0,699 *L* (при 0 и 760 мм.): $\frac{677{,}2}{192} = 3{,}527\ Cal$, или 1 литр кислорода — 5,04 *Cal*, и

4) наконец, чтобы сгореть, 1 грамм глюкозы требует $\frac{192}{180}$ грамм кислорода или по объему:

$$\frac{192}{180 \times 1{,}429} = 0{,}746 \text{ литра кислорода.}$$

Рассмотрим теперь другой углевод—*гликоген* ($C_6H_{10}O_5$), содержащийся в мышцах и, особенно, в печени; для него имеем следующее уравнение сгорания:

$$\underbrace{C_6H_{10}O_5}_{162 \text{ гр.}} + \underbrace{6O_2}_{192 \text{ гр.}} = 6\,CO_2 + 5\,H_2O + 684{,}9\,Cal.$$

следовательно, на 1 грамм кислорода приходится 3,56 *Cal*, а на 1 литр 5,08 *Cal*; с другой стороны на 1 грамм потребного гликогена приходится 4.22 *Cal*. Дыхательный коэффициент равен 1, как и для всех углеводов.

Перейдем к рассмотрению сгорания жиров, напр. *триолеина*: $C_{57}H_{104}O_6$; имеем для него след. формулу:

$$\underbrace{C_{57}H_{104}O_6}_{884 \text{ гр.}} + \underbrace{80\,O_2}_{2560 \text{ гр.}} = 57\,CO_2 + 52\,H_2O + 8423\,Cal.$$

Здесь дыхательный коэффициент $\frac{57}{80} = 0{,}712$ ($< 1$) и выделение тепла $\frac{8{,}424}{884} = 9{,}52$ *Cal* на 1 грамм триолеина или

$$\frac{8.423}{2.560} \times 1{,}429 = 4{,}7 \text{ Cal},$$

на 1 литр кислорода (при 0° и 760 мм.).

Если, наконец, мы обратимся к белкам, примером которых может служить *альбумин* Либеркюна $C_{72}H_{112}N_{18}O_{22}S$, то получим:

$$C_{72}H_{112}N_{18}O_{22}S + 77\,O_2 = 9\,CON_2H_4 + 63\,CO_2 + 37\,H_2O + H_2SO_4,$$

при чем образуется 5,691 *Cal* на 1 гр. альбумина; из этой цифры надо вычесть 0,845 *Cal*, приходящихся на образовавшуюся мочевину [1]); после вычитания получим 4,846 *Cal* на 1 гр. вещества или 4,53 *Cal* на 1 литр потребного кислорода. Дыхательный коэффициент

$$\frac{CO_2}{O_2} = \frac{63}{77} = 0{,}818. \ (< 1).$$

Резюмируя приведенные выше теоретические данные, получаем следующую таблицу (данные теплот сгорания получены путем опыта):

| Энергия выделяемая при сгорании в литре. | Углеводы. | Жиры. | Белки. |
|---|---|---|---|
| кислорода при 0 и 760 мм. . . . . | 5,05 *Cal.* | 4,70 *Cal.* | 4,53 *Cal* |
| Дыхательный коэффициент. . . . . | 1,00 | 0,71 | 0,82 |

[1]) Мочевина в организме является конечным продуктом распада белков и, след., запас энергии, в ней заключающийся, следует вычесть из запаса энергии белка (5.691 — 0,845 Ca ). *Прим. ред.*

В действительности, мы не можем точно указать, в каком молекулярном состоянии белки подвергаются окислению, и в какой точно стадии окисление прекращается. Были произведены многочисленные проверки и удалось доказать, что питание углеводами повышает дыхательный коэффициент почти до 1; что питание жирами понижает его до 0,73, в среднем, и, что при белковом питании его величина равна 0,82—0,83. Опыт также показал, что кислород, необходимый для сгорания, поглощается все в возрастающем количестве от углеводов до жиров и белков. Метод изучения обмена энергии при помощи определения потребленного кислорода является весьма чувствительным, и американская школа не могла это выразить лучше, как сказав, что «энергетическая затрата находит в нем свое верное изображение».

**§ 90. Пищевые вещества, действующие на нервную систему.** Выше мы учитывали лишь теплотворную способность пищевых веществ, не рассматривая их действия на организм, который относится к некоторым из них далеко *не безразлично*. Мертвые машины, в отличие от живых, сжигают все, способное развить тепло и для них пища, это — только топливо.

Но существуют вещества, которые действуют непосредственно на живое вещество, на мышечную или нервную ткань животного организма; прием их внутрь сопровождается действиями, имеющими лишь небольшое отношение к их теплотворной способности. Они получили название nervina или веществ *действующих на нервную систему* и, так как некоторые из них обладают теплотворной способностью и вследствие этого могут сберегать от сгорания другие вещества, они иногда называются *пищей сбережения*. Вот некоторые из них: кофе, чай, парагвайский чай, кока, кола, piment, масляная кислота, морская соль, обыкновенный спирт и т. д.

Их действие, по правде сказать, далеко еще не выяснено; большинство из них, уже при слабых дозах, являются *ядовитыми* и вызывают *расстройства в деятельности нервной системы*.

Но некоторые из них играют известную роль в обмене веществ, действуя иногда, как возбудители клеток, подобно цинковым солям в культуре Aspergillus; для лиц систематически потребляющих то или другое из этих веществ последние становятся менее ядовитыми.

Активное начало в кофе (0,5%), чае (2%), орехе кола, парагвайском чае (1,5%), какао есть алкалоид *кофеин* (coffeinum $C_8H_{10}N_4O_2$) происходящий из сходного с ним по строе-

нию *теобромина* ($C_7H_8N_4O_2$), принадлежащего к той же группе мочевой кислоты; в указанных выше продуктах встречаются и другие алкалоиды: *колатин*, *коланин*, *бетаин*, вещества близкие по составу и действию к кофеину.

[Эти вещества действуют возбуждающим образом на *центральную* нервную систему. *Прим. ред.*]

Потребление этих «пищевых веществ», вообще говоря, незначительно, кроме некоторых стран (см. ниже); обычно их употребляют в виде *настоек* или *отваров*.

*Чай*, это сухие листья некоторых растений; он развивает около 3-х калорий тепла на 1 гр.; к группе чаев мы относим также парагвайский чай (называемый иначе чаем иезуитов) и чай Catha Edulis афганистанцев.

*Кофе* и *кока* дают 4 *Cal* на 1 гр. и также распространены, как и чай. Кофе употребляется почти повсеместно, кока очень распространен у перуанцев и жителей Боливии.

Орех Кола, весящий несколько менее 7 гр., очень распространен в Африке, особенно в стране Слоновой Кости; 1 гр. его в сухом виде дает 3,75 *Cal*.

[В орехе Кола (Cola acuminata) содержится 3% коланина. *Прим. ред.*]

Его употребляют в виде настойки, часто смешивая с кока. Иностранцы его жуют и испытывают при этом нервно мышечное возбуждение.

Piment (пряный напиток) представляет собою крепкий на вкус колониальный продукт, содержащий алкалоид-капсицин. Он развивает около 2,75 *Cal* на 1 грамм сухого вещества. Его употребляют в большом количестве в различных частях Африки и Азии.

*Масляная кислота* (acidum butyricum) образуется при медленном окислении масла, которому он придает привкус «прогорклого». Юнг, а позднее Буссиньо установили «*сберегающий*» характер этого вещества. Оно способствует полнению. Поэтому многие народы употребляют масло только в прогорклом состоянии.

*Поваренная соль* (natrium chloratum) участвует в обмене веществ, сохраняя белки, возбуждая секрецию и способствуя пищеварению.

Наконец, обыкновенный или этиловый спирт $C_2H_6O$ содержится во всех бродящих жидкостях; он развивает при сгорании в калориметрической бомбе—7,067 *Cal* на 1 грамм. В большей дозе этот напиток опасен: он входит в ликеры, которые благодаря содержанию сахара и белков, обладают небольшой питательностью.

При оценке различных пищевых веществ, мы задаемся двумя вопросами:

1. Сгорают ли они, выделяя некоторое количество энергии и
2. если же нет, то при какой дозе они ядовиты и при какой дозе, напротив, они являются возбудителями пищеварения и нервно-мышечной системы. Мы впоследствии вернемся к этому вопросу.

**§ 91. Пищевые рационы и энергетическая работа.** Произведенные различными авторами опыты с несомненностью доказали, что принцип сохранения энергии применим и к живым существам. Подвергнутый проверке Hirn'ом (1885 г.), дополненный Rubner'ом (1894 г.) и Chauveau (1899 г.), он был окончательно доказан американской школой Этуотера Работа, выполненная последней весьма велика; полученные ею результаты опубликованы в Бюллетенях №№ 136 (1903), 175 (1907) и 208 (1909) (см. Библ. Указатель).

Методика исследования сводится в общих чертах к следующему: человек помещается в *комнату-калориметр*, имеющий объем в 5 кб. метров, достаточный для пребывания в ней в течение многих часов, конечно, при хорошей вентиляции. В стенах комнаты проложены трубы, по которым циркулирует вода определенной температуры, поглощая выделяемое субъектом тепло; свет проникает в комнату через окно (в одной из стен).

Воздух в комнате сменяется благодаря энергичной вентиляции, а расположенные по пути его счетчики производят *периодическую поверку*. В любой момент по количеству прошедшей по трубам (в стенах) воды и изменению ее температуры, можно точно определить количество *тепла* выделившегося в калориметре. Температура определяется с точностью до 0,01°. По данным анализа газов и по объему прошедшего через калориметр воздуха, можно вычислить вес поглощенного субъектом *кислорода* и выделенной *углекислоты*. Содержание в воздухе воды в виде *водяных паров*, до и после

опыта и вес воды в поглотителях (после выхода из комнаты), дадут нам вес выделенной легкими и кожей воды. Наконец, находящийся в комнате *велосипед с тормозом-эрюметром*, позволяет точно измерять произведенную работу (мы еще вернемся к этому). Экспериментатор может определить и вычислить *энергетическую затрату* человека за определенное время, в состоянии отдыха (статическая затрата) или во время работы (добавочная или динамическая затрата).

Точность аппарата такова, что в статических, главным образом, исследованиях результаты даваемые им почти совпадают, напр., при потреблении спирта, с результатами непосредственного сгорания в калориметрической бомбе. Если надо сличить вычисленную затрату и энергетическую стоимость пищи, то анализируют образцы пищи и определяют их теплоты сгорания, вычтя теплоты сгорания мочи и кала, затем прибегают к уравнениям сгорания и вычисляют вес окисленных белков по весу *мочевины*, содержащейся в *моче*, а вес окисленных жиров, по весу углерода, содержащегося в выдыхаемых газах ($CO_2$), вычтя углерод, полученный из белков. Этуотер предполагает, что углеводы, находящиеся в запасе в клетках, расходуются. Для рационов, содержащих достаточное количество углеводов, этот постулат может считаться доказанным.

Зная качество и количество веществ, употребленных в физиологической работе субъекта, вычисляют точно затрату. Сравнив после опыта измеренную и вычисленную затраты, проверяют *принцип сохранения энергии*. Совпадения результатов оказалось вполне удовлетворительным для множества экспериментов с 6—7 различными субъектами и продолжавшихся от 1 до 4 дней каждый. Напр., в одном опыте при $t°$ калориметрической комнаты в 20° мы имеем (см. табл. стр. 151).

Принятая внутрь пища была смешанной и содержала хлеб, говядину, молоко, масло и бисквиты, а из напитков только слабый кофе.

Статическая затрата, т.-е. затрата энергии в покое у человека ничем не занимающегося в течение суток, только меняющего белье, приготовляющего постель и проводящего время в еде, чтении и письме выражается в 32,56 *Cal* на 1 килограмм веса тела; предыдущая таблица убеждает нас

| Вес субъекта. | Статическая затрата. | | Валовая динамическая затрата. | |
|---|---|---|---|---|
| | Вычисленная. | Измеренная. | Вычисленная. | Измеренная. |
| Килограммы | Калории | Калории | Калории | Калории |
| 65 | 2.119 | 2.113 | 3 559 | 3.544 |
| 70 | 2.279 | 2.283 | 3.892 | 3.861 |
| 70 | 2.305 | 2.337 | „ | „ |
| 76 | 2.357 | 2.397 | 5.143 | 5.135 |
| Ошибка | +0,96% | | −0,43% | |

в этом, так что при температуре в 20° взрослый человек, весом в 65 Kgm статически расходует:

$$32{,}56 \times 65 = 2.120 \ Cal \text{ в день.}$$

Но затрата валовая (статическая + динамическая) изменяется в зависимости от веса субъекта и величины его работы т.-е., по преимуществу, от мышечной деятельности, о которой скоро будет речь.

**§ 92. Анализ энергетической затраты.** 1). По исследованиям американских ученых мы анализируем затраты статическую и валовую динамическую в течение двухчасовых промежутков. В одном из опытов субъект 22 лет крепкого телосложения весил 76 Kgm. При *смешанном* питании и при температуре в 20° нашли следующее (см. табл. на стр. 152).

Из этой таблицы видно, что статическая затрата непостоянна в течение суток; она *меньше всего* между полночью и часом ночи, т.-е. при самом глубоком сне, *ночью*, когда тело вполне отдыхает. В это время затрата энергии равна 145 *Cal* в 2 часа, что составило бы в сутки: 1740 *Cal* для субъекта в 76 Kgm, а для субъекта в 65 Kgm весом: $\frac{1740}{76} \times 65 = 1488 \ Cal.$ Таким образом, при полном покое, когда мышцы находятся в расслабленном состоянии, затрата на 1 кило веса тела $= \frac{1.740}{76} = 22{,}89 \ Cal$ вместо 32,56 *Cal* (среднее за сутки на 1 Kgm), что равняется, приблизительно, 0,7.

*Ночная* затрата (от 19 часов до 7 часов) меньше дневной (от 7 до 19 часов), а именно соответственно она относится

| Часы. | Статич. затрата. | Вода выделенная кожей, почками и легкими. | Выделенная $CO_2$ | Весь поглощенный кислород = 689 гр. |
|---|---|---|---|---|
| 7— 9 | 253,4 *Cal* | 85,50 гр. | 90,2 гр. | Вес мочи: 1421,8 гр. |
| 9—11 | 232,9 „ | 74,50 „ | 73,6 „ | |
| 11—13 | 210,3 „ | 72,20 „ | 66,6 „ | Объем $CO_2$: $\frac{812,1}{1,9769}$ литров. |
| 13—15 | 231,3 „ | 75,80 „ | 85,9 „ | |
| 15—17 | 224,8 „ | 74,70 „ | 70,9 „ | Объем кислорода: $\frac{689}{1,429}$ литров. |
| 17—19 | 216,8 „ | 79,30 „ | 75,2 „ | |
| 19—21 | 219,8 „ | 71,50 „ | 67,6 „ | Дыхательный коэффициент. $\frac{CO_2}{O_2} = 0,853$ |
| 21—23 | 213,0 „ | 74,20 „ | 69,5 „ | |
| 23— 1 | 145,2 „ | 70,80 „ | 59,5 „ | |
| 1— 3 | 154,9 „ | 69,10 „ | 50,2 „ | |
| 3— 5 | 140,4 „ | 63,70 „ | 51,9 „ | |
| 5— 7 | 154,2 „ | 69,70 „ | 51,0 „ | |
| 24 часа. | 2397 *Cal* | 881 гр. | 812,1 гр. | |

к последней как 43 : 57, считая всю затрату в сутки за 100.

Переведя всю статическую затрату на *кислород*, получим: $\frac{2.397 \times 1.429}{689} = 4,97$ *Cal* на 1 литр кислорода (при 0° и 760 мм.).

Все тепло внутриорганического сгорания уходит наружу, вследствие отсутствия работы. Надо учесть и то, что *выдыхаемый воздух*, входя в легкие при 20°, выходит из них нагретым до 37°. Так как *удельная теплоемкость* вещества есть то количество теплоты, которую надо затратить, чтобы 1 грамм его нагрелся на 1° и для воздуха = 0,2374 *Cal*, то перемножив 0,2374 *Cal* на число граммов выдохнутого воздуха ина разницу температур, получим то количество тепла,

которое тело теряет на нагревание выдыхаемого воздуха. Часть тепла идет на нагревание *мочи* (уд. теплоемкость = 1) и *кала* (уд. тепл. = 0,9).

Наконец, на *превращение воды в пар* легкими и кожей затрачивается значительная доля тепла, которая может быть вычислена, приняв в расчет скрытую теплоту парообразования (количество тепла необходимое для того, чтобы 1 грамм воды превратить в 1 грамм *пара* при той температуре).

Реньо нашел для *воды* след. равенство:

$$q = 606{,}5\ cal - 0{,}695\ cal \times t,$$

где $t$ — температура парообразования, а $q$ — теплота, затраченная на парообразование, выраженная в мал. калориях.

В человеческом теле, выдыхаемый воздух уносит с собою водяной пар, образовавшийся при 37° (температура легких),— откуда:

$$q = 606{,}5 - 0{,}695 \times 37 = 580{,}8 \text{ малых калорий.}$$

Надо принять во внимание, что вода, превращающаяся в пар, входит в тело при температуре $t'$ и уже в теле достигает 37°; след. она согревается на $(37 - t')$, поглощая при этом $(37° - t')$ калорий на 1 грамм (уд. теплоемкость = 1). Прибавляя к предыдущему равенству эту величину, получим:

$$q = (606{,}5 - 0{,}695 \times 37) + (37 - t') =$$

$$= 606{,}5 - 37 \cdot (0{,}695 - 1 + t'), \qquad \text{или}$$

$$q = 606{,}5 + 37 \times 0{,}305 - t',$$

приняв температуру выпиваемой воды в 20° ($t'$), получим $q' = 598$ мал. калорий на 1 грамм воды. Таким образом, вычисляют *общую теплоту парообразования*.

Реньо дает более полную формулу, которая приводит в данном случае к 595 малым калориям. Этуотер и Роза принимают, что при охлаждении водяного пара от 37° до 20° выделяется 592 *Cal* или 0,592 *Cal*.

Количество тепла идущее на превращение в пар воды, составляет 20 — 25% всего теплорасхода. В случае, приведенном выше, имеем (выделено воды легкими и кожей 881 гр.) : 0,592 *Cal* × 881 = 521,55 *Cal*.

На основании данных экспериментов с людьми в возрасте от 22 до 34 лет, американские ученые пришли к выводу, что потери, о которых только что было говорено, доходят до 25%; остальная часть, т.-е. 75% энергии уходит на *излучение* поверхностью тела в среде, $t$ которой 20° и на *конвекцию* (нагревание воздуха, движущегося на этой поверхности) (см. § 153).

Может произойти некоторая ошибка в вычислении, если температура тела человека во время опыта изменялась т.-е., если субъект вошел в калориметрическую комнату с $t_1 = 36{,}7°$, а вышел из нее с $t_2 = 37{,}7°$.

При этом его тело *полотило* $0{,}83 \times 65$, считая повышение температуры в 1° (37,7° — 36,7°), уд. теплоемкость человеческого тела в 0,83 и средний вес человека в 65 Kgm. В случае понижения температуры тела на 1° произойдет потеря 54 *Cal*. Но при покое эта последняя мало изменяется и час выхода обычно совпадает с часом входа в комнату.

Во всех случаях температура отмечается каждые 4 минуты при помощи термометра (термоэлемента помещенного в прямую кишку и соединенного с гальванометром, позволяющим различать колебания температуры в 0,01°).

Дневные колебания температуры в прямой кишке человека находящегося в покое и хорошо питающегося, изображены на графике (рис. 70).

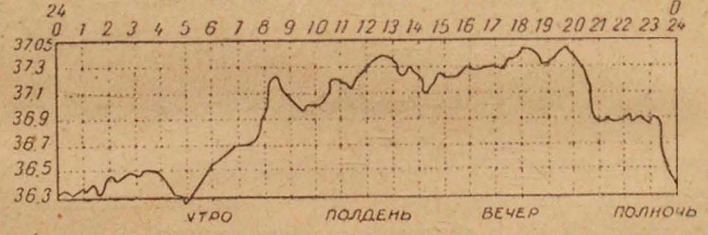



Рис. 70. Кривая температуры человека за сутки.

Измерения статической затраты интересны постольку, поскольку они указывают нам минимальную затрату при отдыхе ночью, в то время как температура тела имеет наименьшее значение; статическая затрата — 1.488 *Cal* в 24 часа, при чем в это число включена затрата на *лучеиспускание* тела и *конвекцию* воздуха в среде с $t = 20°$; но эта величина для человека, одетого в *тонкое хлопчатобумажнео*

*белье* (Этуотер) и покрытого покрывалом мала, хотя ею пренебрегать не следует; назовем ее через $X$ (см. далее вычисление $X$). Затрата — $(1488 - X)$ затрата взрослого человека в совершенном покое; она идет на внутреннюю работу органов дыхания, кровообращения и пищеварения; и это — *минимальная физиологическая затрата*. Напр., взрослый человек, находящийся в среде, имеющей $t = 37°$ при отсутствии испускания тепла тратит в сутки $(1{,}488 - X)$ *Cal*.

§ 93. 2) Дадим, как в предыдущем случае, аналитическую таблицу *валовой динамической затраты* (статическая + динамическая) для уже рассмотренного субъекта при 8-мичасовой работе соответствующей 603,8 *Cal*. Работа производится на *велосипеде с торможением;* принцип действия этого многократного изменяемого аппарата, заключается в том, что заднее колесо, делая полный оборот, вращается между полюсами электромагнита, испытывая при этом сопротивление; в данном случае его работа дает тепло (§ 98) и присоединяющееся к отдаваемому испытуемым теплу в *калориметре*.

Колесо имело 40,5 см. в диаметре (Bull № 208, стр. 12, 1909) и 1 м. 27 см. по окружности; усилие при каждом обороте педали достигало 7,73 килограмма. Полное исследование работы на этом велосипеде было дано Бенедиктом и Кади в Publications 167 de l'Institution Carnegie, Washington, 1912 (не смешивать с „Bulletin").

Сделав подсчеты всех величин, образующих динамическую затрату, нашли (см. табл. на стр. 156).

Эта таблица ясно показывает, что внешняя механическая работа повысила затрату энергии, что после ее прекращения состояние покоя наступает не сразу, а *постепенно*. Одним словом, имеется определенная *скорость жизненных реакций*, которая не принимает своего первоначального значения тотчас же после окончания работы.

Отнесенная к количеству потребленного кислорода, полная энергия дает: $\frac{5176{,}20 \times 1{,}429}{1.558{,}8} = 4{,}75$ *Cal* на 1 литр $O_2$.

Эта цифра несколько отличается от той, которая получена была для состояния покоя; однако, сопоставляя результаты обоих рядов опытов, американские ученые пришли к средней величине — 4,90 *Cal* (§ 98).

| ЧАСЫ. | | Валовая динам. затрата. | Вода выделенная и выдохнутая. | Выделенная углекислота. | Вес всего потребленного кислорода — 1.558,80 граммов. |
|---|---|---|---|---|---|
| День. | 7 — 9 | 464,3 *Cal.* | 242,50 гр. | 164,90 гр. | |
| | 9 — 11 | 785,1 „ | 529,90 „ | 276,50 „ | Вес мочи — 2401,80 граммов: |
| | 11 — 13 | 645,9 „ | 475,00 „ | 241,60 „ | |
| | 13 — 15 | 536,0 „ | 288,80 „ | 154,90 „ | |
| | 15 — 17 | 813,1 „ | 579,40 „ | 283,00 „ | |
| | 17 — 19 | 645,4 „ | 488,60 „ | 215,10 „ | $\frac{CO^2}{O^2} = 0{,}815$; |
| Ночь. | 19 — 21 | 292,6 „ | 125,00 „ | 98,70 „ | Периоды работы: |
| | 21 — 23 | 282,0 „ | 138,40 „ | 91,10 „ | 8 ч. 15 м. — 10 ч. 15 м. = 145,50 *Cal* |
| | 23 — 1 | 193,9 „ | 113,30 „ | 63,30 „ | 10 ч. 30 м. — 12 ч. 30 м. = 145,50 „ |
| | 1 — 3 | 187,3 „ | 119,40 „ | 59,60 „ | 14 ч. — 16 ч. = 154,90 „ |
| | 3 — 5 | 166,2 „ | 102,40 „ | 52,10 „ | 16 ч. 15 м. — 18 ч. 15 м. = 157,90 „ |
| | 5 — 7 | 164,4 „ | 94,90 „ | 58,90 „ | |
| 24 часа. | | 5.176,62 *Cal.* | 3.297,60 гр. | 1.759,70 гр. | 8 часов и 603,80 *Cal.* |

Тепло, идущее на нагревание и превращение воды в пар легкими и кожей, составляет:

$$3297{,}60 \times 0{,}592\ Cal = 1952{,}18\ Cal, \text{ т.-е. } \frac{1952{,}18}{5176{,}20} = 37{,}7\%$$

всей затраты. Эта часть изменяется вместе с изменением величины работы, но не особенно правильно.

Вычтем статическую затрату (2397 *Cal*) из 5196,20 *Cal* (всей затраты при выполнении работы в 603,8 *Cal*); мы получим динамическую затрату:

$$5176{,}2\ Cal - 2397\ Cal = 2779{,}2\ Cal;$$

расход на производство самой работы (603,8 *Cal*) является лишь небольшой частью динамической затраты (2779,2 *Cal*):

$$\frac{603}{2779{,}2} = 21{,}7\%.$$

Температура тела во время работы колеблется в пределах 1°, но тогда как пребывание в калориметрической комнате *повышает на 0,03° в сутки* температуру человека в состоянии покоя, последняя, напротив, понижается на 0,06° в рабочие дни; иными словами, эта температура *имеет наклонность понижаться во время работы*.

В заключение укажем на то, что рацион в 5176 *Cal* необходим в тех случаях, когда работа эквивалентна 603,80 *Cal* или 260000 килограммметров, это — *величина максимальная*, редко достигаемая.

**§ 94. Вещества в сгорающих живых двигателях.** Пищевой рацион обыкновенно бывает смешанным; запасы тела, источники его энергии, его затрат представляют собою смесь жиров, белков и углеводов. Какое либо из этих веществ не может служить *исключительным* источником энергии, потому что организм требует ежедневно, как минимум, 65 грамм белка, которые он расходует из своих запасов даже в случае воздержания от пищи и, наконец, количество усвоенного белка, что самое главное, всегда меньше, чем нужно для покрытия затрат на работу. Это доказали Fick и Vislicenus своим восхождением на гору Faulhorn; по количеству выделенной мочей мочевины было определено количество разложенного белка и последнего оказалось гораздо

меньше, чем это было бы, если бы вся работа восхождения была совершена на счет белка.

*Следовательно*, организм *пользовался, как горючим, не только белком*. Шово, а затем Этуотер (§ 87) подтвердили этот результат; при затрате энергии в 9,314 *Cal*, лишь 478 *Cal* были получены из белковых веществ. Белки редко дают более 500—600 *Cal*, отсюда вывод, что главным источником энергии являются не белки, а жиры и углеводы. Можно ли сказать, что эти последние ведут себя одинаково и расходуются в зависимости от их калорической стоимости. Поясним это на цифровом примере: могут ли 9,40 *Cal* развиваемых одним граммом *запасного* жира быть заменены углеводами, дающими 4,20 *Cal* на 1 грамм, т.-е. $\frac{9,4}{4,20} = 2,24$ гр. углеводов? Если это так, то значит верно положение изодинамии, по которому белки, жиры и углеводы могут заменять друг друга в количествах обратно пропорциональных их теплотам сгорания, т.-е. 4,20 *Cal*, 9,40 *Cal* и 4,75 *Cal*, (по калориметрическим определениям Бертло), что приводит нас к следующей пропорции:

Углеводы 100, жиры 44,7 и белки 88,4.

Однако опыт не всегда подтверждает эти теоретические предположения. Этуотер нашел для белков не 4,75 *Cal*, а 4,40 *Cal* (§ 84) и показал, что для одной и той же работы при возможно одинаковых условиях затрата при углеводах ниже, чем при жирах, или иными словами, что сахарный рацион *более экономичен*, нежели жировой.

Это означает, что число, выражающее калорическую стоимость 1 грамма жира *ниже* теоретически полученного числа. В одном случае было найдено, что вычисление затраты, основанное на применении принципа изодинамии в 7.744 *Cal* жиров включало 667 *Cal*, излишка по сравнению с вычисленной затратой. Принцип изодинамии применим в тех случаях, когда испытуемое лицо находится в покое, когда оно питается смешанной пищей, в *изобилии* содержащей *углеводы* и неприменим, когда испытуемое лицо усиленно работает или недостаточно хорошо питается. Для последних двух условий Шово и Зеегеи нашли, что запасы тела превращаются в нем в *глюкозу* (виноградный сахар) и уже потом сгорают, *как глюкоза*.

Два количества пищи энергетически эквивалентны (равны) друг другу в том случае, если они превращаются в одинаковые по весу количества глюкозы, если они, если можно так выразиться, изоглюкозичны. Принцип *изоглюкозии* дополняет принцип изодинамии, но не противоречит ему.

Что касается уравнений превращения белков, жиров и других веществ в глюкозу, то они еще окончательно не установлены.

1. *Жиры.* Тристеарин $C_{57}H_{110}O_6$ дает:

$$\underbrace{2C_{57}H_{110}O_6}_{1.780\text{ гр.}} + 67O_2 = \underbrace{16C_6H_{12}O_6}_{2.880\text{ гр.}} + 18CO_2 + 14H_2O,$$

т.-е. *1 грамм глюкозы получается из 0,618 гр. жира* и отношение $\frac{CO_2}{O_2} = \frac{18}{67} = 0{,}27$ показывает, что фиксация кислорода в течение этого превращения должна *понижать* дыхательный коэффициент. Это понижение мы отмечаем при *усиленной работе* и во время сна, когда имеет место накопление глюкозы.

2. *Белки. Альбумин* превращаются в глюкозу по след. уравнению:

$$2C_{72}H_{112}N_{18}SO_{22} + 54O_2 + 8H_2O = 18\underbrace{CON_2H_4}_{\text{мочевина}} + \underbrace{14C_6H_{12}O_6}_{2.520\text{ гр.}} + 42CO_2 + 2S,$$

т.-е. 1 грамм глюкозы образуется из 1,28 гр. белков, отношение $\frac{CO_2}{O_2} = 0{,}77$ понижает дыхательный коэффициент равный обычно 0,82. Это понижение наблюдается в случае рациона богатого белками, но недостаточного для производства работы.

3. *Углеводы.* Гликоген, крахмал, присоединяя воду по след. уравнению [1]), дают глюкозу:

$$\underbrace{C_6H_{10}O_5}_{162\text{ гр.}} + H_2O = \underbrace{C_6H_{12}O_6}_{180\text{ гр.}}$$

---

[1]) На самом деле формулы гликогена и крахмала значительно сложнее $(C_6H_{10}O_5)_x$ и $(C_6H_{10}O_5)_y$. *Прим. ред.*

т.-е. 1 грамм глюкозы образуется из 0,9 грамм этих веществ, при чем дыхательный коэффициент не изменяется.

**§ 95. Соотношение между изодинамией и изоглюкозией.** Уравнения сгорания и превращения (в глюкозу) позволяют сравнивать энергетические эквиваленты пищи с 2-х точек зрения, приняв за 1 грамм глюкозы 3,762 *Cal* (§ 89):

| ВЕЩЕСТВА. | Изодинамия. | Изоглюкозия. | Отношение. |
|---|---|---|---|
| Глюкоза . . . . . | 1,00 гр. | 1,00 гр. | 1,00 |
| Углеводы (гликоген, крахмал). . | 0,89 „ | 0,90 „ | 0,99 |
| Белки . . . . . | 0,792 „ | 1,28 „ | 0,62 |
| Жиры (в среднем) . . . . . | 0,402 „ | 0,615 „ | 0,65 |

Белки и жиры суть вещества *дающие больше* (в среднем на $^1/_3$) энергии в случае изодинамии, чем в случае изоглюкозии.

М. Шово убедился (опыт с собакой, которую заставляли производить механическую работу), что расчеты, основанные на изоглюкозии, оказывались правильными; при расчетах же, основанных на изодинамии, собака теряет в весе.

С другой стороны, многочисленные эксперименты Этуотера над людьми показали, что, напр., необходима динамическая затрата 2874 *Cal*, (при механической работе, соответствующей 522 *Cal*) и при богатом углеводами рационе; при рационе, богатом жирами, надо уже 2907 *Cal*. Эта разница в 33 *Cal* показывает, что организм для покрытия расходов энергии превратил жиры в глюкозу, потеряв при этом 33 *Cal*. Разница подобная только что приведенной становится больше, если рацион уменьшается или, когда тело теряет резервные вещества, могущие образовать глюкозу.

Вмешательство этого запаса может внести ошибку в счет в случае, если рацион содержит мало углеводов. Вообще говоря, *печень* является складом гликогена, на счет которого и происходит механическая работа мышц (Клод Бернар). Доказательством этого служит *повышение* дыхательного коэффициента, равного 0,85 *при механической работе*.

Углеводы являются преимущественно *источниками энергии при мышечной работе*.

Вспомним, что энергия химической реакции есть сумма 2-х энергий: свободной энергии, могущей произвести механическую работу и энергии связанной, которая деградируется в теплоту (§ 32); мы рассматриваем углеводы и глюкозу, как источники свободной энергии. Внешняя работа мышцы, внутренняя работа органов использовывают именно эту форму энергии.

Если вся механическая работа умеренна, источником свободной энергии являются углеводы пищи и углеводы, имеющиеся в теле; если же внешняя работа равна 0 и субъект (его внутренние органы) затрачивает *энергетический минимум*, то главную роль играет *изодинамия;* вычисление рационов производится точно по коэффициентам приведенным выше: 4,10 *Cal*, 4,10 и 9,10 *Cal*. Но в случае усиленной работы или когда запасы тела и рацион содержат мало углеводов, приходит на помощь изоглюкозия.

Эти два принципа дополняют и исправляют друг друга и из их сопоставления мы делаем тот вывод, что необходимо снабжать живой двигатель пищей богатой углеводами. Тепловая регуляция, поддерживающая в организме постоянную температуру, использует связанную энергию, получаемую от одного из трех видов пищевых веществ безразлично. Одним словом, существует углеводный минимум.

Рубнер произвел весьма любопытные эксперименты, выключив терморегуляцию помещением животного в среду с $t = 37°$ и, лишив его путем продолжительной голодовки запасов, могущих образовать глюкозу. В условиях опыта он наблюдал, что, если животное в покое затрачивает 100 *Cal*, полученных из *углеводов* для внутренней работы, этой физиологической затраты, то при питании *жирами* оно тратит на 13 *Cal* больше, при питании белками на 31 *Cal* больше.

Итак, в качестве *минимальной физиологической работы*, имеем:

На 100 кал. углеводов—100 кал. своб. энергии.

На 100 » жиров — 13 » связанной энергии и 87 кал. своб. энергии.

На 100 кал. белков—31 кал. связанной энергии и 69 кал. свободной энергии.

Отсюда можно сделать вывод, что 100 калорий свободной энергии, полученных из углеводов, соответствуют $\frac{100 \times 100}{87} = 115$ кал. полученным из жиров и $\frac{100 \times 100}{69} = 145$ кал., полученным из белков.

Рубнер назвал это расточение ($\frac{15}{100}$ в первом случае и $\frac{45}{100}$ во втором) *динамическими специфическими действиями.*

Из этого видно, что *при работе организм использовывает наиболее экономическую форму энергии (углеводную).*

Ж. Вейсс приходит к этому же заключению иным более точным способом: вместо человека он берет для опыта *лягушку*, животное без терморегуляции и дает ей в пищу глюкозу или масло, или обезжиренное мясо (белки); измеряя поглощение кислорода, он получает след. цифры:

100 107 153,

напоминающие «специфические динамические действия» Рубнера.

Этуотер и Бенедикт нашли для человека при производстве 100 калорий энергии поглощение кислорода *натощак* (в данном случае повидимому на счет запасов жира) равным 30,79 гр., а при рационе содержащем 75% углеводов равным 28,88 гр., второе число относится к первому как 100 к 107; для белкового питания подобные опыты не удаются, т. к. не удается его получить в чистом виде до израсходования всех жиров и углеводов (резервных). Но все экспериментаторы пришли к заключению, что излишек белков влечет за собой увеличение поглощения кислорода и Шово мог так резюмировать все изложенное выше: «Поглощение пищи вызывает добавочное поглощение кислорода, указывающее на увеличение энергетической затраты в экономии животного организма: слабое возрастание при углеводах, значительно большее при жирах и достигающее значительных размеров при белках».

**§ 96. Изменение величины энергетической затраты.** Помимо состава пищи, имеются и другие более важные причины изменяющие величину энергетической затраты:

1. *Величина механической работы.*

Влияние этой причины очевидно и вскоре мы это подробно рассмотрим.

2. *Масса тела.*

Масса тела пропорциональна кубу ($r^3$), а поверхность тела квадрату ($r^2$), одного и того же числа и потому человек небольшого роста имеет поверхность тела относительно очень большую и относительно же большой теплорасход, так как лучеиспускание возрастает вместе с ростом поверхности тела.

Поэтому для низкорослых необходимо более усиленно регулировать свою температуру и повысить процессы сгорания; это то, что называется «законом поверхностей». Можно отсюда сделать заключение, что на килограмм своего веса ребенок затрачивает более, чем взрослый. Ниже помещена сравнительная таблица, в которую вошли субъекты, имеющие мышечную массу недостаточную по сравнению с их поверхностью (тучные субъекты), или же большую относительно поверхность (очень худые субъекты); приведенные данные относятся к состоянию покоя.

Все рассматриваемые субъекты—мужчины 30-летнего возраста. Старики (от 69 до 84 лет) затрачивают, в среднем, 28 *Cal* на 1 кгм. веса или же 910 *Cal* на 1 кв. метр поверхности тела. У женщины затрата энергии равна 0,96 затраты мужчин равного веса и того же возраста.

3. *Внешняя среда.*

Тело человека теряет лучеиспусканием тем больше тепла, чем ниже температура среды, и следовательно, вырабатывает больше тепла для компенсирования возросших потерь. Это— *химическая регуляция* (Рубнер); если температура среды выше, чем температура тела, тело не может уменьшить своей затраты ниже *физиологического минимума*, и, страдая от избытка развиваемого тепла, защищается от него активным испарением воды (см. § 92), легочным и кожным: это — *физическая регуляция* Рубнера.

Как та, так и другая очень чувствительны; это объясняется деятельностью *нервных центров*, расположенных в мозгу.

**§ 97. Приспособление работы дыхания к величине энергетической затраты.** Изменение энергетической затраты, т.-е. увеличение количества топлива вызывают соответствующие изменения в сжигателе-кислороде и через легкие проходит более или менее быстрый ток воздуха; число дыханий изменяется (см. § 130). Горючим.

| Вес тела. | Затрата на кг. | На кв. метр поверхности. | АВТОРЫ. | НАБЛЮДЕНИЯ. |
|---|---|---|---|---|
| 109,00 кг. | 19,87 *Cal* | 810 *Cal* | Магнус-Леви. | Субъект в состоянии голодовки. |
| 83,00 „ | 25,24 „ | 920,5 „ | Этуотер. | Субъекты, принимающие пищу и находящиеся в калориметре при 20°. |
| 77,00 „ | 31,64 „ | 1.083,8 „ | „ | |
| 70,00 „ | 32,64 „ | 1.092,0 „ | „ | |
| 65,00 „ | 32,88 „ | 1.072,8 „ | „ | |
| 65,00 „ | 36,25 „ | 1.100,0 „ | Рубнер, Амар. | Субъекты при свободном режиме. |
| 59,4 „ | 37,70 „ | 1.200 „ | „ „ | |
| 52,8 „ | 39,80 „ | 1.220 „ | Камерер. | (Der Stoffwechsel des Kindess. 108; 1894). |
| 41,0 „ | 44,00 „ | 1.321 „ | Рубнер. | (Beitrage zur Ern. in Knabenalter. B. 1902). |
| 38,3 „ | 48,00 „ | 1.254 „ | Зонден и Тигерштедт. | (Scand. Archiv f. Physiol., 1895, p. 215, t. 6). |
| 34,0 „ | 47,40 „ | 1.250 „ | Камерер. | Loc. cit. |
| 32,10 „ | 56,00 „ | 1.391 „ | Зонден и Тигерштедт. | Loc. cit. |
| 26,00 „ | 52,00 „ | 1.290 „ | Рубнер. | Loc. cit. |
| 23,20 „ | 63,00 „ | 1.499 „ | Гельстрем. | Loc. cit. |
| 18,00 „ | 76,70 „ | 1.680 „ | Камерер. | |
| 15,20 „ | 79,00 „ | 1.717 „ | Уффельман. | (Die Hygiene des Kindes, s. 260). |
| 12,20 „ | 81,00 „ | 1.568 „ | „ | |
| 7,60 „ | 75,00 „ | 1.251 „ | Гёбнер и Рубнер. | Moyenne (Z. f. Biol. t. 36 и 38). |
| 5,60 „ | 79,00 „ | 1.170 „ | Камерер. | Loc. cit. |
| 4,40 „ | 100,00 „ | 1.370 „ | „ | |
| 3,20 „ | 81,00 „ | 1.000 „ | „ | |

веществам нашего тела, как и углю, находящемуся за решеткой камина, нужна достаточная тяга, но эта тяга в наших промышленных машинах не может приспособиться ко всем видам топлива. Даже заслонки, регулирующие сгорание топлива, действуют не достаточно гибко. Напротив, у человека и животного поглощение кислорода в совершенстве урегулировано и строго приспособлено к величине необходимой затраты. Воздух циркулирует в нашей дыхательной печи, форма которой увеличивает поверхность соприкосновения кислорода с кровью. Работа дыхательных мышц увеличивается в случае повышения затраты (динамическое состояние) и заметно

**24-х часовой опыт над взрослым субъектом.**

| Тип эксперимента. | Измеренная энергия. | Поглощенный кислород. | Дыхательный коэффициенг. | Калорий на литр кислорода. |
|---|---|---|---|---|
| Воздержание от пищи (запасы жира) | 2197 *Cal.* | 473,60 лит. | 0,727 | 4,638 *Cal.* [1] |
| Рацион с содержанием 50% углеводов . . . . . | 2287 „ | 469.40 „ | 0,862 | 4,872 „ |
| Рацион с содержанием углеводов от 50 до 60% . . . . | 2227 „ | 453,60 „ | 0,887 | 4,909 „ [2] |
| Рацион с содержанием углеводов от 73 до 76% . . . . | 2175 „ | 439,80 „ | 0,937 | 4,945 „ |
| Рацион богатый белками. . . . . | 3570 „ | 737,50 „ | 0,833 | 4,840 „ |
| | 5123 „ | 1058,90 „ | 0,809 | 4,842 „ |
| Рацион богатый углеводами . . . . . | 3699 „ | 757,10 „ | 0,865 | 4,885 „ |
| | 5142 „ | 1025,90 „ | 0,906 | 5,012 „ |
| Недостаточный рацион (расходуются резервные жиры). | 9314 „ | 2032,40 „ | 0,770 | 4,582 „ [1] |

[1]) Из этих цифр выводим среднее: 4,60 *Cal.*

[2]) Эта величина соответствует нашему нормальному рациону.

отражается на величине этой затраты; она фигурирует в общем бюджете организма. Как мы уже говорили, *нервные центры* регулируют деятельность живой машины. Дыхательный центр находится в продолговатом мозгу и работает, обычно, вне контроля головного мозга.

**§ 98. Заключение.** Топливо человеческой машины должно включать в себе белки (в количестве 1 грамма на кило веса тела) и достаточно углеводов, чтобы обеспечить правильность мышечной работы (внешн. и внутр.); но для регулирования температуры, борьбы против холода необходимо разного рода топливо. Однако надо заметить, что жиры, при равном весе, наиболее экзотермичны, т.-е. дают наибольшее количество тепла, а именно: 9,40 *Cal* против 4,15 *Cal* и 4,40 *Cal* (§ 84); они наиболее экономны. Опыт показал, что организм пользуется ими для *производства* тепла (см. § 158); что касается изменения дыхательного коэффициента и поглощения кислорода во время работы и питания, то мы это резюмируем в приведенной на предыдущей странице таблице. Мы высчитываем затрату по объему кислорода из расчета в 4,90 *Cal* на литр (при 0° и 760 мм.) и при *смешанном* питании; если питание *однородно* (одно из 3-х основных пищевых веществ), то тогда следует воспользоваться таблицей на стр. 146; в случае голодания мы принимаем цифру 4,60 *Cal* на литр кислорода.

# ЧАСТЬ ТРЕТЬЯ.

# Человеческая энергия.

## ГЛАВА I.

### Законы энергетического расхода.

**§ 99. Основания.** С точки зрения его полезности энергетический расход соответствует только действительным сокращениям мышц; но часто последние находятся в *сокращенном* состоянии, не производя никакой работы с механической точки зрения; но такое «*статическое усилие*» тетанически сокращенных мышц влечет за собой также расход химической энергии пищи. Сокращение мышцы развивает бо́льшую или меньшую силу, динамически имеющую различные степени скорости и продолжительности; при чем результатом его, как и при статическом усилии является «*усталость*», также различной степени.

Но рассматривая лишь физическую работу, не сопровождающуюся сильною, даже чрезмерною усталостью, мы можем хорошо учесть и оценить величины производимой работы по величинам расхода энергии; увеличивается работа, увеличивается и расход энергии.

При чем в изменениях последней величины мы можем учитывать действие того или другого динамического фактора, как силы, скорости.

Конечно, при этом необходимо не забывать о природе питания; оно не должно изменяться. Законы действия человеческой машины открыты и изучены на вышеизложенном основании М. Шово. Знаменитый ученый посвятил этому изучению около 20 лет; эта, высокой степени, научная ра-

бота имеет и большую практическую важность. Она должна быть отправной точкой для изучения *«профессиональной работы»*.

**§ 100. Законы действия мышц.** 1. *«Статическое усилие»*, необходимое часто для поддерживания тяжести на одной высоте или удержания какого-либо инструмента в неподвижном положении, сопровождается внутренней физиологической работой и влечет за собой необходимый расход энергии.

Для «статического усилия» Шово проверил и установил выражение приведенное выше (§ 72): $F = P(1 + r)$.

Т.-е. расход энергии, как и сила $F$, пропорционален: во-первых, весу поддерживаемой тяжести $P$ и, во-вторых, степени укорачивания мышц $r$. Отсутствие механической работы заставляет всю израсходованную энергию перейти в *тепло*.

Таким образом статическое усилие имеет своим результатом поднятие температуры мышц. Так имеем:

а) При поднятии различных тяжестей бицепсом руки на одну и ту же высоту и удерживании впродолжение различного времени, Шово нашел:

| Удерживаемый вес. | | 1 кило. | 2 кило. | 5 кило. |
|---|---|---|---|---|
| Нагревание | в 2 минуты на . . | 0,17° | 0,32° | 0,98° |
| | в 4 минуты на . . | 0,25° | 0,58° | 1,15° |

В пределах ошибок опыта пропорциональность приростов температуры к весу грузов несомненна. При этих опытах термометр с делениями на сотые части градуса прикладывался к мышцам.

б) При постоянном весе в 2 кило и продолжительности в 2 мин., при изменении угла сгибания от $-40°$ до $+40°$ имеем:

| Углы . . . . . | $-40°$ | $-20°$ | $0°$ | $+20°$ | $+40°$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Нагревание. . . . . | 0,28° | 0,50° | 0,67° | 0,78° | 0,88° |

Вместо нагревания поставим величины потребленного кислорода в кубических сантиметрах:

а) При удерживании различных тяжестей в течение 2 мин:

| Груз . . . . . | $1^2/_3$ кило. | $3^1/_3$ кило. | 5 кило. |
|---|---|---|---|
| Кислород . . . . . | 119 кб. см. | 204 кб. см. | 319 кб. см. |

Здесь мы видим удовлетворительную пропорциональность, при чем расход кислорода представляет разность между величиной потребления его при статическом усилии и при покое.

Перечисляя в калории расход кислорода (4,6 бол. калории на 1 литр $O_2$), имеем: 0,547 кал.; 0,938 кал.; 1,467 кал.

б) Для веса в 5 кило и различных углах сгибания получается:

| Углы . . . . . | — 20° | 0° | + 20° |
|---|---|---|---|
| Избыток кислорода. . . . . | 212 кб. см. | 344 кб. см. | 360 кб. см. |

Положение мышц (силы) на рычаге, удерживающем тяжесть, число мышц, участвующих в статическом усилии, изменяют расход; но при всех равных других условиях, расход пропорционален тяжести и времени действия. В общем, пишем:

$$D_e = K \times P(1 + r), \text{ где}$$

$D_e$—*точный* расход статического усилия (излишка над расходом при отдыхе), $K$—коэффициент пропорциональности.

**§ 101. Динамическое сокращение—работа.** При перемещении тяжести работа мышц может быть *«работой движущей»* (наиболее частый случай), или *«работой сопротивлений»* (замедленное падение); если обозначим $D_d$ динамический расход, то он будет относиться к статическому усилию $D_e$ и действительной работе $\zeta$ следующим образом (по Шово): $D_d = D_e + \zeta$ (в калориях).

Он заметил, что расход, эквивалентный $\zeta$, содержит работу $Ph$ (вес $P$, поднятый или опущенный с высоты $h$), величину трений $R$, которые противодействуют разрыву мышц. И, наконец, $V$—расход на скорость хода. Таким образом уравнение будет иметь вид:

$$D_d = D_e + \zeta = D_e + Ph + R + V;$$

$R$ эквивалентное пассивным сопротивлениям, уже выражено в *«статическом сокращении»* и, с другой стороны, в расходе скорости; $R$ фигурирует в расходе $D_d$: в $D_e$ и $V$.

$$D_d = (D_e - R) + Ph + R + (V - R)$$

или по сокращении:

$$D_d = D_e + Ph + V - R.$$

Такова знаменитая «формула Шово», дающая аналитическое понимание расхода энергии для работы $Ph$.

Все величины, конечно, в формуле выражаются в одних и тех же единицах, в калориях, литрах кислорода или килограмм-метрах.

**§ 102. Доказательство формулы Шово.** Приведенная к 4-м величинам формула Шово не может быть демострирована при случае работы мышц, потому что эти величины не разложимы. Но на случае неодушевленных двигателей Шово и Вейсс показали ее применимость. Так:

*Электрический мотор.* Вес в 10 кило поднимался в течение 1 секунды на вышину 2,5 см. На это израсходовано по данным опыта 17,5 уатт [1]).

Тогда $Ph = 10 \times 0{,}025$, килограмм-метр-2,45 уатт.

Расход электромагнита для достижения возможности перемещения груза достигал 8,5 уатт; это будет $D_e$.

При скорости 2,5 см., пустой (без веса в 10 кило) мотор поглощает 11 уатт $= V$.

Наконец, пуск в ход мотора в пустую $R = 4{,}5$ уатт.

Тогда $D_d = 8{,}5 + 2{,}45 + 11 - 4{,}5 = 17{,}45$ уатт, т.-е. формула оправдывается.

*Водяной двигатель.* Разгоном машины можно здесь пренебречь. Получаем для поднятия на 10 см. грузы в 10 килограммов, со скоростью 0,001 метра, расход энергии $D_d = 63{,}01$. Вычисляя отдельно члены $D_e$, $Ph$ и $V$, находим в сумме, 62,66. Следовательно, имеем достаточное совпадение. Но такое хорошее совпадение результатов вычисленных и наблюденных получается только у «положительной» двигательной работы; при отрицательной работе или работе сопротивления формула не оправдывается.

Если просто изменим знак величины работы $Ph$, то получим

$$D'_d = D_e - Ph + V - R.$$

Говорят, что работа сопротивления приносит энергию. Это согласуется с законом эквивалентности. Мышца, сопротивляясь производству работы, уничтожает живую силу; она переводит ее в теплоту, но не в «полезную» энергию:

---

[1]) Уатт единица мощности, равен приблизительно 0,102 килограмм-метра) по опыту.

Изменение энергии выражается при этом:

$$U = Q - E \text{ или } D'_a = D_c - Ph + V - R.$$

Шово утверждает, что тепловое восстановление имеет место. В самом деле, человек, поднимающийся на особой, употребляемой в каменоломнях, лебедке, будучи помещенным в калориметр, расходует (по кислороду) до 267 калорий на работу в 68 калорий. Калориметр показывает 193 калории. Следовательно, в этой работе движения имеем: $D_a = 193 + 68 = 261$ калорий в согласии с измеренным расходом энергии.

Спускаясь на лебедке, при тех же самых условиях скорости, человек расходует 125 калорий (по кислороду). Калориметр дает 164 калории.

Пишем:

$$U = Q - \zeta$$

или

$$125 = 164 - 68 (= 96 \text{ калорий}).$$

Мы видим, что теплота восстанавливается, но в недостаточном количестве. Оправдывание заставляет желать, чтобы принцип сохранения энергии был применим.

Впрочем, знаменитый физиолог допускает несколько причин ошибок в опыте. Энергетический расход оказывается более слабым в работе сопротивления, чем в работе движения: мышцы нагреваются менее, дыхание не так интенсивно. Более слабый энергетический расход работы сопротивления объясняется тем, что мышца испытывает меньшее усилие в сравнении с работой движения и это с точки зрения превращения ускоренного движения тела, подверженного действию тяжести, в равномерное движение. При свободном падении—нет расхода.

Член $V$ формулы Шово, однако, тем более уменьшен, чем скорее падение. Во всяком случае на свободной энергии мотора получается значительная экономия.

Она оценивается в 30—35% для электрических трамваев.

**§ 103. Дальнейшее изучение формулы Шово; практические результаты.** М. Шово изучал действия скорости и силы на энергетический расход. Человек в 50 кило весом поднимается на лебедке из каменоломни со скоростью 431 метра в час.

Удерживая эту скорость и изменяя тяжесть поднимающегося, получим в час:

| Вес рабочего. | Расход кислорода. | Расход на килограмм-метр. | | |
|---|---|---|---|---|
| 50 кило. | 53,700 кб. см. | 2,49 | | 0,011454 кал. |
| 60 „ | 63,550 „ „ | 2,45 | или | 0,011270 „ |
| 70 „ | 82,650 „ „ | 2,73 | | 0,012558 „ |

Наименьший расход энергии на единицу работы приходится, следовательно, на вес в 60 кило.

Для постоянного веса в 50 кило и различной скорости получаем:

| Скорость в час. | Расход кислорода. | Расход на килограмм-метр. | | |
|---|---|---|---|---|
| 302 метр. | 44 900 кб. см. | 2,97 кб. см. | | 0,013662 кал. |
| 431 „ | 53,400 „ „ | 2,47 | или | 0,011362 „ |
| 554 „ | 60,300 „ „ | 2,17 | | 0,009982 „ |

Наибольшая скорость дает и наибольшую экономию.

То же наблюдаем мы и при работе сопротивления.

Расход на килограмм-метр будет:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Вес увеличивается . . . | 1,41 кб. см. | 1,21 кб. см. | 1,47 кб. см. |
| Скорость возрастает . . | 1,68 „ „ | 1,32 „ „ | 1,12 „ „ |

Сравнивая работы движения и сопротивления, видим, что эта последняя имеет больше преимущества, чем первая при увеличении скорости.

Наоборот, замедляя движение, можно получить такую скорость, что расход энергии будет почти тот же, как при подъеме, так и при спуске.

Человек в 70 кило весом дает следующие результаты:

| Скорость в час. | Расход на килограмм-метр, работа движения. | Работа сопротивления. | Отношение. |
|---|---|---|---|
| 136,80 метр. | 4,30 кб. см. | 3,32 кб. см. | 1,29 |
| 176,50 „ | 3,76 „ „ | 2,18 „ „ | 1,72 |
| 248,70 „ | 3,70 „ „ | 1,82 „ „ | 2,03 |

При скорости 100 метров в час расход энергии для обоих видов работ будет одинаков.

Таким образом видно, что скорость есть фактор экономии, тяжесть же всегда увеличивает расход энергии.

**§ 104. Анализ формулы Шово.** Для первого приближения будем пользоваться формулой с 3-мя членами:

$$D_d = D_e + Ph + V.$$

Посредством остроумного приспособления, Шово заставлял работать предплечье, поднимая различные тяжести с различной скоростью. После каждого сокращения с тяжестью следовало опускание руки (не отягченной). Тяжесть при опускании устранялась.

1. *Изучение* $D_e$ сгибатели сокращаются 13 раз в минуту, удерживая все более и более тяжелые грузы.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Веса. . . . . | 1.5 кило. | 3 кило. | 4,5 кило. | 6 кило. |
| Расход кислорода . . . | 40 кб. см. | 79 кб. см. | 133 кб. см. | 197 кб. см. |

При более частых сокращениях получаем:

| Число сокращений: | 13 | 26 | 39 | 52 |
|---|---|---|---|---|
| Расход кислорода . . . | 1,5 кило. 36 кб. см. | 44 кб. см. | 63 кб. см. | 76 кб. см. |
| | 4,5 „ 96 „ | „ 125 „ | „ 163 „ | „ 187 „ „ |

Этот результат очень интересен; он показывает, что частота пусканий в ход мышечной машины является причиной, увеличивающей расход энергии.

То же было констатировано в трамваях и на железных дорогах многими инженерами.

Нельзя, однако, не признать того факта, пока только предположительно, что действие нерва на мышцу влечет за собой некоторое поглощение кислорода и тем большее, чем больше усилие. Следовательно, большие тяжести еще и с этой точки зрения влекут за собой потерю энергии при пуске в ход мышц.

2. *Изучение* $Ph + V$—работа оценивается количественно членом $Ph$ и качественно $V$. Шово изменял $Ph$, оставляя $h = 4{,}2$ метра постоянным, как и скорость, варьируя тяжесть с 1,5 до 6 кило. При 13-ти сокращениях в минуту тяжесть поднимается на высоту 4,42 метра, что для одного сокращения даст 0,34 метра (обратить внимание на то, что все время идет речь о поднятии 13-ю отдельными последовательными толчками тяжести, а не о сокращениях на полную высоту подъема сразу). Измеряя при этих условиях расход

$D_d$, зная $D_e$, вычисляем $Ph + V$. $D_e$ берется из предыдущих таблиц.

| Перемещаемый вес. | $D_d$ | $D_e$ | $Ph + V$ | Отношение. |
|---|---|---|---|---|
| 1,500 кило. | 99 кб. см. | 40 кб. см. | 59 кб. см. | 1,00 |
| 3,000 „ | 158 „ „ | 79 „ „ | 79 „ „ | или 1,34 |
| 4,500 „ | 241 „ „ | 133 „ „ | 108 „ „ | 1,83 |
| 6,000 „ | 324 „ „ | 197 „ „ | 127 „ „ | 2,15 |

Изменения членов $Ph + V$ менее быстры, чем члена $P$.

Таковые же $D_d$ следуют приблизительно возрастанию веса.

Возьмем теперь вес постоянным и-1,5 кило, увеличиваем число сокращений. Скорость увеличивается как 1 : 2 : 3 : 4. Находим:

| Сокращение. | $D_d$ | $D_e$ | $ph + V$ | Отношение. |
|---|---|---|---|---|
| 13 | 91 кб. см. | 36 кб. см. | 53 кб. см. | 1,00 |
| 26 | 151 „ „ | 44 „ „ | 107 „ „ | или 1,94 |
| 39 | 199 „ „ | 63 „ „ | 136 „ „ | 2,47 |
| 52 | 243 „ „ | 76 „ „ | 167 „ „ | 3,03 |

Как можно было легко предвидеть, повторения, увеличивают расход, но в общем расходе наблюдается экономия, потому что та же самая работа производится с легким грузом и большой скоростью, тогда как в предыдущем случае она производилась с большим грузом и малой скоростью. Этот факт имеет большое практическое значение; он показывает, что **нужно раздроблять большие тяжести и компенсировать такое раздробление большей скоростью.**

Пример: нужно поднять на 6-ой этаж, расположенный на высоте 17,6 метра тяжесть в 6 кило.

Если перенести в один раз, расход равен $324 \times 4 = 1{,}296$ кб. см.
„ „ „ четыре раза по 1,5 кило-$243 \times 4 = 972$ „ „

Экономия . . . . . = 324 кб. см.

или $\frac{324}{1296} = 25\%$ общей затраченной энергии.

Но при этом не нужно забывать, что возвращения в пустую, расходуя энергию, не дают полезной работы; следовательно, слишком большое дробление груза также невыгодно.

**§ 105.** Беря из приведенных таблиц величины $D_d$ для увеличивающихся весов или скоростей, получаем расход энергии на килограмм-метр:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Веса (увеличив) . . . . . | 14,9 кб. см. | 11,9 кб. см. | 12,1 кб. см. | 12,2 кб. см. |
| Скорость (увеличив) . . . | 13,7 „ „ | 11,3 „ „ | 10,0 „ „ | 9,1 „ „ |

Экономия, следовательно, возрастает со скоростью; она достигает оптимальной величины для веса в 3 кило, которая соответствует 11,9 кб. см. (минимуму). Ученик Шово, Лоланье получил для 6 метров вышины (в 75 сек.):

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Веса. . . . | 20 кило. | 40 кило. | 60 кило. | 80 кило. | 100 кило. |
| Расход на килограмм-метр. . . . | 3,32 кб. см. | 2,38 кб. см. | 2,29 кб. см. | 2,08 кб. см. | 2,13 кб. см. |

Минимум расхода при этом приходится на 80 кило при скорости 0,08 м.

Конечно, ясно из этих опытов, что малые шаги менее экономны, чем большие, по причине большого числа пусков в ход ножных мышц.

**§ 106. Случай с работой сопротивления.** Груз вместо поднятия опускается. Изучим измерения $D'_d$ и $v — Ph$ по данным Шово.

| Перемещаемый вес. | $D'_d$. | $D_e$. | $U — Ph$. | |
|---|---|---|---|---|
| 1,5 кило. | 66 см³. | 40 см³. | 26 см³. | 1 |
| 3,0 „ | 131 „ | 79 „ | 52 „ | 2 |
| 4,5 „ | 206 „ | 133 „ | 73 „ | или 2,8 |
| 6,0 „ | 277 „ | 197 „ | 80 „ | 3,07 |

Увеличение работы по изменению скорости даст:

| Сокращения. | $D'_d$. | $D_e$. | $U — Ph$. | |
|---|---|---|---|---|
| 13 | 68 см³. | 36 см³. | 32 см³. | 1 |
| 26 | 114 „ | 44 „ | 70 „ | 2,18 |
| 39 | 161 „ | 69 „ | 98 „ | или 3,09 |
| 52 | 201 „ | 76 „ | 125 „ | 3,90 |

Полученные результаты согласуются с имеющимися для случая работы движения. Скорость и здесь является фактором сбережения энергии.

Расход энергии на килограмм-метр будет:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Тяжесть возрастает . . | 9,9 кб. см. | 9,8 кб. см. | 10,3 кб. см. | 10,4 кб. см. |
| Скорость „ . . | 10,2 „ „ | 8,5 „ „ | 8,09 „ „ | 7,5 „ „ |

Имеем и здесь минимум расхода для веса в 3 кило. Вычисляя экономию, как и в предыдущем случае при спуске 6 кило с 17,6 метра, находим:

Если переносит в 1 раз 6 кило . . 277 см³. × 4 = 1,108 см³.
„ „ по 1.5 кило за раз . 201 „ × 4 = 804 „

Разность = 304 см³.

В процентах: $\frac{308}{1.108} = 27\%$ общей энергии.

Сравнивая работу движения с работой сопротивления, находим, что расходу первой благоприятствует меньшая скорость, чем расходу второй.

**§ 107. Работа, совершаемая при помощи волевых усилий.** Опыты Шово показали нам всю важность *скорости работы*. С другой стороны, видно было, что расход энергии при некоторых условиях нагрузки и усилия переходит через минимум. *По опытам Тревеса* в Италии, на сгибателях предплечья, должно видеть в побеждаемом сопротивлении или перемещаемом грузе, *определяющую причину* усилия. «Это чувство сопротивления, управляющее работой мышцы, так сказать, нервно-двигательное возбуждение». У Шово мы видим, что нервное возбуждение влечет за собой расход энергии, достигающий не менее 2,5% расхода на статическое усилие (§ 104) и при действительной работе необходимо не пренебрегать этой величиной.

*Характерно* для работы, совершаемой при помощи волевых усилий, то, что она всегда максимальна, так как она производится по законам наименьшего расхода энергии. *Но, чтобы* иметь экономический максимум, нужно точно выбрать вполне определенные условия работы, т.-е. усилие и скорость. Мышечное действие происходит периодически благодаря усталости; изыскание абсолютного максимума может относиться только к периоду времени или к последовательности периодов, отделенных промежутками отдыха.

Это изучение, столь важное для промышленного труда было произведено с помощью «эргографов», первый тип ко-

торых дал Моссо (см. «Эксперим. техника»). Принцип эргографа состоит в том, чтобы противопоставить мышцам сопротивление $P$ и записывать их сокращение по графическому методу. Если $h$—высота следа, то работа одного сокращения будет равна $Ph$; $nPh$ = работе за все ее время до усталости; получаем таким образом «эргограмму», с понижающимися амплитудами, следующими друг за другом, смотря по ритму, более или менее быстро.

Ритм сокращений доставляет интервал отдыха, необходимого для восстановления мышцы (см. Усталость § 134). Благодаря этому факту становится понятным, что движения живой машины чередующиеся, между тем как наиболее экономические и регулярные движения наших моторов—вращательные; во вращательных движениях, конечно, невозможно ни органическое восстановление мышц, ни удаление продуктов распада мышечной ткани.

**§ 108.** Посмотрим теперь, что дает эргограмма. Каждая группа мышц производит наибольшую работу для определенной величины тяжести. Изменяя последнюю, изменяем и ритм сокращений, так при ритме 6 раз в минуту и весе в 3 кило, сгибатели среднего пальца могут работать почти бесконечно.

Удвоим тяжесть; тогда необходимо для достижения того же самого результата удвоить отдых. При увеличении отдыха в 4 раза получается наибольшая работа. Но вообще найдено, что продолжительность отдыха, необходимая для восстановления мышцы, увеличивается скорее, чем тяжесть.

Интересно не доводить эргограмму до конца, до усталости, когда амплитуда равна нулю. Например, при тяжести в 3 кило и ритме 30 раз в минуту, произведем 15 последовательных сокращений и отдохнем полчаса, будем иметь работу за весь день равную: 28,164 килограмм-метра (средний палец правой) и 26,855 килограмм-метр. (средний палец левой). Но если доведем эргограмму до конца, а затем отдохнем 2 часа и т. д., то получим работу 13.674 килограммметра (прав.) и 14 742 кил. (лев.) в день. Изменяя тяжесть, находим по полной эргограмме и при ритме в 30 раз в минуту:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Вес . . . . . | 1 | 2 | 4 | 8 кило. |
| Работа. . . . . | 2,24 | 2,66 | 1,90 | 1,04 кгм. |

Оптимум тяжести, следовательно, при 2 кило и ритме 30. Наконец, ритм имеет громадную важность; для той же самой тяжести в 6 кило, ежедневная работа будет 34 килограмм-метра или только 1 килограмм-метр в зависимости от того, будет ли ритм 6 раз или 15. При ритме в 6 раз в минуту работа может быть почти бесконечной, если усилие не превосходит 6 кило.

Предел тяжести совместимый с наибольшей работой должен быть настолько меньший, насколько мышцы будут иметь при работе преимущество, при чем нервы соразмеряют усилие.

Интересно, что в некоторых работах производится усилие прогрессивно уменьшающееся.

Фик уже указал на этот принцип «облегчения», как на условие наибольшей дневной работы. Бликс (Blix, 1895 г.) показал затем, что поднимаемая тяжесть растягивает мышечные фибриллы и побуждает их к лучшей деятельности.

Так видим, что для практики также необходимо работать всегда ниже предела усилия, нужного для максимальной работы. Эта подмаксимальная работа ведет к экономии силы и приготовляет к упражнению с значительными усилиями; она не расточает нервной энергии, но если, вместо облегчения тяжести, напротив, увеличим ее, то необходимо уменьшить ритм сокращений. Роль «добровольности» состоит в достижении наибольшей работы с наименьшей тратой энергии.

**§ 109. Механический и экономический оптимум.** Естественно вывести из предыдущих опытов, что наибольшая дневная работа эта та, которая производится наиболее экономично; Лоланье показывает, что это не так; человек, работавший у него на изобретенном им инструменте (См. Эксперим. техника) поглощал кислорода:

| Тяжесть. | Скорость. | Работа за 5 мин. | Расход кислорода на килограмм-метр |
|---|---|---|---|
| 1 килограмм. | 1,49 метр. | 448 кгм-м. | 3,56 см³. |
| 2 „ | 1,07 „ | 642 „ | 2,44 „ |
| 3 „ | 0,80 „ | 726 „ | 2,18 „ |
| 4 „ | 0,61 „ | 778 „ | 2,16 „ |
| 5 „ | 0,54 „ | 812 „ | 2,21 „ |
| 6 „ | 0,44 „ | 853 „ | 2,26 „ |
| 8 „ | 0,37 „ | 896 „ | 2,44 „ |
| 10 „ | 0,29 „ | 905 „ | 2,86 „ |
| 12 „ | 0,24 „ | 906 „ | 3,12 „ |
| 15 „ | 0,13 „ | 570 „ | 5,31 „ |

*Механический оптимум* 905 килиграмм-метров не соответствует *экономическому* 2,16 см³ на килограмм-метр. Мы увидим то же самое для ходьбы без тяжести. Мышцы обычно работают по привычке, приобретенной опытом или наследственностью, экономя на расходе энергии. Они регулируют свои усилия и скорость работы благодаря действию нервной системы с удивительной точностью.

**§ 110. Наибольшая работа человека.** 1) *Механическая точка зрения.* С промышленной точки зрения, механическая работа оценивается в килограмм-метрах. По выражению Монгольфье, это—оплачиваемая живая сила. Мощность человека определяют величиной произведенной им работы в секунду помноженной на ее продолжительность, т.-е.

$$\zeta = F \times v \times t.$$

Три эти величины могут принимать такие значения, которые дают наибольшую величину для $\zeta$. Геометры и физики (Даниель Бернулли, Эйлер, Кулон) теоретически искали максимум для $F \times v \times t$; Кулон соединил теорию с опытом. *Принцип его опыта* был следующим: хороший рабочий без тяжести может подняться на гору вышиной $H$ в день; это будет работа $P\ H$. С тяжестью $Q$ он мог подняться только на вышину $H'$; следовательно, его работа будет $(P+Q)H'$; имеем уменьшение в $PH-(P+Q).H'$ вызванное тяжестью $Q$. Посредством известного в анализе правила максимума и минимума, Кулон вычислил величину $Q_1$, которая наименее уменьшает дневную работу, т.-е. делает ее максимальной.

Возьмем пример, вычисленный по методу Кулона. Человек весом в 65 кило может подняться на вершину Тенерифа (2923 метра), сделав таким образом в день 189.915 килограмм-метров; *нагруженный* тяжестью в 68 кило он может сделать 105.336 килограмм-метров; уменьшение будет на 84.579 килограмм-метра на взятую тяжесть или $\frac{84.579}{68}$ на кило, или, наконец, $\frac{84.579}{68} \times Q'$ для тяжести $Q'$; обозначим это в буквах: $b \times Q'$, назовем «$a$» работу без тяжести; имеем выражение $a - bQ'$ для возможной работы.

Если *вышина* при этих условиях уменьшилась до $h$, то новое выражение для той же работы будет $(65 \times a') \cdot h$, отсюда равенство:

$$a - bQ' = (65 + Q')h \quad \text{и} \quad h = \frac{a - bQ'}{65 + Q'};$$

Полезная работа будет равна:

$$Q'h = Q' \frac{a - bQ'}{65 + Q'} \quad \text{или} \quad \zeta = Q' \frac{a - bQ'}{P + Q'}.$$

Чтобы иметь максимум $\zeta$, надо изменить $Q'$—и приравнять нулю производную второго члена. Это дает:

$$Q' = P\left[\left(1 + \frac{a}{bP}\right)^{\frac{1}{2}} - 1\right].$$

Заменяя цифрами, получим $Q' = 53$ килограмм и $Qh = 55.350$ килограмм-метров, что дает $h = \frac{55.350}{53}$ и всю работу

$(65 + 53)h = \frac{(65 + 53)\,55.350}{53} = 123232$ кгм-м. Наибольшая работа с тяжестью равна:

$$\frac{123.232}{189.915} = \frac{65}{100}$$ работы без тяжести (около $^2/_3$).

Кулон определил максимальную работу для многих профессий, всегда руководясь опытом и вычислением. Кулон замечает, что при этих работах необходимо иметь сильных работников, исполняющих работу поурочно. Необходимо *прибавить*, что нужно также увеличить количество опытов и пользоваться для вычислений только выведенными из них средними величинами; к сожалению же, Кулон довольствовался всегда одним опытом. Во всяком случае, мы обязаны Кулону подобного рода изысканиями, которые позднее повели к промышленным приложениям Тейлора и Джильбрета (см. ниже).

**§ 111.** Другой метод, открытый Де-ла-Хиром в 1702 г. и развитый Кориолисом в 1829 г., был основан на принципах гидродинамики. Эти ученые предполагали, что жидкость течет в мышцах со скоростью «$u$». Человек веса $Q$ произведет максимум работы со скоростью $V$, и, если он нагружен тяжестью весом $P$, он выполнит ее же со скоростью «$v$»; при допущении,

что усилия пропорциональны квадратам скоростей, вычисление приведет к следующим результатам:

1) Человек производит наибольшую работу, поднимая тяжесть с усилием, равным $^3/_5$ веса собственного тела.

2) Скорость в этих условиях равна $\frac{4}{100}$ таковой же, которая была бы при работе без тяжести.

Вычисление очень просто: пропорциональность усилий квадратам скоростей дает:

$$Q = K(u - v)^2.$$

Наибольшая работа будет в секунду равна:

$$QV = K(u - v)^2 . V, \text{ где } K \text{ постоянная.}$$

Дальше $(Q + P) = K(u - v)^2$ и $(Q + P)v = K(u - v)^2 v$.

Чтобы иметь $QV$ наибольшим, должно иметь $v = \frac{u}{3}$, откуда $Q = \frac{4}{9} Ku^2$.

Чтобы иметь $(Q + P) . v$ наибольшим, должно

$$v = \frac{2}{3}u - \sqrt{\frac{u^2}{9} + \frac{P}{3K}}.$$

Замещая $Q$ величиной $\frac{4}{9} Ku^2$, имеем:

$$v = 0474\, V, \text{ почти } \frac{48}{100} V;$$

С другой стороны, выводим из $(Q + P) = K(u - v)^2$:

$$P = 0{,}597\, Q, \text{ или } P = \frac{3}{5} Q.$$

§ 112. Работа за секунду времени $F \times v$ также имеет максимальную величину, которую многие авторы пытались определить теоретически. Так, по Эйлеру, можно ее представить одной из следующих формул:

$$F = F' \left(1 - \frac{v}{v'}\right)^2 \text{ или } F = F' \left(1 - \frac{v^2}{v'^2}\right);$$

$F'$ и $v'$ сила и скорость наибольшие (абсолютно), которые дают уже всю невозможную работу.

Из первой формулы получаем:

$$v = \frac{v'}{3} \quad \text{или} \quad F = \frac{4}{9} F' \quad \text{и} \quad Fv = \frac{4}{27} F' v';$$

это—максимальная мощность.

Из второй получаем:

$$v = \frac{v'}{2} \quad \text{и} \quad Fv = \frac{3}{8} F' v'$$

Шультц получил при перетаскивании тяжести по земле:

$F'$ = от 48 до 49 кило, а $v'$ = 1,6 метра.

Первая формула дает:

$v$ = 0,53 метра, $Fv$ = 11,500 килограмм-метр.

Опытом найдено, что человек развивает в длительной работе усилие 13,7 кило при скорости 0,76 м.; следовательно, мощность будет 10,4 килограмм-метр согласно теории Эйлера.

Лангсдорф проверил этот результат; он имел:

$v$ = 0,757 м. $F$ = 13,3, где $Fv$ = 10 килограмм-метр.

Первая формула Эйлера, графически представляемая параболой, достаточно правильна.

Но чтобы иметь практическое значение, это отношение должно также заключать в себе и время «$t$».

Обозначив $F_1$, $v_1$ и $t_1$ факторы дневной максимальной работы, получают формулы Машека

$$F = \left(3 - \frac{v}{v_1} - \frac{t}{t_1}\right) \cdot F_1$$

и Герстнера:

$$F = \left(2 - \frac{v}{v_1}\right)\left(2 - \frac{t}{t_1}\right) \cdot F_1.$$

Эти формулы довольно приближенны. Немецкие инженеры принимают, что для восьмичасовой работы нормальное усилие человека представляется третью его собственного веса, 20—25 кило. Мы увидим, что это не так во многих случаях и, что вычисление не может заменить опыта.

**§ 113.** 2) *Энергетическая точка зрения.* Кулон понимал под выражением «усталость» то, что мы теперь понимаем под «энергией».

«Весь вопрос состоит в том,—писал Кулон,—чтобы отыскать различные величины усилия, скорости и времени для одного и того же человека по «равной» усталости с целью получить наибольшую возможную работу». *Но усталость — понятие*, очень трудно определимое. Имеем усталость, если хотите, на первых произведенных килограмм-метрах работы, потому что каждая единица работы оказывает свое действие, часто незначительное, но действующее на организм. При пределе, где человеческие силы отказываются работать, мы имеем уже скорее патологическое, чем физиологическое состояние организма; все степени, предшествующие этому состоянию, не подчинены точному измерению так как *чувство* не есть физическая величина; однако, бесконечно желательно подставить вместо чувства усталости *прямо* оцениваемую величину возможной работы. Это трудно сделать потому, что последняя зависит от многих условий: от качества инструментов рабочего, душевного состояния его и т. д. *Оценка расхода энергии* по поглощенному рабочим кислороду или принятой пище— более достоверный путь для оценки величины мышечной работы, «степени усталости» в каждый момент ее и для сравнения работ, прямым путем несравнимых; физиологические расстройства показывают пределы усталости. Это замечание относительно энергетического метода будет развито нами в VI части «О профессиональной работе».

**§ 114. Ходьба человека. Закон отдыха.** Оценка расхода энергии, свидетельствующая о величине работы, произведенной мышцами, должна быть сделана, когда человек достиг нормального состояния со стороны дыхания и газообмена и т. д. Нормальный ход, с постоянною скоростью, так трудно реализуемой у наших обычных машин, очень скоро достигается у человека, благодаря координации его чувств и движений, тем, что называют «*мускульным чувством*» т.-е., одним словом, благодаря *нервным центрам. Период неуверенности*, ощупывания, «пуска в ход» тем меньше, чем больше человек имел перед этим опыт в данной работе и чем меньше его личное уравнение (см. § 71). *Нормальный* ход продолжается все время, пока усталость не уменьшает

возбудимости мышц; в исключительных случаях эта усталость чувствуется нервными центрами и нарушает координацию. Некоторые черты работы человеческой машины должны быть особо отмечены: они выдаются в общем ходе по своему расходу энергии. Этот расход резко и сразу повышается при пуске человеческой машины в ход; поглощение кислорода в течение двух минут увеличивается относительно количества выделенной углекислоты настолько, что дыхательный коэффициент $\frac{CO_2}{O_2}$ претерпевает понижение на 15%. Потом вентиляция легких становится правильной.

Повторяя несколько раз «пуск в ход» после нескольких промежутков отдыха, наблюдают уже более слабое понижение дыхательного коэффициента. При достигнутом состоянии расход начинает понемногу усиливаться; группы мышц, до сих пор неработавшие, начинают принимать участие в работе-что влечет за собой ускорение химических процессов орга, низма. В конце получаса расход энергии почти правилен и может быть вычисляем, как сказано выше. При остановке работы расход не падает до такого же статического усилия, но продолжается тем дольше, чем интенсивнее была работа.

Дыхательные изменения затем подвергаются пертурбациям в противоположном смысле таковым же при начале работы: углекислота выдыхается в бóльшем количестве, чем поглощается кислорода.

Все эти пертурбации, производящие газовые изменения, ведут к бóльшему выделению углекислоты, чем поглощению кислорода; поэтому при нормальном режиме мы можем всегда полагать, что измерение энергии по кислороду наиболее точно.

§ 115. Ход траты энергии неодинаков в различные часы дня; минимум от 3 до 7 часов утра, для отдыхающего или работающего человека. С другой стороны, введение завтрака поднимает расход энергии в различной степени в зависимости от рода пищи.

Работы Амара по этому вопросу дали следующие результаты:

1. Повышение расхода энергии, следующее за завтраком, прекращается сейчас же, если он состоит из углеводов.

Но расход после завтрака из других продуктов постепенно уменьшается до третьего или четвертого часа.

2. Первоначальное увеличение продолжается до третьего часа, если режим был азотистый, потом следует задержка увеличения.

3. Следовательно, углеводный режим более экономичен, чем белковый, и скорее использовывается.

4. При всех других равных условиях, расход энергии в азоте выше расхода по углеводам. И это не только для работы или отдыха, но также, когда оценивают расход, точно «соответствующий произведенной работе». Одним словом, по цифрам, углеводный режим дает экономию в 4,5% над белковым.

Трудность питания несколько дней только жирами не позволила автору изучить их действие.

**§ 116. Заключение: главные законы.**

1. Работа, сравнительно с простым поддержанием тяжести, вызывает большой расход энергии; при других равных условиях работа движения вызывает бóльший расход, чем работа сопротивления.

2. Получается экономия при более быстрой работе и при дроблении тяжести, а также при коротких, но частых отдыхах.

3. Движения с большим размахом (амплитудой) экономичнее, чем с маленькими, но более часто повторяемыми.

4. В данное время, получается наибольшая работа, если сопротивление мышцам постепенно уменьшается; иначе, если чувство усталости само регулирует усилие мышц.

5. Углеводное питание ведет к 4,5% экономии расхода энергии в день, сравнительно с белковым.

6. Закон отдыха в состоянии определить продолжительность перерывов отдыха, в течение рабочего дня или гимнастических упражнений; этот закон капитален по своему значению, но, к сожалению, его изучение далеко не закончено.

Приложение этих 6 законов к научной организации профессиональной работы должно дать возможность наилучшего использования мышечной силы человека, без вреда для его умственных способностей, поможет *избегнуть нарушения физиологических границ нормальной деятельности.*

# ГЛАВА II.

## Производительность человеческой машины.

**§ 117. Определение.** Производительность есть отношение произведенной машиной механической энергии к энергии израсходованной. Было уже выше объяснено, что промышленная производительность «$r$» (валовая) выводится из отношения утилизованной энергии к энергии общей (статической и динамической); тогда как «чистая» продуктивность $R$ обозначает отношение к только динамической энергии (см. § 51).

$$r = \frac{\zeta}{D_s + D_d} \qquad R = \frac{\zeta}{D_d}$$

Пример: принимаем расход при отдыхе за 100 *Cal* в час, совершая работу в 25.500 кгмм., получаем 60 *Cal* в час.

При чем общий расход = 340 *Cal*.

Тогда $D_s = 100$, $\zeta = 60$,

$$D_d = 240 \text{ и } r = \frac{60}{340} = 17{,}6\%, \quad R = \frac{60}{240} = 25\%.$$

Если мы знаем величину чистой продуктивности (производительности) субъекта, то величина его расхода энергии получается из его работы:

$$\zeta = R \times D_d.$$

Чтобы иметь $D_d$, измеряют поглощение кислорода при отдыхе, а затем во время нормальной работы; зная, что литр эквивалентен при этом 4,9 калории, вычисляем израсходованную энергию для $D_s$ и $D_d$ в течение тридцати минут работы. Такой метод наиболее правилен, так как всегда трудно изучать рабочего все время в одном и том же состоянии работы. Придя к некоторому состоянию усталости, работник расходует уже больше статической энергии и нельзя уже основываться на общем валовом расходе $D_s + D_d$ для вычисления его работы; иначе «$r$», как мы увидим далее, очень изменчиво, много более, чем чистая производительность. *Но прежде определим* точно величины, отношение которых дает

чистую и валовую производительность. Механически, полезная работа, промышленный эффект, величина часто вычисляемая без затруднения, например, работа поднятия на гору, лестницу, есть произведение веса тела (с тяжестью или без нее) на вышину (вертикальную) поднятия; работа велосипедиста есть произведение пройденного пути на пассивное сопротивление вращению, скольжению и т. д.; работа рук или ног—с инструментами, работа движения, измеримы с бо́льшей или меньшей точностью и трудностью, смотря по роду работ. В сложных движениях задача становится трудной, тем более, что статическое усилие рабочего ускользает от измерения, особенно, когда вся мышечная деятельность состоит из статических усилий. *В одной и той же* профессии возможно сравнить величины работ нескольких рабочих, но при различных профессиях это уже невозможно.

§ 118. Нужно сказать, что человеческая деятельность относится более к мышечной работе, чем к механической работе инструмента. Промышленник умеет хорошо учитывать последнюю работу, представляя о первой судить самому рабочему по его чисто субъективным ощущениям усталости. Например, при работе с напильником, произведенная полезная работа есть результат усилия для побеждения сопротивления металла при перемещении напильника. Но в полезную работу не входят усилия для надавливания напильника на обрабатываемый металл, возвращения инструмента, скорость, положение тела работника перед столом, наклон позвоночного столба, напряжение ручных мышц. Все эти многочисленные усилия и мышечные работы изменяют направление и величину, смотря по ремеслу. Но все усилия большие или маленькие требуют расхода энергии и поглощения кислорода; они накладываются друг на друга и определяют величину усталости. Таким образом наибольшая сумма механической работы человека определяется его максимальным расходом энергии. Величины работ двух рабочих относятся друг к другу, как величины их расходов энергии.

§ 119. Эти наблюдения позволяют нам судить о чистой производительности мышц. Пишем:

$$R = \frac{\dot{}}{D_a}.$$

$\zeta$ обозначает, например, произведение $Ph$ (вес человека, поднятого на высоту $h$). $D_a$ не соответствует только одной работе мышц, потому что поднятие увеличивает работу сердца и дыхательных мышц. В круглых цифрах, мы примем, что биения сердца происходят от 72 до 110 ударов в минуту при сильной работе (250.000 кгм. в 8 час.) и объем дыхательного воздуха от 500 до 2000 литров в час. В среднем, из различных авторов, сердце подбрасывает кровь под давлением 0,1 атмосферы на высоту в 1,25 метра; это даст работу:

$$0{,}150 \times 1{,}25 = 0{,}1875 \text{ кгм.}$$

При отдыхе это будет равно $0{,}1875 \times 72 = 13{,}75$ кгм.

При работе же $0{,}1875 \times 110 = 20{,}625$ кгм.,

т.-е. при работе будем иметь излишек в 6,875 кгм. в минуту или в 412,5 кгм. в час.

Для дыхания давление выдыхаемого воздуха изменяется от 0,06 м. до 0,3 м. воды для отдыха и работы; это дает:

$$500 \times 0{,}06 = 30 \text{ кгм-м.}$$

или при работе $2000 \times 0{,}3 = 600$ кгм.

излишек при работе дает 570 кгм. в час.

Для вдыхаемого воздуха также 570 кгм.; следовательно, для всего воздуха $570 \times 2 = 1140$ кгм.

Расход $D_a$ покрывает, наконец, расходы избытков работ различных органов, равных:

$$412 + 1140 = 1552 \text{ кгм. в час.}$$

В точном вычислении работы и производительности нужно прибавить эти 1552 кгм-м. к работе мышц за час и отнести ко всему расходу: производительность будет, следовательно, частное $\frac{\zeta}{D_a}$.

Скорость и действие циркуляции крови и дыхания определяются работой мышц; кровь, несущая кислород приносится

к нервным центрам, управляющим деятельностью сердца и легких. При усиленной работе мышц кровь скорее переносит кислород к нервным центрам и мышцам. Следовательно, здесь мы имеем саморегулирующийся аппарат.

**§ 120. Важное примечание.** При определении величины производительности, как частного полезной работы к израсходованной на нее энергии, мы не различаем работу движения от работы сопротивления. Мы знаем, что вторая механическая равная первой влечет за собой меньший расход. Человек, поднимающийся по лестнице, расходует энергии больше, чем спускаясь по той же самой лестнице. Но при спуске мы можем то более, то менее изменять нашу скорость, тормозить движение, что, конечно, сейчас же изменяет величину расхода. Но продуктивность работы сопротивления есть понятие, лишенное смысла, так как двигатель не доставляет работы; это тяжесть является здесь источником, против которого действуют мышцы совершенно так же, как и в тормозе. Здесь тяжесть помогает работе. Что касается мышечной работы, очевидно, что ее величина менее в том случае, когда тяжесть помогает работе, чем в том, когда тяжесть надо преодолеть, поднять. В том же отношении оказывается меньшей трата энергии. Также принимаем $R$, как величину продуктивности разом для работы движений и для работы сопротивления.

**§ 121. Очерк по производительности.** а) *Употребление тормозного велосипеда.* Сначала мы дадим цифры, найденные американцами в опыте над юношей 23 лет, весом в 76 кило. Его статическая трата энергии $D_s$ была равна 2.397 калориям при 20° (см. § 92). Им были совершены работы от 200.000 до 250.000 килограмм-метров; получены следующие результаты (см. табл. стр. 19).

Среднее $R$ есть 20,5% и $r = 11{,}82\%$. Продолжительность опыта была 8 часов, кроме последнего в 6 часов. Чистая продуктивность была довольно постоянной, но поднималась в некоторых случаях до 23,8%. Во всяком случае $R = 20{,}5\%$ *мало*. По Фрею, это зависит от того, что работающий должен 8 часов сохранять равновесие (статический расход) для сохранения равновесия на велосипеде. Прибавим, что трение ног о педали давало некоторое количество теплоты, регистрировавшейся калориметром, как динамиче-

| Эквивалент работы. | $D_s+D_d$ или $2397+D_d$. | $r=\frac{\zeta}{D_s+D_d}$ | $R=\frac{\zeta}{D_d}$ |
|---|---|---|---|
| 505,75 Кал. | 4764 Кал. | 10,61% | 21,36% |
| 517,82 „ | 5223 „ | 9,09% | 18,32% |
| 547,52 „ | 5205 „ | 10,51% | 19,49% |
| 562,07 „ | 5248 „ | 10,70% | 19,71% |
| 587,33 „ | 5178 „ | 11,34% | 21,12% |
| 594,76 „ | 5215 „ | 11,40% | 21,10% |
| 607,00 „ | 5309 „ | 11,43% | 20,84% |
| 1.481,70 „ | 9314 „ | 15,90% | 21,42% |
| 675,50 „ | 5682 „ | 11,82% | 20,5% |

ский расход. что точность эргометра оставляла желать лучшего и, наконец, что долгое пребывание в калориметре могло быть неблагоприятным для большой работы (§ 93).

С нашим велосипедом с тормозом, который будет описан в «Технике», мы работали, по крайней мере, с сотней привычных рабочих; опыты производились на открытом воздухе; среднее усилие достигало величины 400 грамм и продолжительность не переходила 4 часов для ежедневной работы в 55.600 кгм-м. при нормальном ритме 90—92 удара педалью в минуту. В общем, работали два часа утром и столько же после полудня. При этих благоприятных условиях имели: $R=32,5\%$. Энергия оценивалась по пище, принятой во время отдыха и во время работы.

§ 122. б) *Употребление лебедки со ступеньками.* Рабочий поднимался на особой лебедке (употребляемой в каменоломнях), заключенной в калориметр. Расход энергии оценивался по поглощенному кислороду. Хирн делал также опыты над человеческой термодинамикой, но его измерения, вероятно, неверны. В наших опытах дыхательный коэффициент был равен 0,99; испытуемые питались углеводами. Принимая 5,05 кал. для литра кислорода, мы довольно точно вычисляем расход энергии. М. Шово исправил позднее метод Хирна. Вот цифры последнего:

| | Вес рабочего. | $D_s$. | $D_s + D_d$. | Эквивалент работы. | $R$ %. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 52 кило. | 115,25 *Cal.* | 348,90 *Cal.* | 60,97 *Cal.* | 26,09 |
| | — | 115,25 „ | 311,98 „ | 54,09 „ | 27,49 |
| | — | 115,25 „ | 301,14 „ | 46,09 „ | 24,79 |
| 2 | 61 кило. | 84,02 „ | 446,34 „ | 64,90 „ | 17,91 |
| | — | 89,55 „ | 460,95 „ | 64,58 „ | 17,38 |
| | — | 107,00 „ | 407,34 „ | 54,96 „ | 18,29 |
| 3 | 62 кило. | 108,95 „ | 381,11 „ | 69,96 „ | 25,70 |
| 4 | 73 „ | 95,22 „ | 435,35 „ | 76,59 „ | 22,51 |
| 5 | 85 „ | 115,28 „ | 410,12 „ | 78,42 „ | 26,59 |
| | | | | | 25,35 |

Первый номер и третий (женщины) были молодые люди 18-ти лет, второй номер сам физик Хирн; два последние номера очень сильные и привычные к физическому труду рабочие. Мы видим, что у самого Хирна $R$ сильно упал (до 17%. Тоже наблюдал Этуотер у химиков и, вообще, у людей работающих в лабораториях. Хирн продолжал эти опыты от 40 до 90 минут в калориметре при температуре от 17° до 23°.

Шово нашел при часовой работе чистую продуктивность до 26,4%, но при работе от 8 до 10 минут, в среднем, получил только 20,2%. Так:

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Работа. . . | 35,52 Кал. | 50,47 | 65,09 | 60,74 | 71,06 | |
| $D_d$. . . . . | 206,50 | 245 | 277 | 292 | 380 | Калорий. |
| $R$ . . . . . | 17,50% | 20,60% | 23,50% | 20,80% | 18,70% | |

В общем, предыдущие опыты дают продуктивность в 24—25,6%; по Этуотеру, она равна 25% для полезного действия мышечной работы ног.

**§ 123.** в) *Подъем на горы, ходьба.* Дюма и Буссенго произвели восхождение на Монблан [1]) в 12 часов, при расходе энергии в 2,425 кал.; след., чистая продуктивность:

$$R = \frac{4.810 \times 65}{2,425 \times 425} = 30\%,$$

[1]) Высота Монблана — 4810 метров.

вес поднимающегося—55 кило.

Фик и Вислиценус, при их подъеме на Фульгорн (1,950 м.) вычислили продуктивность в 50%, но данные были несколько спорны (§ 94).

При *ходьбе* Катценштейн получил динамический расход—1,957 см.$^3$ кислорода на килограмм-метр:

$$0{,}001957 \times 4{,}90 \times 425 = 4{,}075 \text{ кгм.}$$

откуда $$R = \frac{1}{4{,}075} = 25\%.$$

Результат согласный с предыдущим получили, Френтцель и Риш на 10 субъектах в среднем, равным 32% (от минимума 28% до максимума 36%).

Несомненно, нижние конечности при привычной своей работе, напр., ходьбе дают *максимум работы и минимум расхода энергии. Так при ходьбе по наклонной плоскости* мы получим $R = 29{,}4\%$.

**§ 124.** д) *Работа мышц руки.* По изучению работы ручных мышц известно немного хороших исследований. Употребление эргографов (§ 119) не позволяет отделить работу движения от работы сопротивления, следовательно, и трата энергии в общем механически неоднородна; нужно сделать исключение для эргографа Халля, позволяющего делать это разделение.

Этуотер и Бенедикт сначала намеревались поднимать груз (5,7 кило) посредством веревки, проходящей через блок и тянущейся рукой, но должны были отказаться от этой идеи, так как работа рук была не равна, благодаря отрицательной работе, замедленному опусканию, измерение которой затруднительно. Поднимая вес на некоторую выщину и затем бросая его, Анрио и Рише вычислили $R = 16\%$ по измерению газообмена, впрочем, без большой точности.

В опытах, к несчастию, очень коротких (от 2 до 5 мин.) и для работы от 560 до 1660 кило на специальном аппарате Лоланье получил чистую продуктивность $R = 21—23\%$.

Арман Готье оценивал динамический расход по пище принимаемой рабочими, при работе в 10 час. за день на водяных помпах. На вышину 10 метров переносилось помпами

15.000 литров, т.-е. работа $\zeta = 15.000 \times 10 = 150.000$ кгм.-м. Небольшие прибавочные работы оценены были в 10.000 кгм.-м.; имеем:

$$D_e = 2.643 \text{ кал.}, \quad D_e + D_d = 4.218 \text{ кал. в 24 час.}$$

$$R = \frac{160.000}{425 \,.\, (4.218 - 2.643)} = 24\% \qquad r = \frac{160\,000}{425 \times 4.218} = 9\%.$$

Эта работа, трудная и продолжительная, имеет много излишних трат (трения помпы, приподнимание туловища 1.200 раз и т. д.), которые автор оценивает в 100.000 килограмм-метр. Наконец, Гейнеман дает для мышц рук $R = 22{,}6\%$.

**§ 125. Вариации производительности.** Опыт Шово показывает влияние скорости и дробления тяжести на величину расхода энергии. Очень важно, что продуктивность улучшается по мере работы. Пример:

Работа в 54.993 кгм-м. на велосипеде с тормозом,

| ВРЕМЯ | Работа. | Чистая производительность. |
|---|---|---|
| 1-ый час. . . . . | 13.748 кгм.-м. | 29,33% |
| 2-ой „ . . . . . | „ „ „ | 31,23% |
| 3-й „ . . . . . | „ „ „ | 33,81% |
| 4-ый „ . . . . . | „ „ „ | 35,03% |
| 4 часа . . . . . | 54,993 „ | в среднем 32,20% |

и, с другой стороны, изменяя скорость

| Скорость в минуту. | | Работа. | Чистая производительность. |
|---|---|---|---|
| I | 70 ударов педали . . . . | 32079 кгм-м. | 25,10% |
| I | 80 ударов педали . . . . | 38592 „ | 26,7 „ |
| I | 90 ударов педали . . . . | 48481 „ | 28,4 „ |
| II | 90 „ „ . . . . | 66661 „ | 30,6 „ |
| II | 100 „ „ . . . . | 71636 „ | 25,8 „ |

Продуктивность растет до 90 ударов, затем понижается. Скорость производит то же самое влияние и на неодушевленные моторы; так, моторы внутреннего сгорания:

| Скорость в минуту. | Эффективная производительность. | |
|---|---|---|
| 400 оборотов. . . . . | 16,1% | Добавим, что увеличение чистой продуктивности зависит от уменьшения тепловых потерь и лучшего использования топлива. |
| 600 „ . . . . . | 18,8 „ | |
| 1000 „ . . . . . | 19,3 „ | |
| 1100 „ . . . . . | 18,4 „ | |
| 1225 „ . . . . . | 15,4 „ | |

М. Вейсс и Шово получили аналогичные данные для водяных двигателей. Аналогия между мышцами и двигателями внутреннего сгорания, как бы ни была она соблазнительна, не может быть принята настолько, чтобы думать, что одна и та же причина ограничивает и здесь и там действие скорости. Необычная величина последней препятствует восстановлению живой ткани и мышечным сокращениям благодаря усталости. В тепловых двигателях это, вероятно, недостаток в подаче газа, недостаточное сгорание, парализующее искомый эффект. Во всяком случае, в пушке Крупп получил продуктивность в 44%, т.-е. выше всех тепловых мащин; конечно, такая продуктивность зависит от быстрого сгорания и малой потери тепла.

Может быть это наблюдение достойно внимания, как приближение к сокращению мышц.

**§ 126.** Изменения продуктивности зависят еще от других причин; в нормальной продолжительной работе, но без чрезвычайной усталости, мышечная фибрилла должна быть более раздражима, и нервы с нейронами более возбудимы; пуск в ход менее тягостен; увлечение работой также выражается в увеличении силы и уменьшении траты энергии.

Добровольная работа с надлежащей скоростью и весом — они изменяются смотря по действующим органам, — ведет к увеличению и лучшей энергетической продуктивности.

§ 127. Должно, наконец, рассмотреть потери работы от пассивных сопротивлений орудий. Ход «впустую» велосипеда вызывает трату работы, которая обесценивается переходя в тепло. В калориметре Этуотера, Бенедикт и Карпентер, пуская в ход велосипед посредством электричества, вычислили расход на трение педалей при ходе впустую в 6,5% измеренной механической работы. Это—часть работы, для которой мышцы расходовали часть энергии совершенно бесполезно.

Одним словом, необходимо знать, какая часть мышечной работы измеряется на тормозном велосипеде или на другом каком-либо техническом эргометре, какова органическая продуктивность мышечной системы и инструментов (§ 51). Проделав это, получаем *«действительную продуктивность»*. Бенедикт и Карпентер получили 21,81 и 22,82; исправив измерениями при действии эти цифры «впустую», имеем 23, 40 и 24,60, т.-е. получилось увеличение на 6,5%.

Очень простой метод оценки хода впустую дан был А. Витцем. Машина, будучи пущена с желательной скоростью, будь то, напр., велосипед, приобретает сразу двигательную силу действием ног на педали. Машина продолжает двигаться, пока не исчерпает энергию, накопленную в своих частях; она производит $N$ оборотов во время «$t$» до остановки. Если, в начале, скорость была $n_0$ «оборотов» в секунду, то мы исходим из этого данного, чтобы написать, что при остановке уменьшение энергии равно работе сопротивления. Приходим, таким образом, к выражению:

$$W = 0{,}0055\ K \frac{n^2_0}{n} \text{ кгм-м.}$$

$W$—энергия, израсходованная на один оборот, $K$—момент инерции колеса,

$$\text{и } n = \frac{N}{t}.$$

При нормальном ходе, при скорости $n'$ оборотов в секунду сила, потраченная на трение, будет $W \times n'$. Измеренная мощность будет $W'$, для всей системы в движении производительность $\rho = \frac{W'}{n'\ W + W'}$.

Пример: Если $K = 0{,}28$; $n_0 = 2$, $n = 0{,}40$, $n' = 2{,}05$.

Следовательно: $Wn' = 0{,}032$ кгм.-м.

Если $W'$ при измерении $= 1{,}93$, то

$$\rho = \frac{1{,}93}{1{,}93 + 0{,}032} = \frac{1{,}93}{1{,}962} = 0{,}98.$$

Этот опыт был проделан на нашем велосипеде с тормозом, где скорость регистрировалась электрическим аппаратом. В общем, ход впустую наших французских велосипедов поглощает около 5% общей работы, следовательно 0,95 органической продуктивности.

**§ 128. Общий вывод по поводу производительности. Опыты Шово.** Наиболее полные опыты над человеческой работой, которыми мы обладаем, произведенные при самых благоприятных условиях веса, продолжительности и питания, приводят к чистой продуктивности равной, в общем, 25%

$$R = \frac{\zeta : 425}{D_a} = 0{,}25.$$

Это — максимум действия для рук.

При работе ног получаем чистую продуктивность, в среднем $= 30\%$.

Чтобы можно было заменить работу движения работой сопротивления (расходы энергии при них различны), мы принимаем, что вторая равна 0,52 первой.

В самом деле, Шово вывел это отношение между тратами энергии для работы на лебедке (§ 122) в каменоломнях.

$$Д_a \begin{cases} \text{Поднятие . . } 206{,}5 \ldots\ 245 \ldots\ 277 \ldots\ 292 \ldots\ 380 = 1400{,}5 \text{ Cal;} \\ \text{Замедленное опускание . } 117 \ldots\ 131{,}5 \ldots\ 143{,}5 \ldots\ 144 \ldots\ 203 = 738{,}0 \text{ Cal} \end{cases}$$

$$\frac{738{,}0}{1400{,}5} = 0{,}52.$$

Но это отношение годно и для случаев, когда скорость та же самая в двух направлениях движения и не превышает 0,12 м. в секунду. Таким образом, найдя 152 калории для работы поднятия камней, следующей за спуском, считаем 100 калорий на трату для движения и 52 калория на расход заторможенного падения. Наконец, в случае работы рук, пишем:

$$\frac{\zeta}{100} = 0{,}25; \text{ откуда } \zeta = 25 \text{ калорий.}$$

Часто полезный эффект составляет эти 25 калорий. Во всяком случае, мышечная работа есть

$$25 \text{ Кал.} + (52 \times 0{,}25) = 38 \text{ Кал.}$$

и вся механическая работа $= 25 \times 2 = 50$ Кал.

Из всего этого следует, что никогда нельзя пренебрегать постановкой работы в лучшие условия, а также оценивать работу «по расходу» энергии, так как было мною указано в моей книге: «Производительность» (1909 г.). Эта оценка имеет «исключительно практический интерес». Та же мысль была высказана Ж. Лефевром, изучавшим «двигательный эквивалент» работы сопротивления.

Больше нельзя сказать ничего особенного о промышленной продуктивности: она изменяется от 4—10%, смотря по тому, как увеличивается ежедневная работа; редко она достигает 16%. При восьмичасовой работе, она будет около 10%. Ее рассмотрение не представляет никакого истинно-научного интереса; между тем как в определенных условиях работы изменения чистой продуктивности «*R*» чрезвычайно полезны. Они позволяют судить о пригодности того или иного субъекта к данной работе, о дним словом, о его «социальной полезности».

Понятие продуктивности не может прилагаться к чисто статическим формам мышечной деятельности, когда человек устает, не производя никакой механической работы в точном смысле этого слова.

## ГЛАВА III.

### Физиологические действия работы: усталость.

**§ 129. Условия нормальной деятельности.** Всякая мышечная деятельность сопровождается физиологическими эффектами, изменяющими интенсивность процессов дыхания, кровообращения или процессов, происходящих в нервной системе.

Эти изменения часто достигают известной степени обозначаемой как «усталость»; это — нормальный случай. При чрезвычайной усталости имеем уже патологическое явление. Нормальная усталость обычно проходит после отдыха, осо-

бенно после ночного сна, при чем сила человека вполне восстановляется.

**§ 130. Действие работы на дыхание.** Для изучения ритма дыхания, а также и амплитуды употребляется графический метод: простой или двойной барабан опирается на грудь и прикрепляется шнурами к телу испытуемого; барабан соединен каучуковой трубкой с записывающим аппаратом. Все вместе называется «пневмографом» (см. «Эксперим. техника»). При покое мужчина делает от 15 до 18 дыханий в минуту. Этот ритм изменяется с *возрастом*.

| Возраст. | Ритм. | Возраст. | Ритм. |
|---|---|---|---|
| От 1 до 5 лет. | 40—25 | От 15 до 25 лет. | 20—18 |
| „ 5 до 15 „ | 25—21 | „ 25 до 50 „ | 18—17 |

На пневмографической кривой выдыхание продолжается *немного более*, чем вдыхание (рис. 71); эти две фазы сменяются довольно правильно. При работе ритм у взрослого мужчины может достичь 25—35 ударов при внешней температуре 12—15°; при чем удлиняются уже периоды вдыхания, выдыхания же укорачиваются. Этому повышенному ритму соответствует и увеличенная *легочная вентиляция*, стремящаяся быстро удалить ядовитую для организма углекислоту.

Если работа производится с большой силой при плохих условиях, то углекислота скопляется в организме, не будучи в состоянии быстро покинуть ткани; отношение $\frac{CO_2}{O_2}$ уменьшается; наступает явление, называемое *одышкой*. Все, что препятствует дыханию, должно быть удалено, чтобы не мешать работе.

Рассмотрим количества дыхательного воздуха за час в течение всей работы в 45.000 кгм.-м., произведенной за 5 часов на тормозном велосипеде. См. таблицу стр. 199).

Видно, что со второго часа уже достигается определенный режим. В то время как при отдыхе потребляется 500 литров в час, при производительности в 9.000 кгм-м. в час потребляется 1.100 литров. При значительной работе через

| Д Н И. | 1-й час. | 2-й час. | 3-й час. | 4-й час. | 5-й час. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1-й | 842 литра | 1051 литра | 1074 литра | 1079 литра | 1080 литра |
| 2-й | 878 „ | 1139 „ | 1167 „ | 1187 „ | 1188 „ |
| 3-й | 896 „ | 1063 „ | 1122 „ | 1128 „ | 1133 „ |
| Среднее. | 872 литра. | 1084 литра. | 1121 литра. | 1131 литра. | 1133 литра. |

легкие проходят 2.000 литров. С точки зрения исключительно профессиональной важно, чтобы ритм движения не приводил к «одышке», благодаря чрезмерной усталости, чтобы одежда рабочего и самая работа давали свободно дышать грудной клетке. Как только замечаем неправильность в дыхании, так уже можно сказать, что наступает усталость.

**§ 131. Действие работы на кровообращение.** Для регистрирования движений сердца употребляется также графический метод.

Получаемая кривая, «*кардиограмма*» (см. Эксперим. техника» § 184) дает нам две фазы: «*систолу*», соответствующую сокращению сердца для вбрасывания крови в артерии и «*диастолу*», фазу покоя.

Пульсация сердца соответствует систоле желудочков.

Эта систола на кардиограмме видна, как повышение кривой с тремя главными колебаниями, дающими как бы продолжительное тетаническое сокращение.

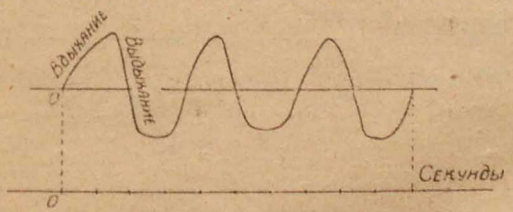



Рис. 73.

Ее продолжительность представляется четвертью всего периода; диастола занимает остальные $^3/_4$ кривой (рис. 74). Пульсация сердца наблюдается ниже и кнутри от соска и происходит с ритмом от 72 до 75 раз в минуту. Тот же

ритм, конечно, имеют пульсы артерий. *Пульс* лучевой артерии запаздывает на 0,2 секунды против сердечного. Кривая регистрируется посредством «*сфигмографа*» (см. «Эксперим. техн.» § 184). Отмечают после систолы маленькое возвышение—*выступ*, получающееся от эластичности самой артерии: это *дикротический подъем* (рис. 75); поднимающаяся часть соответствует

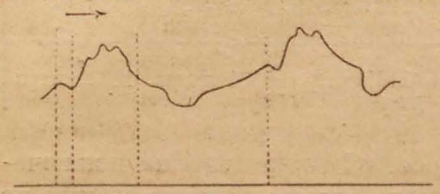


Рис. 74.

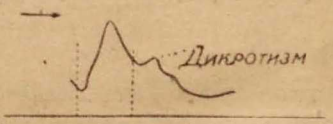



Рис. 75.

сокращению сердца; опускающаяся—прохождению крови по капиллярам. Что касается выступа, то он иногда бывает удвоенным или утроенным, поликротичным, как, например, у пьющих алкоголь или же у человека с повышенной температурой.

Другим важным элементом пульса является *артериальное давление*. Если соединить, напр., плечевую артерию с ртутным манометром, то получим давление около 120 мм. ртути. На практике часто употребляются «*сфигмоманометры*», быстро определяющие артериальное давление. Особенно точные данные дает осциллометр Пашона (см. «Экспер. техника»). В покойном состоянии число пульсаций у человека равно:

| Возраст. | Пульсаций в 1 мин. | Возраст. | Пульсаций в 1 мин. |
|---|---|---|---|
| от 5 до 6 лет. | 98 | от 14 до 19 лет. | 82 — 77 |
| „ 6 „ 8 „ | 93 | „ 19 „ 80 „ | 75 — 70 |
| „ 8 „ 14 „ | 89 — 87 | свыше 80 лет. | 79 |

Отношение периодов диастолы и систолы равно:

$$\frac{3}{4} : \frac{1}{4} = 3 \text{ (приблизительно)}.$$

Наконец, артериальное давление повышается с возрастом: 13—14 см. ртути между 10—20 годами, 17—18 см. между 20 и 40 годами; оно достигает 20 сантиметров после 50 лет (Потен).

Что касается производящего работу человека, то у него ритм пульсаций увеличивается до 100—120 в минуту, смотря по условиям; если работа нормальна, ритм все время держится на одном уровне, напр., при работе в 200.000—250.000 кгм.-м. за 8 часов, его величина равна 112—114 ударов в мин.

По О. Вейссу, предел ритма—167 ударов в мин.

В этой деятельности организм находит условия борьбы с усталостью: кровь циркулирует быстрее; за то же самое время по мышце проходит в 5—6 раз больше крови, чем в покое. Вот несколько интересных наблюдений над ритмом пульса.

Субъект пробегал 38 метров по плоскости, с возрастающей скоростью; его пульс при покое был 75.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Наблюдаемый пульсовой ритм | 84 | 85 | 88 | 90 | 90. |
| Увеличение на | 9 | 10 | 13 | 15 | 15. |
| Продолжительность пробега была | 30 | 28 | 26 | 19 | 18 секунд. |

При подъеме на наклонную плоскость, приподнятую одним концом на 11,5 см., субъект проходил 80 метров. Пульс был 70.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Наблюдаем пульсовой ритм | 96 | 106 | 112 | |
| Увеличение на | 26 | 36 | 42 | |
| Время прохождения | 40 | 33 | 30 | секунд. |

Наконец, при сильной работе систолическая фаза при работе удлиняется и отношение $\frac{\text{диастола}}{\text{систола}}$ идет *к уменьшению*; дикротизм уменьшается, но артериальное давление, наоборот, *увеличивается*. Если работа добровольна, давление значительно *уменьшается*. При работе на велосипеде в 10.000 кгм-м. в 10 минут, артериальное давление увеличивается на 30%.

Все эти элементы дают некоторые сведения *о степени усталости* человека. Лавуазье, первый указал на замечательное отношение между количеством работы, с одной стороны, и числом дыханий и биений сердца, с другой.

**§ 132. Действие работы на мышечную силу.**—Давно известно, что работа (нормальная) тренирует мышцы, сообщая боль-

шую возбудимость их фибриллам (§ 126), и, уменьшая, может быть, период пуска в ход, который у начинающих сказывается напряженностью движения. Прежде, чем установить точно природу тренировки, нужно заметить, что различные авторы согласно утверждают, что она дает увеличение силы. Так, при работе (до усталости) гантелями по 5 кило весом, поднимаемыми над головой, начинают с 5 движений (при ритме в четыре секунды), понемногу переходят за это число и через 70 дней доходят до 120 движений. По Кронекеру и Гуттеру, работа ног (ходьба) увеличивает силу рук. Но впервые метод увеличения силы путем упражнений был формулирован Шейне и Рамаччини, наблюдавшими ремесленников и давшими нам также описание их питания.

К этому влиянию упражнений можно, без сомнения, прибавить не менее благоприятное действие внутреннего *массажа*, производимого мышцами при их повторных движениях. О *наружном массаже* будет речь впереди (§ 148).

Что касается природы тренировки, то она имеет механическую и физиологическую стороны. Механическую потому, что работа уменьшает инерцию мышечных фибрилл, физиологическую потому, что работа увеличивает раздражимость мышц и нервов тогда как бездеятельность их ведет к атрофии и вырождению.

С другой стороны, она усиливает крово- и лимфообращение, приводя к так наз. *функциональной гипертрофии*. Масса мышц увеличивается не путем роста новых фибрилл, но утолщением старых на счет белка пищи. Альбумин, в конечном счете—пища силы.

Результатом тренировки является и уменьшение траты энергии, что ведет к повышенной продуктивности [1]).

**§ 133. Действие работы на общий обмен веществ.** — Работа увеличивает интенсивность химических реакций, как тепло увеличивает температуру тела; что энергетический расход

---

[1]) Автор ничего не говорит об увеличении координации движений в результате работы, а еще более, в результате систематических упражнений. Спортсмены и гимнасты достигают изумительных результатов, методически выполняя специально-подобранные упражнения и ведя строго определенный образ жизни (тренировка); нечто подобное можно было бы применять при профессиональном обучении; к сожалению же, такая тренировка применяется лишь в немногих профессиях. *(Прим. ред.)*.

при работе сопряжен с химическими изменениями в органах, видно из того, что после работы мышца дает кислую реакцию вместо обычной слабо щелочной, почти нейтральной. Эта кислотность приписывается образованию молочной кислоты; обычно же при умеренной работе с достаточными перерывами для отдыха она очень слаба. *Наблюдаем* также в моче увеличенное выделение фосфора, что крайне интересно, так как фосфорсодержащие белки входят в состав клеточных ядер; по Зигфриду окисления происходят, преимущественно, в нуклеопротеидах, уменьшающихся в количестве после продолжительной работы. *Окисление органов*, богатых ядрами, чрезвычайно интенсивно.— При статической работе в моче находится «креатинин»— продукт распада протеидов; при динамической работе он не обнаруживается. Следовательно, при различного рода работах происходят и различные реакции.

Работа увеличивает *выделение* воды легкими и кожей, особенно первыми. Человек, теряющий при покое 881 грамм, повышает эту потерю до 2.475 или 3.230 и даже 7.381 грамма после продолжительной работы. Конечно, за этим следует обеднение крови водой, что влечет, в свою очередь, состояние, называемое жаждой. Следовательно, плотность крови то увеличивается, то уменьшается. Крайне важно также знать для изучения влияния работы на обмен, чем, главным образом, (углеводами, жирами или белками) питается человеческая машина.

Во время отдыха, как и во время работы, потребляется приблизительно постоянное количество азотистых веществ— 60—65 грамм в день. Но в углеводах мы имеем источник свободной энергии для механической работы. Обмен веществ поддерживает температуру тела постоянной (37°), может быть, на счет жиров.

Деятельность мышц увеличивает интенсивность циркуляции крови и лимфы, усиливает скорость сгорания веществ пищи, что влечет за собой иногда поднятие температуры тела на 1° (§ 93) и соответственно благоприятствует функциям выделения. Что касается влияния физической работы на нервную систему, то всякий занимающийся умственным трудом, чувствует часто настоятельную необходимость осве-

житься гимнастикой или какими-либо телесными упражнениями.

§ 134. **Пределы работы: усталость.**—Усталость—явление, кладущее предел дальнейшей работе. В неодушевленных двигателях «усталость» возникает вследствие физических, молекулярных изменений в их частях, колесах, рессорах, вращающихся частях и т. д., но эти изменения протекают очень медленным темпом. При «усталости» у живых двигателей, человека и животных, или уменьшается интенсивность действия мышц, или укорачивается их сокращение. Результатом усталости является меньшая способность к работе. Эргометрическая кривая показывает нам это уменьшение количества работы с каждым сокращением; кривая все время понижается, и тем быстрее, чем быстрее ритм сокращений и больше интенсивность усилия.

При работе на эргографе усталость дает о себе знать болью. Эргограмма изменяется в небольших пределах у того же

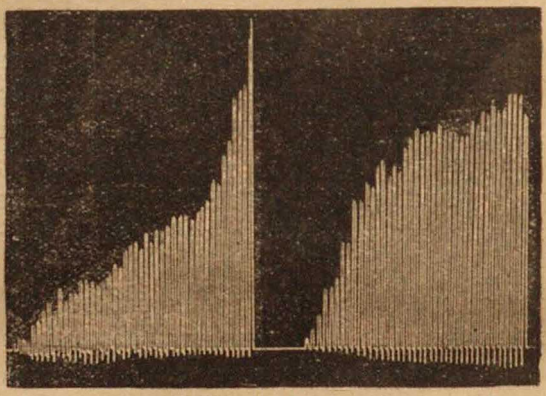


Рис. 76.

самого человека (рис. 76) и сохраняется, по Моссо, в течение нескольких лет, хотя иногда она испытывает неожиданные вариации.

При тщательном изучении эргограммы (рис. 76) в начале ее замечаем поднимающуюся часть—«лестницу», по Моссо и Рише, получающуюся благодаря внутреннему массажу мышц от частых нервных возбуждений; мышца, так сказать, натренировывается за этот короткий промежуток времени. Из-

вестно, что при электрическом раздражении нерва мышца сокращается, не давая «лестницы». Что касается нисходящей части кривой, то она тем быстрее понижается, чем труднее условия работы.

Измерять усталость на эргографе нельзя, так как к ней прибавляется и боль; если, напр., после дневной значительной работы человек, чтобы измерить свою усталость, будет работать на эргографе, то получит сильное ощущение боли мышечное или нервное. Кроме этого, при ручных работах и ремеслах мы можем узнать на эргографе усталость только в одном члене, пальце, плече, кисти.

Таким образом эргограмма дает нам понятие только о «местной усталости», когда при этом еще нет боли.

По Маджиора, мышцы предплечья утомляются более быстро и дают меньшее количество механической работы, если человек перед этим прошел 10 километров.

Из этого мы видим, что усталость медленно распространяется на несколько групп мышц.

Искусство опытного хорошего рабочего и состоит в том, чтобы распределить элементы работы для мышц без боли и чрезмерной усталости. По эргограмме можно судить о влиянии различных факторов на работу: пищи, внешней температуры, положения тела, усилия, скорости, ритма движений. В особенности, они позволяют определить наиболее экономичный ритм, в некотором роде мышечную неуставаемость: вспомним об удивительном примере неуставаемости у сердца.

Уже Галилей (1564—1642) обратил внимание на его неутомляемость.

Работы можно разделить на 2 группы: 1) силы и 2) скорости. В силовых работах, как, напр., в борьбе, очень часты несчастные случаи: вывихи, растяжения, разрывы связок, при чем от человека требуется большая сопротивляемость усталости, иначе он должен прекратить работу задолго до ее окончания.

Мне приходилось в 1919—1920 г.г. неоднократно наблюдать случаи падения гимнастов со снарядов, вызванные недостаточным питанием и переутомлением. *(Прим. ред.)*.

Организм приспособляется к силовым работам и поэтому фигуры борцов, напр., очень типичны: объемистая мускулатура, выпуклая грудь, гибкая талия, охват груди выше среднего.

В работах скорости усталость происходит от частоты нервных возбуждений, «пусков в ход»; в них, главным образом, расходуется нервная энергия; к несчастью, мы не можем измерить величины нервной усталости. Стенографы, наборщики, машинистки служат примером таких работников; конечно, их работа не развивает мышц.

**§ 135. Причины усталости.** Два явления,—одно физическое, другое химическое—вернее всего служат причинами мышечной усталости. Замечено, что эластическая сила мышечных фибрилл очень уменьшается по мере работы; они становятся рыхлыми.

С другой стороны, вещество мышц изменяет свои химические свойства, становясь *«кислым»*. Алкогольный экстракт усталой мышцы дает некоторые ядовитые вещества, вызывающие усталость у свежих животных, если последним вспрыснут экстракт.

Эти ядовитые тела, *«кеногены»*, уменьшают раздражимость так, что мышцы уже не реагируют на нервные раздражения той же силы, и отвечают только на более сильные раздражения.

Обычно принимают, что нервы неутомимы, в противоположность мышцам и нервным центрам. Хотя в последнее время имеются несколько опытов, позволяющих решать этот вопрос не в такой абсолютной форме.

Чтобы вымыть яды из тканей, кровь быстрее циркулирует во время работы, яды приносятся к надпочечникам, выделяющим адреналин, который их и нейтрализует.

Состояние покоя крайне необходимо после работы, так как в это время наиболее полно происходит очищение организма от ядов; оно позволяет выделиться лучше углекислоте крови, происшедшей в результате внутритканевых окислений; углекислота, как мышечный яд, понижает силу человека. Покой позволяет, кроме того, восстановить раздражимость под действием кислорода.

Усталость необходимо должна сопровождаться отдыхом; она служит защитником здоровья организма.

**§ 136. Сопротивляемость усталости: выносливость.** Сопротивляемость усталости определяется, вообще, произведением $F \times t$, где $F$—израсходованная сила, напр., поднятая тяжесть и $t$—время. Таким образом, по Голлярду, невозможно держать

руки вытянутыми больше восемнадцати минут. Хогтон и Нифер получили след. уравнение:

$$F^2 \times t = C \text{ (постоянная)}.$$

Мы получили для 80 человек, что $t$ варьирует от 20 до 78 секунд при держании вытянутыми руками гирь по 5 кило каждая, при чем груз опускался только от чувства усталости; $t$ уменьшается тем скорее, чем интервалы отдыха меньше. Таким образом произведение $F^2 \times t$ очень изменяется от одного субъекта к другому и смотря по предшествующему состоянию. Оно наиболее велико у матросов, грузчиков; люди, работающие добровольно, более способны к выносливости.

*По Шово*, сопротивляемость усталости есть функция мышечной эластичности; по Тревесу, это есть функциональный тонус спинного мозга, резерва нервной энергии.

По Валлеру, мозговые центры первые ощущают усталость, тогда как, по Иотейко, первыми чувствуют ее двигательные окончания нервов [1]).

Во всяком случае мозговые центры кажутся более приемлемыми как места нарушений ощущения сопротивления, нарушений, продолжающихся несколько часов. В многодневной работе достигают наибольшей ежедневной работы те из рабочих, которые наилучше противостоят боли, потому что ощущение боли часто примешивается к ощущению усталости.

Некоторый род притупленной чувствительности позволяет людям, обладающим ею, не чувствовать более или менее болезненных усилий, производимых ими.

Если хотят иметь представление о сопротивляемости усталости человека, нужно рассматривать сумму работы или израсходованную энергию за каждый день, а не статическое усилие $F$. Это будет, так сказать, профессиональная, полезная выносливость. Но ни это статическое понятие, ни динамическое понятие выносливости не относятся к состоянию чрезмерной усталости или переутомления, переходящего физиологические границы и указывающего на варварскую организацию работы.

---

[1]) В последнее время начинает преобладать мнение, что устают периферические окончания нервов (напр., сетчатка в глазу), но не нервные центры, расположенные в мозгу. *Прим. ред.*

**§ 137. Нервная усталость: умственная деятельность.** Деятельность мышц вызывает необходимость в затрате энергии, вычисляемой в калориях по поглощению кислорода. Деятельность нервов, между тем, еще темная область; однако нервная ткань как и все ткани, также дышит. Тунберг и Линд изобрели маленький аппарат, микроспирометр, благодаря которому они нашли, что нервные волокна поглощают в чистом воздухе при температуре 20° около 22,2 куб. мм. кислорода на грамм в час и выделяют 22 куб. мм. углекислоты. Эти газовые изменения немного более активны, когда ткань находится в живом животном, среди питательных жидкостей. Предполагая расход кислорода двойным при работе (т.-е. 45 куб. мм. на грамм в час),— для 1700 грамм, представляемых нервной массой взрослого за 24 часа, он будет равен:

$$0{,}045 \text{ куб. см.} \times 1700 \times 24 = 1836 \text{ куб. см., эквивалентных}$$
$$1836 \times 5{,}05 \text{ Cal} = 9{,}27 \text{ кал.}$$

Эта величина будет равна 0,004 затраты энергии целого организма в покое. Понятно, что было трудно установить чувствительное повышение температуры мозга или нерва, возбуждаемых электричеством.

Бенедикт и Карпентер, потом Этуотер, посредством специально устроенной камеры — калориметра, куда мог помещаться человек с аппаратами и инструментами, измеряли увеличение производства тепла человеком, выполнявшего трудную умственную работу.

Они получили около 1,32 калор. в течение 3-х часов. Детали наблюдений следующие:

| Среднее из 22-х измерений. | Отдых. | Умственная деятельность. |
|---|---|---|
| Тепло, выделяемое в час. . . . . | 98,43 Cal | 98,8 Cal |
| Вода, превращенная в пар . . . | 37,8 гр. | 39,23 гр. |
| Поглощенный кислород . . . . . | 25,86 „ | 27,30 „ |
| Выделенная углекислота . . . . | 32,76 „ | 33,42 „ |
| Температура тела . . . . . | 0,98 „ | 0,989 „ |
| Пульс в минуту . . . . . | 74 | 79 |

В результате данных из этих опытов видно, что действие умственной работы изменяет слегка число пульсаций, повышая его так же, как и температуру тела; количество испаренной воды увеличилось на 5%, углекислоты—на 2%, кислорода—на 6% и количество тепла—на 0,5%. Все это при условиях умственной работы, подобных той, какую мы находим у экзаменующихся.

Бенедикт и Карпентер на основании этих опытов делают выводы, что деятельность мозга не оказывает влияния на метаболизм (обмен веществ). И мы можем сказать и по другим опытам, что умственная деятельность не влечет за собой повышения количества затраченной энергии на измеримую величину. Рассматривая этот слабый расход энергии, мы крайне поражены, что, несмотря на это, умственная деятельность влечет за собой усталость, часто более заметную, чем после мышечной деятельности; поэтому можно с уверенностью предполагать, что и умственная работа сопровождается распадом некоторых веществ, главным образом, *фосфатов*, и образованием ядов; последние и вызывают усталость нервных окончаний в мышцах. Возбудимость нервных центров при этом все более и более уменьшается, так что вечером *мысль* имеет *меньшую силу, чем утром*.

Чувствительность кожи, измеряемая *эстезиометром*, напр., на школьниках, прогрессивно уменьшается в течение дня [1]). В будни (дни учения) расстояние между ножками эстезиометра равно 3,5 мм. (на губе), в воскресенье (день отдыха)—1 мм. При этом надо принять во внимание, что при умственной работе происходят бессознательные сокращения мышц лица, что влияет, конечно, на обмен веществ.

Во всяком случае нервная усталость есть нечто реальное и повышается ясно с усилением внимания у умственно работающего человека.

---

[1]) Чувствительность кожи уменьшается вследствие и умственного, и физического труда, и, вообще говоря, нельзя провести резкой границы между умственным и физическим трудом; исследования, произведенные Физиологической Лабораторией Центр. Института Труда на московских электротехнических заводах, показали, что и тот и другой вид труда вызывают резкое понижение чувствительности кожи (повышение усталости). Эти исследования, производившиеся в течение 8-ми месяцев, будут опубликованы в одном из выпусков «Трудов Центр. Ин-та». *Прим. ред.*

Автоматическая умственная работа, как известно, дает меньшую усталость, чем сопряженная с вниманием.

Мозговая усталость не только уменьшает осязательное чувство; при ней увеличивается личное уравнение и ослабляется способность и к физической работе.

Крайне необходимо поэтому варьировать умственные работы и после интеллектуального труда посвящать различного рода развлечениям, по крайней мере, один вечер в неделю.

В заключение главы об усталости можно сказать, что причина как физической, так и умственной усталости заключается в отравлении работающего органа продуктами распада веществ, потребляемых во время работы.

# ЧАСТЬ ЧЕТВЕРТАЯ.

# Человек и среда.

## ГЛАВА I.

### Влияние внутренних условий на работу человека.

§ 138. **Внутренняя среда.** Клор Бернар определил кровь, как «внутреннюю среду» и, действительно, она разносит тканям тела кислород и питательные вещества и вымывает из них продукты внутриклеточного обмена; клетки наших тканей живут в ней, как мы в атмосфере. Все факторы, уменьшающие количество питательных веществ в этой внутренней среде, или же вещества, вредно влияющие на ее состав, оказывают свое действие и на весь организм. С этой точки зрения мы и рассмотрим значение *количества и качества пищи, лекарств, действующих по преимуществу на нервную систему* и, наконец, ядовитых веществ.

*Жизнь* сама по-себе является беспрерывным развитием, скорость которого зависит от различных факторов: от изменяющейся жизнедеятельности данного индивидуума, от его возраста, пола и т. д. В этой области имеется много проблем, требующих систематического и подробного изучения и которых здесь в этой книге мы сможем коснуться лишь вкратце. Лиц, интересующихся ими, мы отсылаем к сочинениям по гигиене. Здесь мы остановимся только на данных, касающихся отношений между работой и внутренней средой человека.

§ 139. **Значение спиртных напитков.** Мы уже указывали выше (§ 82) на то, что живая машина, отличающаяся в этом отношении от мертвых, не может потреблять любое топливо только потому, что последнее при сгорании может дать то

или иное число калорий. Топливо живой машины должно удовлетворять определенным условиям и только по теплоте его сгорания нельзя судить об его пригодности в качестве пищи.

Рассмотрим с этой точки зрения спиртные напитки и, главным образом, водочный спирт. Важнейшей составной частью бродящих жидкостей является этиловый спирт, имеющий формулу: $C_2H_5OH$ и молекулярный вес—46; теплота его сгорания равна 7,067 Cal (углеводы дают—4,1, белки—4,1 и жиры — 3). При дозе в 1,0 на кило веса человека он неядовит. Поэтому в этих пределах (до 65,0—70,0 в день на взрослого) и следует изучать его действие. Теоретически, нет таких химических реакций, при помощи которых из спирта можно было бы получить сахар или какое-либо другое истинное пищевое вещество. Некоторые полагают, исходя из самостоятельного факта превращения в тканях спирта в сахар, что спирт может участвовать в выработке механической энергии мышц. Но спирт может и непосредственно (не превращаясь в сахар) сгорать в организме и вырабатывать тепловую энергию и ничто этому не может мешать; если бы, действительно, подобное сгорание в организме имело бы место, то спирт являлся бы настоящей пищей, предохраняя от сгорания обычные «теплопроизводящие» вещества.

Но является ли спирт пищей сбережения? Мог ли бы он замещать в пищевом рационе белки, жиры и углеводы? Опыты Этуотера и Бенедикта (Atwater and Benedict) дали след. ответ на этот вопрос: субъект 31-го года, весящий 68 кило, получает в течение дня 72 грамма спирта (количество эквивалентное бутылке рейнского вина) в кофе, а именно: рано утром—11,5, в 10 ч. 30 м.—7,6, за обедом—19,1, в 3 ч. 30 м.—7,6, за ужином—19,1, вечером—7,6; сбросив со счета около 3,0 выделенных легкими, печенью и почками в неизмененном виде, получаем для сгоревшего в организме спирта — 491 Cal. Это количество спирта заменяло некоторую часть пищевого рациона субъекта; непосредственные изменения на калориметре дали цифру 226 Cal, а вычисления принятой внутрь пищи — спирт дали 2268 Cal. Как видим, результаты близко сходятся. При другом опыте цифры были — 2394 Cal и 2434 Cal.

Следовательно, весь или почти весь спирт сгорел в организме (по данным многих авторов в организме сгорает до воды и углекислоты — 90% - 95% всего введенного в него спирта. *Прим. ред.*). При ряде опытов отмечено также, что субъекты, получившие спирт в пище, заметно жирели. Все вышесказанное заставило Этуотера и Бенедикта, а также и многих других притти к заключению, что спирт, вводимый в организм в небольших дозах, защищает жиры и белки от сгорания. Опыты, поставленные М. Шово (M. Chauveau), приводят к тому же результату, а именно, что спирт в определенном отношении может замещать некоторые части пищевого рациона, но эта замена, поскольку она применяется у людей, совершающих механическую работу, является невыгодной. Следует поэтому внести поправку в заключения Этуотера и других авторов в том смысле, что в рационе человека, совершающего механическую работу, спирт не может ни в коем случае заменить углеводов.

Заметим между прочим, что трехатомный спирт-глицерин выполняет в малых дозах задачу сбережения жиров и углеводов; ничего удивительного не было бы в том, если бы он оказался источником механической энергии, так как из него мог бы образоваться сахар.

Алкоголь, вводимый в организм в небольших количествах, по опытам Offer'a, Neumann'a, Clopatta и др. уменьшает азотистый распад (количество мочевины и других азот-содержащих веществ мочи падает) и след. сберегает белки; выделение углекислоты также уменьшается. (*Прим. ред.*).

Употребление спирта, как напитка, в умеренных количествах в принципе не должно быть осуждаемо. Он является возбудителем слизистой оболочки пищеварительного тракта и вызывает увеличение отделения желудочного и панкреатического соков; он и вообще стимулирует процессы питания и благоприятствует росту организмов. Наконец он возбуждает мышечную ткань, вероятнее всего через нервную систему; он увеличивает ее силу и замедляет усталость, по крайней мере, на некоторое время.

§ 140. К несчастью, как известно, спиртом злоупотребляют, переходят физиологическую дозу (1,0 на 1 К. в сутки) и достигают ядовитой, что неизбежно ведет к гибельным последствиям. Организм не может защищаться, ибо с мочей,

потом и выделяемым воздухом он выводит, да и то медленно, весьма незначительные количества (5—10%). При работе мышц это выделение спирта несколько увеличивается, но это увеличение никогда не может достичь такой степени, чтобы заметно ослабить губительное действие этого яда на нервные центры. При дозах достаточно больших, превышающих 100,0 в день, спирт одурманивает человека, будучи быстро и верно действующим ядом. Это свойство принадлежит как самому спирту, так и тем веществам, вместе с которыми он находится в спиртных напитках. Одни из них вызывают судороги, другие могут заглушать боль. К первым принадлежат (в порядке обратном их силе) настойки шалфея, полыни, синего зверобоя, размарина, габера, укропа, майорина, горной мяты, базилика, ко вторым — настойки тимьяна, богородской травы, лаванды, руты и мелиссы (из семейства губоцветных).

Так, 5 сантиграммов (0,05) настойки шалфея, будучи введены в кровь собаки, весом в 7 кило, вызывают у нее 3 припадка эпилептического характера; доза 0,25 ее быстро убивает. Человек к этим веществам более чувствителен: в то время, как необходимо взять 3,0 настойки зверобоя для того, чтобы вызвать у собаки (весом в 7 кило) судороги, 2,0 принятых натощак оказываются достаточными для здорового человека (весом в 60—65 кило).

По Трибуле и Матье (Triboulet et Mathieu), чтобы убить собаку весом в 7 кило, надо взять:

| | |
|---|---|
| настоящего коньяка . . . . . | 108 кб. см. |
| вишневой водки . . . . . | 109 „ „ |
| сидровой водки . . . . . | 108 „ „ |
| водочной гущи . . . . . | 103 „ „ |
| водки из слив . . . . . | 103 „ „ |

Уже простое введение в желудок спиртных напитков, как и нервных ядов, заметно уменьшает мышечную силу человека. Патолого-анатомические изменения в органах и упадок сил, вызываемые спиртными напитками, делают необходимыми их строгое запрещение.

Фактически спиртные напитки являются для народа развлечением в прямом смысле этого слова: они отгоняют заботы, обременяющие ум человека, они быстро и верно одурманивают и являются спасением для слабых душ.

Все народы имеют свои излюбленные напитки: кумыс (перебродившее кобылье молоко)—турок и монголов, пиво из проса—негров, саговое вино—малайцев, пульке или вино из агавы—мексиканцев, грушевое вино—полинезийцев, пальмовое вино—арабов, бетсабегса (перебродивший сок сахарного тростника)—мадагаскарцев и т. д.

В заключение можно сказать, что спирт является веществом, могущим производить в организме тепло, но не веществом, динамогенным (силотворным). А так как он уже при относительно слабых дозах является опасным для работоспособности человека и так как именно рабочие имеют наклонность злоупотреблять им, то им-то и следует его всячески избегать.

**§ 140а.** Распространенность алкоголизма, этого поистине социального бедствия, огромна: пьет стар и млад, пьет богач и бедняк, пьет темная Россия и культурный Запад. Из последних сил тянется человек, чтобы хоть на время уйти от тяжелой невыносимой действительности. «Водка для рабочего, пишет Ф. Энгельс, — единственный источник радости. Усталый и разбитый возвращается рабочий после тяжелого дня домой: он находит тесное, грязное и неуютное жилище. Его организм, ослабленный плохим воздухом и плохим питанием, настоятельно требует возбуждения извне. Он жаждет раздражения, которое дало бы ему возможность работать на следующий день. Его страсть к общению с другими может быть удовлетворена только в трактире, и в состоянии ли он при этих условиях противостоять стремлению к опьянению». О том, что бедняк тратит на водку почти столько же, сколько на свою единственную пищу—на хлеб, что временами сумма затрат населения Германии на алкоголь поднималась до размеров всего государственного долга ($1^1/_2$ миллиарда рублей), что на народные школы культурная Германия тратила в 7 раз меньше (210 и 1400 миллионов рублей), чем население тратило на спирт, обо всем этом написаны целые томы. Нас здесь интересует влияние алкоголя на работоспособность человека.

Косвенное влияние потребления алкоголя на работоспособность заключается в общем обеднении населения, понижении его питания, в повышенной заболеваемости и в появлении вызванных алкоголем болезней (нервные, душевные

болезни, болезни печени, почек, кишечника, сердца и т. д.), в учащении несчастных случаев и т. п.

Влияние алкоголя на продуктивность работы огромно, все равно, какой бы вид работы ни был. Вот несколько цифр: среди детей народных школ Германии было оказывающих очень хорошие успехи, удовлетворительные, неудовлетворительные: 45%, 48% и 7%—у совершенно неупотребляющих алкоголя; 27%, 58% и 15% — у выпивающих *один раз в день* и, наконец, 0%, 33% и 67%—у выпивающих *3 раза в день*.

Опыты Aschaffenburg'a, произведенные над наборщиками, показали, что 200,0 крепкого вина, выпитые во время работы, понижали количество набираемых букв в ближайшие часы на целых 15%; испытуемым же казалось, что их работоспособность повысилась. Алкоголь понижает точность глазомера, ослабляет память, извращает представление времени, понижает способность восприятия и ограничивает объем сознания, что с экономической стороны является громадным ущербом. Алкоголь уменьшает и силу воли, как доказал Hildebrandt.

Все это вместе взятое требует, чтобы алкоголизм, это позорное для культурного человечества явление, был уничтожен. «Алкоголизм является одним из злейших врагов германской нации и в значительной и тяжелой форме парализует великую культурную силу Германии», писал в 1914 году известный психолог, немецкий профессор Мюнстерберг. Язва алкоголизма должна быть уничтожена путем устранения ее причины, путем радикального изменения социальных отношений. Пока же этого еще нет и на земле, как говорит поэт (Бодлэр), «есть безымянная масса людей, страдания которых не усыпляются сном. Вино напевает ей песни и поэмы». *Прим. ред.*).

§ 141. **Пищи сбережения: чай.** В малых дозах спирт является пищей *сберегающей* основные пищевые вещества (белки, жиры и углеводы).

Представляется интересным, имеют ли такие свойства кофе, чай, орехи и т. д. Ответ на этот вопрос дают след. опыты: три взрослых субъекта выполняют на велосипеде (с измерительным прибором) по 50.000 килограммометров работы каждый, получая обычный пищевой рацион. Затем

вводят в этот рацион вместо хлеба в изодинамических количествах настой из 5,0 сухого чая. После установления точного равновесия наблюдается экономия в 125,5 Cal., 157,56 Cal., 101,59 Cal. на дневной расход энергии.

Полученная экономия остается постоянной в течение многих дней.

Многие народы (русские, мароканцы) потребляют постоянно сильно подслащенный чай. Мароканец выпивает, в среднем, в день, по нашим собственным наблюдениям, 15—20 чашек чая, содержащих около 12,0 сухого чая и 400,0 (почти фунт) сахара. И сила его и сопротивляемость усталости поразительны.

Жители Афганистана употребляют суррогат чая Catha edulis; он дает им возможность совершать долгие ночные марши и увеличивает их мышечную силу.

**§ 142. Кофе.** Кофе, введенное в виде настойки в изодинамическом хлебу количестве в пищевой рабочий рацион двух субъектов, выполняющих каждый по 52147 килограммометров работы, дало экономии 139 Cal и 246 Cal. Вводилось по 30,0 жареного кофе.

Следует думать, что кофе, помимо своей сберегающей способности, стимулирует, будучи введено в небольшом количестве, мышечную и нервную деятельность, возбуждает выделение пищеварительных соков и усиливает общий обмен веществ.

**§ 143. Какао, орехи Кола.** *Какао*, содержащее 0,16% *теина* и являющееся исходным материалом при изготовлении шоколада, действует менее энергично, нежели кофе; однако оно отличается более высокой питательностью.

*Орехи Кола*, содержащие сравнительно много (2—3%) коффеина, оказывают значительное действие на мышечную и интеллектуальную деятельность. «По вечерам,—пишет Шевалье, ученый исследователь Конго и страны Слоновой Кости,—когда нам необходимо было бодрствовать, мы не только легко достигали этого, жуя орехи Кола, но и наша умственная деятельность бывала несколько возбуждена и мысли во время работы точны. По окончании работы мы засыпали так легко, как и обычно и не чувствовали по пробуждении никакого упадка сил. Усталость устранялась и выносливость заметно повышалась».

**§ 144. Пряный напиток.** — Capsicum annuum и масляная кислота также оказываются пищами сбережения: 4 пряных напитка, введенные в пищевой рацион, дали экономию в 298 Cal. Если не уменьшать самого рациона, то субъект увеличивается ежедневно в весе на 400,0 в среднем; энергетическая же сила этих 4 напитков равна всего лишь 21 Cal.

Наконец, *прогорклое* масло, содержавшее 4,21 масляной кислоты, позволило субъекту, выполнившему работу в 48290 килограммометров и затратившему 3567,64 Cal, получить экономию в 485 Cal.

Эти несколько опытов показывают общее действие на обмен пищевых веществ, действующих на нервную систему: заметное *защитительное действие* по отношению к органическим запасам, коэффициент энергетического превращения которых они изменяют.

Следовало бы исследовать с этой точки зрения *приправы*: кухонную соль, уксус, грушевую эссенцию и т. д., хотя о них существует мнение, что они понижают немного мышечную силу.

**§ 145. Голод и истощение.** Недостаточное количество пищи, даже полное воздержание от нее заметно не изменяют (статической) суточной затраты; в первый день по вычислениям Этуотера она падает на 5,6%, в дальнейшем же остается постоянной, как бы демонстрируя известную независимость организма в отношении пищи от внешних условий. Но общая сила прогрессивно уменьшается. Мышечные сокращения замедляются и мышцы утомляются, даже не работая.

Из всех тканей человека, находящегося в состоянии истощения, более всего страдают мышцы, теряющие в своей силе. Умственные способности долго не ослабевают, так как нервная ткань страдает менее других. Исследования, произведенные над голубем, кошкой, собакой, дали весьма значительные цифры израсходования тканей вследствие долгого истощения:

| | |
|---|---|
| Скелет | 21—19% |
| Мышцы | 42—70% |
| Сердце | 45—55% |
| Селезенка | 71—75% |
| Поджелуд. железа | 64—39% |
| Легкие | 22—30% |
| Головной и спинной мозг | 2% |

Из этой таблицы ясно видно, что от голодовки страдают больше органы растительной жизни, нежели органы животной. Субъект, истощенный голодовкой, восстанавливает свой прежний вес гораздо скорее, если он принимает в пищу тройное количество (по сравнению с белками) других пищевых веществ, лишь бы количество белков было бы не меньше 2,0 на кило веса человека, пример: после лишения пищи в течение 40 *часов* давался каждый раз испытуемому субъекту (весом 54 кило), производившему работу в 36089 килограммометров (85 Cal.), в течение 4 часов на велосипеде с измерительным прибором,—пищевой рацион в 2600 Cal., из коих 1750 Cal. приходились на долю углеводов. Результаты оказались следующими:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Белки . . . . . | 93 Cal. | 652 Cal. | 330 Cal. | Величины средние за много дней. |
| Жиры. . . . . | 750 „ | 191 „ | 513 „ | |
| Прибыль в весе . | 443,0 | 707,0 | 1218,0 | |

Жиры более «сохраняют» вес тела, нежели белки, но менее, чем углеводы.

Взрослые легче переносят голодовку, чем дети вследствие быстрого роста (и след. большой потребности в пище) последних.

**§ 146. Влияние нарушения физиологического состояния.** В случаях, рассмотренных выше, физиологические функции (кровообращение, дыхание и т. п.) предполагались нормальными. Кровь выполняла свою роль—доставляла кислород тканям и вымывала из них продукты внутриклеточного обмена. Узкое платье или неправильные положения при работе, препятствуя свободному кровообращению, тем самым уменьшают мышечную силу. *Малокровие* ведет к усталости, нервные клетки и волокна становятся менее возбудимыми, главным обрзом, из-за недостатка кислорода.

При работе ничто не должно препятствовать правильному дыханию, от которого зависит постоянный приток кислорода. И, наоборот, накопление в крови углекислоты вследствие затрудненного дыхания вызывает ослабление мышечной силы и нервной возбудимости токсического происхождения. Вследствие той же причины интоксикация вызывает *одышку*; она наблюдается, напр., при очень быстрой работе и, препятствуя

дальнейшим мышечным усилиям, позволяет излишку углекислоты выделиться из крови через легкие (§ 130).

Накопление яда в крови вызывает, как правило, усталость. Напр., ядовитые вещества мочи, пота должны быть удалены из организма, мышечную деятельность которого они нарушают; содержание кожи в чистоте, обильное количество напитков, выпиваемых человеком, способствуют удалению ядов.

Если мы вернемся теперь к одной из причин усталости, к самоотравлению (§ 135), то должны будем отметить, что мышцы усталого человека все более и более ослабевают. В случае, если усталость достигла предела, мы имеем напряжение, близкое к надорванию сил: в этом состоянии происходят тяжелые нарушения нормального физиологического состояния организма, с признаками мгновенного паралича, мышечные и нервные волокна оказываются как бы внутренне порванными. Человек, согласно выражению, употребляемому на бегах и скачках, «пропал» (flambé). В некоторых случаях появляются более или менее болезненные судороги. Надорвание сил может оказаться смертельным. Для иллюстрации такого «надорвания» приводят, и не без основания, пример марафонского воина—замечательно изваянного Cortot и находящегося в тюильерийском саду. Этот воин, пробежав с нечеловеческими усилиями расстояние от Марафона до Афин и, сообщив жителям последних о победе греков над персами (490 г. до Р. Х.), упал мертвым, как только выполнил свою задачу.

(В настоящее время во время больших, напр., международных состязаниях устраивается т. наз. марафонский бег на дистанции в 30 верст, участники которых приходят к финишу в состоянии близком к «надорванию». *Прим. ред.*).

Утомительная работа, не дошедшая до крайних пределов, вызывает *лихорадку чрезмерной усталости*, также токсического происхождения. Впрочем интенсивная работа повышает и температуру тела на 1°—1,5° и без заметного нарушения функций [1]).

Возрастных изменений в организме в период между 20 и 50-ю годами почти не происходит; человеческая сила про-

[1]) Интенсивная работа, напр., опиловка металла, вызывает местное повышение t° на 3—4° (на коже предплечья и плеча). *(Прим. ред.)*.

грессирует до 40 лет, но не выходит за физиологические пределы. Как мы видели в § 130, изменилась только частота дыханий и биение сердца. Имеется разница между *полами*: в частности, дыхание и пульс у женщины немного чаще, чем у мужчины; кровь же немного беднее эритроцитами. Это физиологическое состояние претерпевает значительные изменения в период *беременности*, когда мышечная сила женщины уменьшается. В это время она должна избегать всякой усталости под страхом смерти или рождения на свет хилых детей.

Наконец, играет роль и *индивидуальность* рабочего: полные субъекты имеют кровь с меньшим количеством эритроцитов; люди с хорошо развитой мускулатурой, наоборот, имеют кровь более богатую ими и устают не так быстро.

Конечно, нельзя думать, что нормальные внутренние условия имеются налицо у всех без исключения рабочих; их невоздержанность вносит нарушения в их физиологическое состояние, что сейчас же дурно отражается на работе. Вот поэтому-то следует всячески, даже помимо их желания, принимать меры к охранению их здоровья [1]).

**§ 147. Значение органов чувств.** Является очевидным значение наших чувств, особенно зрения, слуха и осязания для работы. Давно уже известно, что наши чувства могут поддаваться упражнению и выучке и тем самым становятся более тонкими и более полезными для работы. (О значении для работы органов чувств см. мою книгу: «Психотехника и выбор профессии». *Прим. ред.*).

Хорошее зрение способствует совершенному исполнению работы, ее «отделке». Не все рабочие имеют хороший глазомер. Следует избегать назначать на работу лиц с неисправленной близорукостью, так как они, стараясь лучше видеть предмет, над которым они работают, слишком к нему наклоняются и быстро устают вследствие неудобного поло-

---

[1]) Ф. Джильбретом подробно разработаны правила и распорядок жизни рабочих (см. его книгу: «Fatigue Study»; на известном автомобильном заводе Форда, администрация завода вмешивается в жизнь рабочих вне завода, регламентируя до мелочей их времяпровождение, питание и сон; по имеющимся в литературе данным, это вмешательство очень благоприятно отражается на производительности их труда. *(Прим. ред.)*.

жения тела. В некоторых случаях зрение способствует сохранению равновесия.

В некоторых профессиях, человек умеет хорошо различать *цвета* (художник, красильщик, декоратор театральный или украшающий частные дома), и это умение часто вырабатывается соответственным воспитанием. Неспособность отличать друг от друга красный, желтый и зеленый цвета носит название дальтонизма; около 4% мужчин дальтоники, среди женщин сравнительно мало дальтоничек.

*Слух* дает рабочему его нормальный ритм, как он дает ноту певцу; он сообщает периодичность движению инструментов (стамески, пилы, напильника и т. п.). Кузнецы при своей работе выбивают определенный ритм, повышающий продуктивность их труда и не позволяющий их молоткам столкнуться друг с другом.

(Каждая работа и каждый человек имеют свой индивидуальный ритм, который позволяет им работать с большой продуктивностью. Отбивание ритма метрономом, если ритм субъекта близок к ритму метронома, повышает производительность работы. Значение ритма для работы было известно еще древним народам. Бюхер в своей книге «Работа и ритм» проследил историю ритма и дал ряд примеров его применения. *Прим. ред.*).

Наконец, *осязание* сообщает руке особенную ловкость и дает возможность совершать быстрые и точные движения и заменяет слепоту «глазомер».

(Состояние нервных центров и органов чувств играет крупную роль в вопросе выбора профессии. *Прим. ред.*).

**§ 148. Массаж, сон и отдых.** Из влияний, действующих в благоприятном смысле на мышечную силу, можно здесь указать на массаж и сон.

*Массаж* или разминание мышц является восстановителем сил. Это обстоятельство, известное еще в древности, использовывалось атлетами всех времен и является совершенно верным. Массаж расслабляет одеревеневшие в течение работы мышцы. «Он увеличивает сопротивляемость и замедляет наступление усталости», говорит Maggiora в своих эргографических исследованиях.

«Его действие, в известных пределах, пропорционально его продолжительности».

«Разминающий массаж является более действительным, нежели поколачивание и трение».

«Мышца, ослабленная голодом, вновь восстанавливает свою силу». «Силы вновь возвращаются после массажа к мышцам, истощенным ходьбой, бодрствованием или усиленной умственной работой».

«Наконец, массаж, не сопровождаемый усилением кровообращения, ничего не стоит». В комбинации с теплой ванной он восстанавливает мышечную силу человека в прежнем объеме. Китайцы пользуются репутацией искусных массёров.

Сон восстанавливает силы не меньше, чем это делает массаж. Сон не является *отдыхом* в том смысле, к каком мы понимаем отдых среди бодрствования; сон, это—*полный* отдых, сводящий затрату статической энергии до 0,14 статической затраты (§ 91), почти уничтожающий нервные возбуждения, постоянно имеющие место в состоянии бодрствования и уничтожающий всякое сообщение между внешними раздражениями и внутренним психофизиологическим состоянием. Излишек в пище не может заменить сна, так как необходимым условием для их восстановления является отдых. Опираясь на опыты с тонометром, Бенедисенти утверждал, что мышцы являются более раздражимыми и оказывают большее сопротивление растяжению после глубокого сна.

Продолжительность сна является важным фактором при восстановлении равновесия, нарушенного работой. Необходимы, по крайней мере, 7 часов сна, и именно в ночное время, когда все кругом затихает. В течение сна энергетическая затрата падает до указанной выше (§ 91) величины, а температура тела на 0,8° (между 20 и 24 часами).

(Многочисленные исследования, вызванные несчастными случаями вследствие недостатка сна на железных дорогах, в автомобильном и пароходном деле, всесторонне выяснили значение сна для работы. *Прим. ред.)*

Отдых и сон являются неизбежными последствиями закона ритма, управляющего нашей жизнью и являющегося для нее средством защиты. (О еженедельном отдыхе см. § 137.)

**§ 149. Моральные влияния.** Среди внутренних факторов, влияющих на работоспособность человека, следует отметить факторы морального порядка—следствие той жизни, которую ведет рабочий вне фабрики в кругу своей семьи или своих

сотоварищей. Если он доволен окружающим, то он не так скоро поддастся слабости и после утомления оправляется скорее.

Если рабочий возбужден после беседы, представления или собрания, он отдается работе с жаром, как бы пришпориваемый приятными воспоминаниями. Если рабочего прельщает хорошая заработная плата или собственное самолюбие заставляет его *лучше выполнить работу*, он разовьет бо́льшую скорость и его работа будет исполнена с бо́льшей экономической выгодой (об этом см. в книге выдающегося тэйлориста, американского инженера Г. Гантта: «Современные системы заработной платы и подбор рабочих в связи с доходностью предприятий» и замечательную книгу Ф. Джильбреты «Изучение движений». *Прим. ред.*). И, обратно, надо считаться с существованием у рабочего забот (напр., по случаю болезни кого-либо из членов его семьи), с состоянием его собственного здоровья, даже с его предрассудками (напр., если его религия запрещает ему работать в тот или другой день или есть предлагаемую ему пищу). При наличии *забот*, мышечная сила рабочего ниже нормальной. Ломбард доказал это так: он клал у испытуемого лица, находящегося в сидячем положении, одну ногу на другую (как для исследования коленных рефлексов) и слегка ударял молоточком по колену находящейся сверху ноги. При каждом ударе нога приходила в движение, которое отмечалось аппаратом. Оказалось, что у человека, удрученного заботами, *движения* были *явно слабее*.

Любовь к своему делу является могучим моральным фактором; работодатель должен следить за тём, чтобы никто из рабочих не был бы отстранен от любимого или привычного дела и переведен на работу, чуждую его *темпераменту*; одним словом, следует считаться с *призванием* человека, а так как любовь к деньгам заменила собой в значительной степени любовь к ремеслу, то является необходимым постоянно поддерживать интерес к ремеслу (внешними средствами, напр., повышениями заработной платы, премиями и т. п.).

(Последний вопрос дѐтально разработан американцами и вылился после продолжительного обсуждения в специальных обществах в форму нескольких систем оплаты труда. Комбинация премии с наказанием (штраф, увольнение) входит

необходимой составной частью в систему Тэйлора, и хотя эта комбинация, будучи выведенной на основании эмпирических, опытных данных, научно необоснована, тем не менее покоится на законах психологии рабочего. *Прим. ред.).*

**§ 150. Профессиональные влияния.** Среди внутренних факторов, влияющих на работу, следует отметить тренированность рабочего, о чем уже была речь выше (§ 138), его ловкость и искусство хорошего мастера. Эти качества, вырабатываемые привычкой и размышлением, являются лучшим основанием для получения повышенного жалования. Работник, невнимательно относящийся к своей работе, исполняет ее без всякой пользы для своего профессионального образования; он не будет прогрессировать и остается «машиной», всегда одинаково выполняющей свою работу. Он не станет исправлять утомляющих его неправильных положений или пользоваться различными мышцами для экономии усилий; он не возьмет примера с хорошего, ловкого работника, рядом с ним исполняющего ту же работу и быстрее и экономнее.

В промышленности, особенно в американской, делают различие между *первоклассными* работниками, наблюдающими за собой и постоянно себя исправляющими и *второклассными*, людьми без интереса и инициативы. Подобное разделение важно как в деле достижения максимальной производительности, так и правильной оплаты рабочих.

(Вопрос о воспитании рабочих представляет громадный интерес ввиду его тесной связи с общим вопросом о повышении производительности труда. *Прим. ред.)*

**§ 151. Значение анатомических и физиологических особенностей рабочего.** В основу деления рабочих можно положить также развитие и строение их тела, поскольку это является более выгодным для той или другой работы, будь это *работа скорости или работа силы*. На этой основе строится новая наука, *динамическая морфология*, которая устанавливает взаимоотношения между строением и отправлениями человеческого тела; ею установлены различия, правда еще не резкие, между *темпераментами* на основании преобладания в организме той или другой функции: один представляет собою «пищеварительный» тип, ест много, работает медленно, но в течение долгого времени; другой—тип «мышечный», вкладывающий в работу значительную силу, но в течение непродол-

жительного времени; «дыхательный» тип может в течение долгого времени поддерживать относительно большое усилие; наконец, четвертый тип — «нервный», благодаря быстрому «пуску в ход», работает экономнее и не так подвержен усталости, как другие, благодаря своему устройству.

Несомненно, что для каждого из этих четырех типов может быть найдена наиболее подходящая работа. Напр., землекоп или грузчик выполняют тяжелые работы не спеша, но и не откладывая исполнения работы. Они должны потреблять много пищи и они могут ее съесть чуть ли не любое количество. Американцы (Taylor) назвали этот тип, беря термин из зоологического словаря, «типом вола». Вид человека, принадлежащего к этому типу, здоровый, конечности средней или небольшой величины, толстые, сильные с крепкими суставами; грудь широкая, ноги обычно раздвинуты, образуя как бы подпорки. У людей этого типа мышцы не очень сильны; при большом развитии мускулатуры мы получаем «мышечный тип», выигрыш которого в силе парализуется проигрышем в продолжительности работы. Вот поэтому-то профессиональные борцы — плохие рабочие.

«Пищеварительный тип» может иметь длинные конечности, которые позволяют ему производить движения большой амплитуды. Курьеры Востока, «рикши», могут пробегать без отдыха громадные расстояния быстрыми и длинными шагами. В переноске небольших тяжестей эти люди развивают большую производительность.

«Дыхательный тип» по своим свойствам более похож на «нервный» нежели на другие типы. Он может выполнять работу определенной продолжительности, развивая при этом большую мощность, но к силовым упражнениям и работам он непригоден.

«Нервный тип» мог бы совершить значительное усилие, но при условии, если оно продолжается недолго; истощение наступает вследствие затраты и мышечной и, особенно, нервной энергии; сопротивляемость органов движения у него не велика и насколько «пищеварительный тип» не любит «чрезвычайных усилий», настолько «нервный» считает их наиболее подходящими для себя.

С другой стороны, классифицируют рабочих по их психической интеллигентности и по их личному уравнению и отделяют

быстро работающих от работающих медленно. Промышленность требует произвести такое распределение, так как является чрезвычайно важным, чтобы каждый был назначен на такую работу, какую он может по своим способностям выполнить лучше всего. А за лучшее выполнение должна полагаться и бо́льшая плата и, следовательно, от научного подбора подходящих людей выигрывает и предприниматель, и рабочий, и потребитель.

(За границей, особенно же в Америке, давно уже поняли, какой громадный вред наносится народному хозяйству тем обстоятельством, что тысячи самых разнообразных работ выполняются людьми весьма мало к ним приспособленными по своим физическим и особенно психологическим особенностям. Возникло стремление внести свет науки в эту совершенно не разработанную, хотя и очень важную область и сделать выбор профессии к научно обоснованным и сознательным. Лишь в самое последнее время возникли в Соединенных Штатах, в Германии и других странах многочисленные специальные «институты для выбора профессии» (Литературу см. в Библ. Указателе. *Прим. ред.*). Правильное распределение труда между подходящими лицами позволит приблизиться к идеалу, к тому, что англичане называют: «настоящий человек на своем месте».

**§ 152. Социальные влияния.** К внутренним факторам человеческой деятельности следует отнести также и факторы, стоящие в связи с *социальной гигиеной*; они могут быть двоякого рода: 1) гигиена тела, рациональное питание, профилактика, благосостояние (физиологическое) человека, 2) гигиена и развитие ума или лучше моральных качеств рабочего, являющихся результирующими его общего благосостояния и среды, в которой он вращается. Влияние социальной среды известно. и человек стремится подражать действиям (хорошим или дурным) окружающих его людей. С каждым годом сознание общности интересов все более и более проникает в рабочие организации и совершенно неправы *синдикаты*, стремящиеся опекать рабочих и не видящие вследствие этого действительной опасности, угрожающей их интересам. Мы убеждены, что интересы предпринимателей и интересы рабочих могут быть согласованы. Энергетика дает нам сведения о ежедневных затратах энергии, производимых рабочими. Профессио-

нальная техника предлагает нам методы повышения производительности труда. И та и другая позволяют нам понизить себестоимость фабриката и, след., повысить в известных пределах жалование. Вот по этому-то пути и идет научная мысль последних лет (см. 4 главу III книги). Было бы нецелесообразным в наше время отрицать необходимость рациональной постановки промышленного труда и громадную роль социальной гигиены в деле повышения продуктивности работы и увеличения благосостояния рабочих.

(Литература по вопросам, затронутым в последних §§-ах этой главы, громадна и растет с каждым днем; во время войны и после нее появился за границей ряд книг по выбору профессии, подбору и воспитанию рабочих, изучению и воспитанию рабочих движений, по психотехнике, организации труда и т. п. В Библиотеке Центр. И-та Труда, в Москве, имеются десятки книг и статей по этим вопросам и задача нынешнего момента приступить к изданию книги, в которой эти вопросы были бы освещены более подробно, чем в книге Амара. *Прим. ред.*)

## ГЛАВА II.

## Внешняя среда.

**§ 153. Атмосфера.** Человеческая жизнь развивается в атмосфере, высота которой достигает 150—160 клм. На уровне земли состав воздуха, не принимая во внимание редких газов и примесей, следующий:

Азота — 79%, кислорода — 21% (по объему).

Углекислота присутствует в ней в незначительном количестве—около 0,03%. Водяные пары содержатся в разных *количествах* в зависимости от обстоятельств и выражаются в *гигрометрическом* состоянии среды (см. ниже § 162). Наконец, обычно в атмосфере имеются невидимые глазу крупные частицы пыли и ионы. Иногда атмосфера может быть испорчена газами более или менее ядовитыми или смертоносными (серные, хлористые газы и окись углерода).

Чистота воздуха увеличивается с высотой: порча его выделениями с земной поверхности чувствуется на высоте не более 3 км. по исследованию баллонов-зондов. Облака начинаются ниже этого уровня и встречаются на высоте до 10 км., постепенно становясь тоньше.

Температура воздуха изменяется в течение суток: максимум достигается около 2 часов пополудни, минимум — немного позднее восхода солнца, в 8 часов утра в январе, в 4 часа утра в июле.

Отсюда следует, что амплитуда колебания равна 3,6° в январе и 9,3° — в июле.

Температура воздуха изменяется, как мы увидим, в зависимости от *высоты* и *широты* места.

Термином *атмосферное давление* обозначают давление воздуха на поверхность тел вообще и тела человека в частности.

Это давление на уровне моря равно давлению барометрического столба в 76 сантиметров ртути в 1 кв. см. сечения (разреза); при плотности ртути в 13,6, вес будет = 76 × 13,6 = = 1.033 грамма. При поверхности тела взрослого 1,99 кв. метров, полное давление — 19.900 × 1,033 кгм. = 20.556 кгм. или (приблизительно) 300 тонн; давление огромное, но, однако, не вызывающее вредных последствий, так как оно действует и изнутри, и снаружи организма; эти два действия уравновешиваются на тканях, жидких или твердых и почти что не сжимаемых.

В заключение укажем, что *факторами действия внешней среды* являются: *температура* (один из важнейших факторов), *гигрометрическое состояние*, *атмосферное давление*, *лучеиспускание*: поля *электрическое*, *магнитное* и *звуковое*, *пары* и *смертоносные газы*.

Мы изучим вкратце эти факторы настолько, насколько они изменяют условия профессиональной работы, прибавив сюда влияние *механических условий* (инструментов, посадки), в которых производится работа.

**§ 154. Влияние температуры.** Ввиду ее наиболее сильного и обширного действия, мы выделили для изучения *тепловое лучеиспускание* из других, которые будут рассматриваться ниже. Температура изменяет энергетическую затрату живых существ; у животных она сказывается на свойствах мышц и нервов.

Из согласующихся исследований разных авторов видно, что энергетическая затрата организма увеличивается по мере того, как уменьшается внешняя температура. *Холод* возбуждает процессы сгорания в теле в то время, как теплота

их замедляет. Это действие холода проявляется, как видно в виде *озноба*, потому что, понижая постепенно температуру ванны так, чтобы избежать озноба, не констатируют заметного увеличения теплопроизводства. Тело *охлаждается* при помощи *лучеиспускания*. Чем ниже внешняя температура, тем поверхность кожи животного лучеиспускает больше и теряет больше свое тепло.

*Быстрота охлаждения* горячих тел увеличивается пропорционально превышению их температуры над температурой внешней среды. Это то, что называется *законом Ньютона*. Уподобляя человеческое тело нагретому сосуду с водой, мы измеряем лучеиспускание числом малых калорий, *испускаемых поверхностью* в 1 кв. см. Так как испускание, по закону Ньютона, пропорционально разнице температур поверхности и внешней среды, принимают *за способность испускания* $K$ — число калорий в секунду при разнице в 1°.

Так, при разнице температур $(T - t)$, потеря в секунду одного кв. см. лучеиспускательной поверхности будет

$$q_1 = K_1 (T - t) \text{ мал. калорий.}$$

Лучеиспускание уменьшает температуру тела, стремящегося поддержать ее *постоянной* (около 37,5°) производством большого количества тепла (химическое регулирование).

Величина испускаемой способности $K$ изменяется в зависимости от *природы* и от *цвета* лучеиспускающей поверхности.

Тело теряет тепло не только лучеиспусканием, но и непосредственной отдачей его воздуху вследствие теплопроводности последнего.

Потеря тепла в этой форме зависит от разницы температуры $(T - t)$, от величины и формы поверхности тела. По классическим исследованиям Пекле, можно признать для формы человеческого тела коэффициент $K_2 = 0{,}000066°$ на кв. см. в секунду; отсюда:

$$q_2 = K_2 \cdot (T - t) \text{ в мал. калориях.}$$

Общая же потеря тепла *квадратным сантиметром в секунду* равна:

$$q_1 + q_2 = (K_1 + K_2) \cdot (T - t).$$

Заметим, что температура $T$ на внешней поверхности кожи не легко поддается измерению и непостоянна. Но можно избегнуть измерения температуры следующим образом: температура внутри тела в 37,5° приблизительно поддерживается на одном и том же уровне, благодаря изменяющемуся образованию тепла (прилив).

Кожа же получает на своей *внутренней поверхности* столько тепла, сколько она теряет на своей внешней поверхности. Следовательно, без труда можно установить, что она получает:

$T'$ есть температура на внутренней поверхности кожи.

Отсюда: $$q_3 = q_1 + q_2.$$

Но *перемещение тепла* имеет место через толщу $e$ кожи, *проводимость* которой остается определить.

Называют *коэффициентом проводимости* $c$ — количество малых калорий, которые могут пройти поверхность в 1 кв. сантиметр, толщиною в 1 см. и при разнице температур в 1° между двумя (внешней и внутренней) стенками.

В этих условиях перемещенное тепло $= q_4 = c\dfrac{(T' - T)}{e}$

в малых калориях и мы, следовательно, имеем: $q_4 = q_3 = q_1 + q_2$ (в общем).

Выгода иметь 3 выражения для одной и той же тепловой потери заключается в том, что они позволяют исключить недоступные нашему измерению $T$ и $T'$ и разрешить, таким образом, задачу только при помощи известных температур: 37°50′—для внутренней, $t$° — для внешней среды (воздуха).

Очень несложные преобразования дают, в действительности

$$q = \frac{cK_2(K_1 + K_2)(37°,5 - t)}{c(K_1 + 2K_2) - eK_2(K_1 + K_2)}.$$

Что же касается человеческой кожи, можно допустить ее толщину $e = 0{,}2$ см.

Коэффициенты равны $e = 0{,}00060$ Cal.; $K_1 = 0{,}00015$ Cal.; $K_2 = 0{,}000066$ Cal. Это дает $q = 497 \cdot 10^{-7} \cdot (37{,}5° - t°)$.

В сутки или в $(3{,}600 \times 24)$ секунд, квадр. сантиметр кожи потеряет след. количество тепла:

$$Q_1 = 0{,}004294 \cdot (37{,}5° - t°) \text{ Cal.}$$

Умножив $Q_1$ на 19,900 (число кв. см. на всей поверхности тела), получим $Q = 85{,}450$ Cal. $(37{,}5° - t°)$, т.-е. потерю тепла во внешнюю среду, имеющую температуру $t°$. Эту формулу следует запомнить.

**§ 155. Применения.** Допустим, что внешняя среда имеет температуру $q°$. Подставив вместо $t° - q°$ в выражение для $Q$, получим

$$Q = 2435 \text{ Cal.}$$

Для этой температуры Жюль Лефевр[1]) определил всю теплопотерю в 3216 Cal. Отсюда можно сделать вывод, что независимая от термических влияний внешней среды *физиологическая затрата* $= 781$ Cal.

В случае, если $t = 20°$ (американские исследования), то $Q = 1.496$ Cal., что приводит нас к $1.496 + 781 = 2.277$ Cal., т.-е. ко всей статической затрате, около $^2/_3$ которой служат для целей регуляции.

В жарком климате (на тропиках) при $t = 37{,}5°$ имеем

$$37{,}5 - 37{,}5 = 0$$

и, след., потеря тепла была бы равна 0 и затрата *энергии* организмом свелась бы к *минимуму*. Пойдем далее и предположим, что внешняя температура выше 37,5. Организм не может использовать тепла извне для своих целей и, напротив, такая высокая температура среды служит препятствием нормальному ходу жизнедеятельности организма и может оказаться даже опасной для него, если организм не прибегнет к *усиленному дыханию*, способному ему доставить нужное охлаждение (физическая регуляция Рубнера).

Индивидуальные применения очень интересны: у детей, принимая во внимание относительно бо́льшую поверхность их тела, теплопотеря относительно больше, чем у взрослого. Лица худощавые теряют, как ясно из вышесказанного, много тепла и возмещают потерю сильной теплопродукцией; полные люди имеют, напротив, незначительную относительную поверхность тела, но, несмотря на это, их теплопродукция не-

---

[1]) Жоль Лефевр нашел $c = 0{,}00060$; Адамкевич нашел для мышц: 0,00012; оценка, конечно, очень низкая, а из экспериментов Бордье получена цифра 0,00014.

достаточна, чтобы покрыть теплопотерю. Последнее встречается также у лиц исхудавших и имеющих слабо развитую мускулатуру.

**§ 156. Другие действия температуры.** Известно, что мышечные сокращения становятся быстрыми и энергичными при $t°$ около 20° и что при этой самой температуре сопротивление усталости достигает своего максимума. Также и рост и восстановление клеток ускоряется между 37° и 40°. При низкой температуре наблюдаются прямо противоположные явления.

Возбудимость нервов увеличивается от 0° до 40°, так что повышение температуры сказывается особенно на нервной системе и, если хотите, на движениях человека.

В очень жаркий день в Париже, как это было, напр., в июле и августе 1911 г. замечается такое же расстройство жизни, как в южном городе.

**§ 157.** Температура действует на дыхание, замедляя или ускоряя его, смотря по тому тепло или холодно.

Газообмен усиливается с понижением температуры внешней среды, что объясняется усилением процессов сгорания внутри организма.

Но сильнее всего тепло увеличивает *ритм* дыхания, вызывая иногда настоящее полипноэ (Рише). Последнее наблюдается у собак, когда они задыхаются на солнцепеке. При этих условиях выдыхаемый воздух содержит в изобилии водяные пары; к этому средству организм прибегает в крайних случаях.

Газообмен в определенных температурных пределах происходит легче, если внешняя среда холоднее. Холодный воздух в легких быстро обменивается теплом, при помощи *термо-эндосмоза* с теплой средой. Кроме того, он содержит больше кислорода, нежели тот же объем теплого воздуха, а это обстоятельство благоприятно для тепловой экономии организма. Дыхание в перегретой атмосфере неблагоприятно отражается на физиологической работе. Аналогичное явление—лучшая работа при более низкой температуре наблюдается и в двигателях внутреннего сгорания.

В качестве иллюстрации к только что сказанному приведем наблюдение Кулона (Coulomb) над французскими солдатами, работавшими на Мартинике: там термометр редко опускается ниже + 20°. «Я заставлял солдат исполнять такие

же работы во Франции и могу утверждать, что на Мартинике под 14° широты, где испарение воды телом чрезмерно, они не могут выполнить и *половины* того количества дневной работы, которое они выполняют в нашем климате».

§ 158. Когда температура переходит известные границы, тогда жизнедеятельность организма начинает страдать, и последний может даже оказаться в опасности.

В случае падения температуры организм борется, повышая теплопроизводство и препятствуя, таким образом, *холоду* понизить центральную температуру; он борется и против *высокой температуры*, усиливая дыхательные процессы.

В обитаемых странах средняя температура в течение месяца редко превышает 36° С и опускается ниже 22°, наибольшая амплитуда равна 60°. В Европе и Африке наиболее сильный холод достигает —14°, а наиболее сильная жара +36°. Физиологические функции при таких температурах почти не изменяются, но последние сильно изменяют затрату энергии и немного ухудшают работу; в частности, низкие температуры повышают затрату энергии, а, следовательно, и пищевой рацион на некоторую величину; высокие температуры понижают производительность работы. Влияние *климата* на работу сводится не только к влиянию температуры, о чем мы уже говорили выше, но и к влиянию других факторов: влажности, долготы и широты места. *Полярный* климат, где холод достигает —50° и даже иногда —80°, имеет любопытное действие на обмен веществ. В то время, как организм должен питаться обильно и усиленно дышать, действие полярной температуры замедляет дыхательный ритм и газообмен в легких.

Несмотря на это, под защитой мехов человеку удается сохранить постоянную центральную температуру.

При недостаточной защите или вследствие пониженного (напр., у алкоголиков, при отравлениях) сопротивления охлаждению, внутренняя температура организма падает до 32 (понижение на 5,5°), и в этом случае наступает смерть. И, наоборот, если центральная температура подымается от 37,5° до 43°—44°, то перегревание организма ведет к тому же исходу. Вообще говоря, при обычных температурных и физиологических условиях, действие температуры на нормального человека сказывается по преимуществу на обмене ве-

ществ; изучение этого действия осложняется, а само действие изменяется благодаря *одежде*, *влажности* воздуха и *быстроте* воздушных течений; последний фактор сказывается как в конвекции (переносе тепла воздухом), так и в том давлении, которое он производит на мышцы.

**§ 159. Значение одежды.** Человеческая кожа весьма несовершенно может поддерживать внутреннюю температуру тела неизменной. Роль волос также ничтожна. Поэтому человек искусственно защищается от холода при помощи *одежды*. Защитная способность различных видов одежды зависит от природы их материала, и от их толщины, т.-е. от *проводимости* материи; проводимость *человеческой кожи*—0,0006, т.-е. человеческая кожа при толщине в 1 см. пропускает в 1 секунду на 1 кв. см.—0,0006 Cal. при условии, если разница температуры на обоих ее сторонах=1°. В полярных странах теплопроводность кожи *уменьшается*, вследствие присутствия жировой ткани.

Разные экспериментаторы определяли коэффициент $C$ проводимости разных материй. Наиболее полный и наиболее правильный список их дал Рубнер, пользовавшийся калориметрами различной величины. Рубнер показал, что наихудшим проводником тепла является *воздух*; его коэффициент проводимости = 0,0000532 Cal. Если бы можно было иметь вокруг себя постоянный слой воздуха надлежащей толщины, то можно было бы предохранить себя от холода лучше, нежели какой бы то ни было одеждой разной толщины.

Коэффициенты $c$ различных материй зависят больше от содержания воздуха между волокнами, нежели от природы материи. Волосы на теле, меха, пористые ткани плохо проводят тепло вследствие содержания в них воздуха. При этом при равной толщине та материя хуже проводит тепло, которая менее *плотна*. В «Эксперим. технике» помещена таблица, содержащая плотности и толщины одежды и употребительных тканей и относительный объем воздуха, находящегося в них в неподвижном виде. Вот вкратце несколько коэффициентов проводимости, полученных Рубнером (см. табл. стр. 236).

**§ 160.** При определении лучеиспускательной поверхности одежды можно за таковую принять поверхность кожи. Были произведены многочисленные исследования лучеиспускатель-

| ВЕЩЕСТВА. | Коэффициент проводимости. |
|---|---|
| Воздух | 0,0000532 малых калорий. |
| Волосы крестьянские коричневые | 0,0000763 „ „ |
| „ „ серые | 0,0000745 „ „ |
| Пух гагачий | 0,0000574 „ „ |
| Лошадиные волосы и грива | 0,0000570 „ „ |
| Гладкая хлопчато-бумажная ткань | 0,0000810 „ „ |
| „ шерстяная ткань | 0,0000686 „ „ |
| „ шелковая „ | 0,0000684 „ „ |
| Кашемир | 0,0000686 „ „ |
| Батист (льняной) | 0,0000810 „ „ |
| Шерстяная фланель | 0,0000723 „ „ |
| „ трико | 0,0000650 „ „ |
| Хлопчатая фланель | 0,0000757 „ „ |
| „ трико | 0,0001002 „ „ |
| Льняное „ | 0,0001158 „ „ |
| Шелковое „ | 0,0000916 „ „ |
| Зимние голубые материи | 0,0000756 „ „ |
| „ нитяные „ | 0,0000733 „ „ |
| Летние „ „ | 0,0000714 „ „ |
| Зимние пальто | 0,0000676 „ „ |
| Кроличья шкурка шерстью наружу | 0,0 00689 „ „ |
| „ „ шерстью внутрь | 0,0000682 „ „ |

Прибавим еще несколько результатов измерений:

| ВЕЩЕСТВА. | Коэффициент проводимости. |
|---|---|
| Вода (отнесенная к 37°) | 0,001350 малых калорий. |
| 10% раствор морской соли | 0,001080 „ „ |
| Человеческая кожа | 0,000600 „ „ |
| Свиное сало (в толстом слое) | 0,000480 „ „ |
| Бычачья кожа | 0,000420 „ „ |

(См. в «Технике» дополнит. таблицу). Возьмем для примера человека, носящего шерстяную одежду ($c = 0{,}0000686$), с поверхностью тела в 19000 кв. см., толщиною 0,75 см. и с разницей температуры на двух сторонах $= 10°$. Чему равно количество тепла, теряемого в сутки?

$$\text{Имеем } Q = \frac{0{,}0000686 \times 19\,000 \times 3600 \times 24 \times 10}{0{,}75 \times 1{,}000} 1528 \text{ Cal.}$$

Делим на 1 000, чтобы выразить найденное число в больших калориях.

ной способности различных материй. В нашем распоряжении имеются цифры, полученные Пекле (Péclet). Последний, как и Меллони (Melloni), нашел, что лучеиспускательные способности тканей почти одинаковы для всех цветов, кроме черного

дающего максимум лучеиспускания (по мнению всех исследователей). Ниже (см. «Эксперим. техника») приведена соответствующая таблица. Однако данные Пекле не бесспорны и к тому же уже устарели (1841 г.); так: Пекле дает, напр., для дымного черного цвета, $K$—0,00011 Cal. вместо 0,00016 Cal., найденных Стефаном и Христиансеном. Для кож мы имеем $K$=0,00015 Cal., для *воздуха* недавние определения дали $K$=0,000040 Cal.

Гленьер, пользуясь водяным калориметром, изучил лучеиспускание кожи белых (европейцев, негров и малайцев); черная кожа оказалась более лучеиспускающей. Так, напр., кожа (на предплечьи) белого отдает в час по расчету на 1 кв. метр — 17,40 Cal. Кожа черного—21 Cal.; след., кожа черного отдает в $\frac{21}{17,4}=1,2$ раза больше тепла. В воздушном калориметре нагревание данного объема воздуха в одно и то же время будет в 1,21 раза больше у черного, чем у белого. Эта ясно выраженная разница позволяет людям черной расы терять больше тепла, чем европейцы и, следовательно, лучше сопротивляться действию жары в том климате, где они живут. При оценке лучеиспускания мы руководствуемся *законом Стефана*: «Лучеиспускание поверхности пропорционально 4 степени ее *абсолютной* [1]) температуры». Пусть будет $T$—обычная температура поверхности, $t$—температура внешней среды. Имеем:

$$q_1 = K'_1[(T+273)^4-(t+273)^4].$$

Фактор пропорциональности $K'_1=1,355\times10^{-12}$ (А. Шекспир); для тела «абсолютно черного» он равен, по Бауеру—$1,27\times10^{-12}$; для человеческой кожи—$K'_1=1,02\times10^{-12}$ (приблизительно).

**§ 161. Коэффициент полезности одежды.** Для определения предохранительного действия одежды, независимо от ее толщины и материала, Кулье (Coulier) покрывал изучаемой материей латунную цилиндрическую вазу, наполненную водою. Бергонье употреблял даже медный бюст, наполненный водой, имевшей температуру 37° и определял время, в течение которого бюст охлаждался на 1°. Бюст без одежды охлаждался

[1]) Абсолютной температурой называется температура отсчитываемая от так наз. абсолютного нуля, находящегося на 273° С ниже точки замерзания. *Прим. ред.*

в течение времени 0; отношение $\frac{t}{0}$ и представляет собою «коэффициент полезности» или защиты одежды. Бергонье (Comptes Rendus Biologie, 1904) получил следующие практические коэффициенты:

| ОДЕЖДА. | c'. |
|---|---|
| Трико велосипедистов в обтяжку | 1,10 |
| Шерстяная рубашка | 1,50 |
| Моллетоновый жилет | 1,55 |
| Охотничий жилет | 1,60 |
| Черная кожаная куртка (двойная) | 1,60 |
| Фланелевая рубашка | 1,75 |
| Куртка из толстого сукна | 1,90 |
| Непромокаемый макфарлан | 2,10 |
| Жилет из пиренейской шерсти | 2,50 |
| Шелковое зимнее пальто | 2,50 |
| Шуба из кунячьего меха | 4,50 |

Можно, пользуясь таблицами Рубнера, более точно вычислить защитительную способность одежды по природе ткани и ее толщине. С гигиенической стороны важны также проходимость материи для кожных отделений (пота) и воздуха. Следует одеваться, по возможности, тепло, но не злоупотреблять этим. Рабочие и крестьяне, дурно одетые и недостаточно защищенные от холода, все же не очень страдают от холода. Монтэнь рассказывает об одном зябком и кутавшемся человеке, что тот увидал однажды на прогулке нищего в рубашке, весело прогуливавшегося в морозную погоду. Он был очень удивлен; на свой вопрос, как тот может выносить такой холод, он получил следующий ответ: «У вас ведь лицо открыто. Я же весь представляю собою лицо».

Можно в действительности привыкнуть к очень скверным внешним условиям и такая привычка чрезвычайно закаляет здоровье. Сопротивление невзгодам является характерным для этого привыкшего к тяжелым условиям класса людей.

## ГЛАВА III.

## Внешняя среда (продолжение).

**§ 162. Влияние влажности.** *Относительной влажностью* или *гигрометрическим состоянием* воздуха при данной температуре называют отношение веса водяных паров в данном объеме воздуха к весу водяных паров, которые могли бы

в этом объеме содержаться при максимальном его насыщении.

Если обозначить через $p$ и $P$ эти два веса, то относительная влажность $e$ выразится так:

$$e = \frac{p}{P}$$

Относительной сухостью мы называем вес водяных паров, вычисленный по след. отношению: $\frac{P-p}{P}$; относительная сухость, как видно из этого отношения, тем больше, чем меньше $p$, т.-е. чем меньше водяных паров в воздухе.

На практике рассматривают не веса $p$ и $P$ водяных паров, но их *давления* $f$ и $F$ или *упругости*.

Гигрометрическое состояние выражается через $e = \frac{f}{F}$.

Величина $F$ для разных температур помещена в таблице Реньо (см. «Эксперим. технику», главу «Измерение влажности»); определение производится при помощи гигрометров, из которых гигрометр Крова является наиболее точным и простым; принцип устройства этого аппарата заключается в том, что искусственно понижают температуру металлической коробки, на поверхности которой начинают оседать капли находящегося в воздухе пара. Эту температуру, называемую точкой росы — $t'$, мы отмечаем, и в таблицах находим давление водяных паров, при этой температуре насыщающих пространство.

Это давление и есть давление $f$ паров в исследуемом воздухе.

Пример: в помещении, температура которого $+15°$, точка росы оказалась равной $+5°$; в таблицах находим: для $t' + f = 6{,}55$ мм., для $t = +15°$, для $F = 12{,}7$ мм.

Отсюда $e = \frac{f}{F} = \frac{6{,}55}{12{,}7} = 0{,}514$ или $51{,}4\%$.

При известном $f$ или $e$ можно вычислить вес водяного пара в 1 кб метре при $t°$. Имеем:

$$p = \frac{290{,}2 \times f}{273 + t} \text{ граммов или } p = \frac{290{,}2 \times F \times e}{273 + t} \text{ грамм.}$$

Иногда применяют следующий практический пример: в прядильнях, где влажность всегда повышенная, помещают моток шерсти на весы; моток тем тяжелее, чем влажность больше. Работа в прядильнях требует *увлажнения воздуха*, производимого, напр., аппаратами, насыщающими теплый или холодный воздух водяными парами. Вот некоторые цифры относительно влажности в различных помещениях прядильни:

Бумагопрядильни:

| | |
|---|---|
| Зала для приготовления | 60% |
| „ „ расчесывания | 80% |
| „ „ „ | 55—60% |
| „ „ „ | 65—70% |
| „ „ ткания хлопка | 75—80% |
| Прядильня и зала для ткания льна, джута и конопли | 80—85% |
| „ шелка | 70—75% |
| „ шерсти | 80—90% |

Часто воздух в этих помещениях насыщен водяными парами.

**§ 163. Испарение воды кожей.** Еще Рубнер в девяностых годах произвел замечательные исследования над испарением воды кожей и легкими и доказал, что с увеличением сухости воздуха испарение увеличивается. Оно почти удваивается, если количество водяных паров в кубическом метре воздуха падает с 9 до 5 граммов.

Одним словом, испарение растет, когда влажность уменьшается, и наоборот. Испарение воды происходит и у голодающих и у хорошо питающихся, но у последних оно больше.

Сопоставляя действия влажности и температуры, Рубнер показал, что последняя повышает испарение: минимум имеет место между 10° и 15°, а начиная с 25° испарение становится очень быстрым. Вольперт находит минимум около 18°, а максимум — около 37°.

Сходное явление было наблюдаемо у ксерофитов (xeros — сухой), растений пустынь, у которых испарение сильнее на солнце (поглощение красных «тепловых» лучей), нежели в тени; оно может остановиться в темном месте.

Испарение воды телом человека или животных является сложным физическим и физиологическим феноменом, происходящим под контролем и при участии нервных центров. Роль этих центров заключается в том, что они *регулируют*

расход «испарения», приспосабливая его к жаре. Мы знаем, в действительности, что вода испаряется с поверхности кожи, поглощая при этом тепло.

Потение является, значит, фактором равновесия организма и подчиняется, как и все другие функции, нервной координации.

Для организма было бы весьма вредно, если бы это было не так. Пот весьма ядовит, особенно, когда он образовывается во время усталости (§ 146). Например, то количество ядов, которое выделяется за сутки с мочей, достаточно, чтобы вызвать (при введении прямо в кровь) явления отравления. Случаи самоотравления происходят по преимуществу в теплой и влажной атмосфере, вследствие того, что при незначительном потоотделении ядовитые вещества остаются в теле. Из этого видно, насколько необходима регуляция и удаление водяного пара «в биологических целях».

В среде, имеющей температуру в 20°, взрослый человек выделяет в состоянии отдыха около 900 граммов воды, при средней работе в 200,000 кгм-м. — 3000 граммов и в случае особенно трудной работы — от 7000 до 8000 граммов пота. Маршировка в полной пустыне вызывает огромное испарение, часто гибельное для здоровья. Испарение столь значительных количеств воды влечет за собою большую потерю тепла.

В заключение укажем на то, что все обстоятельства, мешающие испарению, могут сделаться опасными; напр., влажность (сырость) в прядильнях (в среднем 85% при 23°), пыль, которая, как на листьях комнатных растений, засоряет поры, через которые происходит испарение.

Люди страдают, говорит Рубнер, от *влажной теплоты* вследствие недостаточного испарения, и от *влажного холода*, потому что теря[illegible]ого тепла. Ускорить понижение влажности очень энергичной вентиляцией является весьма выгодным, испарение будет происходить более нормально и, с другой стороны, жара будет более выносима в относительно сухой среде. Сухое состояние атмосферы благоприятствует работе, особенно при средней температуре в 15° — 16°; в редких случаях наблюдается крайняя сухость, обнаруживающаяся характерными признаками. На больших высотах она достигает таких размеров, что дерево трескается, тела электризуются и кожа рук местами сходит.

Заметим, наконец, что одежда в зависимости от природы материала поглощает больше или меньше воды. Они умеряют испарение и препятствуют резкому охлаждению тела. Рубнер нашел, что максимальное количество воды, удерживаемое *граммом ткани*, равно:

| | |
|---|---|
| Шерстяная фланель | 10,3 гр. |
| Хлопчатобумажная ткань | 6,0 „ |
| Шерстяное трико | 4,8 „ |
| Хлопчатобумажное трико | 4,2 „ |
| Шелковое „ | 3,8 „ |
| Льняное „ | 2,1 „ |

С этой точки зрения, *шерсть* оказывает ценные услуги летом и зимою; она, напр., в ходу у арабов.

§ 164. Воздух действует на человека и животных своей температурой. Но помимо этого он также действует своей быстротой и массой. В отсутствии ветра, сопротивление воздуха является функцией быстроты перемещения человека; последняя для ходьбы при хорошем шаге = 1,5 м. в секунду. Следовательно, сопротивление воздуха $R$, т.-е. давление, которое он оказывает на движущееся человеческое тело $R = K \times S \times V^2$, где $K$ выражено в кгм., $V$ — в метрах, а поверхность $S$ — в кв. метрах. Что касается коэффициента сопротивления, то до быстроты в 42 метра, $K$ (по Эйфелю) значительно и = 0,079. Для человека, идущего шагом, действующая поверхность равна приблизительно 0,75 кв. м.; отсюда: $K = 0{,}079 \times 1{,}50^2 \times 0{,}75 = 0{,}133$ кгм. Это для одной секунды дает бесполезной работы: $0{,}133 \times 1{,}5 = 0{,}2$ кгм-м.

В случае движения самого воздуха мы должны принять во внимание быстроту *ветра*, находящуюся обычно в пределах от 2 до 40 метров, в зависимости от момента и от высоты. С высотой она увеличивается. В этом случае мы быстротой ходьбы самого пешехода пренебрегаем. Исключение должно быть сделано для велосипедных и автомобильных гонок и иногда для бега. Для нормальной быстроты можно принять величину в 6 м.; при ней давление $K = 2{,}133$ кгм., а работа = 12,8 кгм-м. в 1 секунду.

В сильный ураган ($V = 40$ м.) давление воздуха достигает 95 кгм., и взрослый человек может быть поднят в воздух, если он для уменьшения поверхности, на которую давит воздух, не согнется.

Измеряют *быстроту ветра* при помощи *анемометра* (см. «Экспер. Техника», § 188).

**§ 165. Влияние быстроты воздушных течений** при данной температуре было изучено д'Арсонвалем, а затем Жюлем Лефевром, помещавшим человека в вентилируемое помещение (см. «Экспер. Технику», § 239), в котором имеются воздушные течения, при чем масса и скорость воздуха известны; они отмечали температуру этого воздуха вверху в начале и конце опыта. Пусть $M$ будет вся масса воздуха, циркулирующего в 6 минут и согревающегося на 0°. Умножая это прибавление температуры 0° на *удельную теплоемкость* воздуха — 0,237, получаем количество тепла, потерянногосубъ ектом и затраченного на нагревание воздуха.

В один час оно равно: $Q = \frac{0{,}237 \times 0 \times M}{t} \times 60$ (в калор.).

Вот таблица, содержащая несколько результатов этого рода (для взрослого):

| Быстрота ветра. | Температура воздуха. | В час (большие калории) | | Отношения | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Голое тело. | Тело в одежде | А. | Б. |
| 1,20 м. | 9° | 134 | 93 | $\frac{201}{134} = 1{,}50$ | $\frac{134}{98} = 1{,}36$ |
| 3,80 м. | „ | 201 | 130 | $\frac{130}{98} = 1{,}32$ | $\frac{201}{130} = 1{,}54$ |
| 1,50 м. | 5° | 185 | 143 | $\frac{277{,}5}{185} = 1{,}50$ | $\frac{185}{148} = 1{,}30$ |
| 3,80 м. | „ | 277,50 | 172 | $\frac{172}{143} = 1{,}20$ | $\frac{277.5}{172} = 1{,}61$ |
| 4,00 м. | 4° | 313 | 170 | | $\frac{313}{170} = 1{,}84$ |

Легко заметить, что теплопроизводство увеличивается с понижением температуры и также с увеличением быстроты ветра. Увеличение теплопроизводства для человека в одежде при прочих равных условиях меньше, нежели для обнаженного (отношение А), что указывает на защитное действие

одежды; последнее сказывается сильнее, чем быстрота ветра больше (отношение Б); коэффициент полезности, равный 1,54 при 9°, становится = 1,61 и 1,84 при 5° и 4°, при постоянной скорости ветра (3,8 м. — 4 м.).

Увеличение защитного действия при повышении скорости ветра объясняется тем, что воздух вгоняется в поры одежды, образуя как бы воздушный матрац — плохой проводник тепла; лучшая же защита против более низкой температуры объясняется тем, что *более холодный воздух хуже проводит тепло.*

На больших высотах, на открытом воздухе калорическая затрата гораздо выше, чем в закрытом помещении (в городе, кабинете, мастерской).

**§ 166.** Рассмотрим изменение затраты тепла в зависимости от изменения температуры (рис. 77).

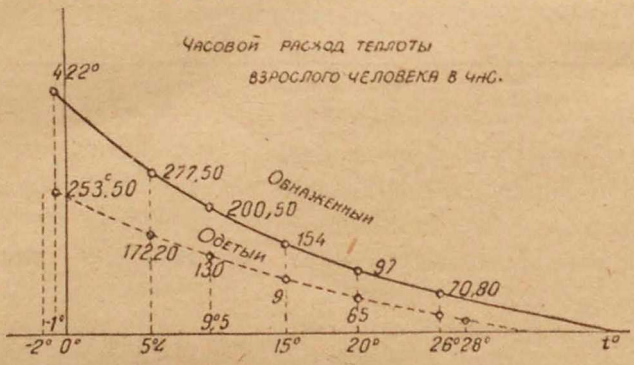



Рис. 77. Расход теплоты взрослого человека в час.

Взрослый человек в зависимости от того, будет ли он обнажен или одет в легкий костюм, затратит в час количества тепла, указанные в этом графике. Эти величины дают всю затрату человека в час; вследствие соприкосновения с воздухом в среде с $t = 20°$ имеем 97 кал. $\times$ 24 = 2.328 *Cal.* Вычтя из этой цифры потери лучеиспусканием и конвекцией (1500 *Cal*), получим 828 *Cal* для *минимальной физиологической затраты* (§ 155); эта затрата у взрослого близка к 900 *Cal*, но не выше..

† **§ 167. Влияние воды и ванн.** Человеку редко приходится работать, будучи погруженным в воду. У пловцов энергетиче-

ская затрата изменяется в зависимости от *силы* течения и температуры воды; сопротивления, которые надо преодолеть

$$R = K \times S \times V^2 \text{ (в килограммах)},$$

где $K = 73$, сообразно с *формой* челов. тела и плотностью морской воды в 1,028 (в среднем); $S = 0{,}035$ кв. м. (приблизительно); при течении в 4 метра, имеем:

$$R = 73 \times 0{,}035 \times 16 = 41 \text{ кгм.}$$

Если вода *спокойна*, мы принимаем во внимание только *химические* и *тепловые* действия; первые имеют место при осмотическом обмене солей организма и воды (особенно морской); вторые более значительны; Жюль Лефевр подробно их изучил: субъект погружен в массу воды $M$, находящуюся в ванне; он подымает ее температуру до $0°$ в $t°$ минут. Приняв удельную теплоемкость воды за 1, получим часовую затрату:

$$Q = \frac{M \times 0}{t} \times 60$$

Субъект, качая свое туловище 25 раз в минуту, приводит в движение воду ванны, нарушая этим состояние покоя. Лефевр установил, однако, что теплопроизводство изменяется в обратном смысле по сравнению с температурой ванны. Тепловой расход в минуту выражается, приблизительно, след. формулой:

$$q = 22{,}556 \; Cal, - 0{,}843 \; t - 0{,}0178 \; t^2 + 0{,}00124 \; t^3 - 0{,}000016 \; t^4.$$

При температуре воды от $+25°$ до $+35°$ наблюдается покраснение + гиперемия кожи, что указывает на то, что причина гиперемии не теплопроизводство.

Затраты в минуту:

| температура: | 5° | 12° | 18° | 24° | 30° | $q$ в 1′ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 18,05 | 11,7 | 7,2 | 4 | 2 | *Cal.* |

Заметим мимоходом, что закон Лефевра, как и график рис. 77, привели бы для температуры в 35° к теплопродукции в 1.200 *Cal.* в сутки.

Экспериментальным путем этот ученый нашел 1.500 *Cal* (в среднем), по способу, указанному выше, и по затрате кислорода. Физиологическая энергия оценена им в 1.500 *Cal* вместо 900 *Cal* — наибольшая допускаемая нами величина.

О влиянии воды можно сказать то же, что и о влиянии воздуха, а именно, что они больше сказываются на лицах небольшого роста, имеющих относительно большую *поверхность*.

**§ 168. Влияние высоты.** Атмосферное давление измеряется *барометром* («Эксперим. Техника», § 233). Она является функцией высоты места, уменьшаясь при увеличении высоты и увеличиваясь при опускании. Температура воздуха есть аналогичная функция, потому что при подъеме становится холоднее и, обратно, температура повышается по мере опускания. В качестве первого приближения принимают, что температура повышается на 1° при углублении на 33 метра *под землю*. Более точно барометрическое давление и температура места суть функции его высоты и географической широты. Зная давления барометра у подножия и на вершине горы—$H$ и $H'$, температуры $t$ и $t'$ и, зная широту $\lambda$, можно по формуле *Лапласа* вывести из них величину высоты $A$.

Имеем: $A = 18.405$ м. $(1 + 0{,}002552 \cos 2) \cdot (1 \frac{t+t'}{500}) \log \frac{H}{H'}$.

Обратно можно вывести из $A$ и из остальных величин величину $H'$. Для сравнения одного места с другим, нельзя употреблять высоту $A$, вычисленную только что указанным способом. Нужно также принять во внимание положение основания горы по отношению к уровню моря; если она на $B$ метров выше уровня моря, то настоящая высота горы будет $A + B$. Это и есть так наз. *высота, приведенная к уровню моря*.

Что касается температуры, то правильность ее изменения с высотой нарушается большим количеством *трудно учитываемых* факторов: направлением ветров, положением места по отношению ко всему окружающему и т. п.

Изменение температуры с глубиной не менее неправильно. Можно было бы ее высчитать, сравнивая ее с распространением волны через твердое тело, волны, вызванной лучеиспусканием поверхности; можно было бы найти затухание этой волны так, что на глубине от 25 до 30 метров уже не заметны были бы колебания внешней теплоты.

Эксперимент, действительно, показал, что на глубине = 30 метрам в наших климатах, находится слой с *неизменной*

*температурой*. Напр., погреб, расположенный на этой глубине, имел бы постоянную температуру летом и зимой.

Но, ниже слоя с неизменной температурой, температура почвы увеличивается вместе с глубиной в среднем на 1° на 33 метра; однако отклонения от этого правила велики. Так, измерения дают повышение на 1° на 25 метров в рудниках Сперенберга, около Постдама, до глубины в 628 м.; ниже—1° на 31 метр, затем—1° на 64 метра. В колодцах Анзика температура повышается на 1° на 15—20 метров, в рудниках Нойффена, Вюртенберга 1° на 11 метров. Более точные результаты могут быть получены из определений температур артезианских колодцев: колодец в Гренеле (глубина=515 м.) содержит воду температурой в 27,7; вычитая из 27,7 температуру поверхности земли, получаем разницу температур; повышение на 1° соответствует глубине в 30 метров.

Человек, поднимающийся на гору, взлетающий на шаре или аэроплане или, наоборот, спускающийся в шахту, должен считаться с изменением атмосферного давления и температуры, это *изменение*, в зависимости от *скорости*, с которой он перемещается, будет *медленным* или *быстрым*. Полезно запомнить этот фактор быстроты, которому приписывают не без основания некоторые последствия пребывания на высоте.

Изменения давления изменяют содержание в воздухе *кислорода*. Нормально 300 грамм кислорода приходится на 1 кб. м. воздуха при давлении в 760 мм. и при 0°. Если давление падает наполовину (до 380 мм.), его содержание понижается до 150 грамм. Скажется ли это обеднение воздуха кислородом на физиологическом состоянии человека? *Сжатый воздух*, напротив, более богат кислородом, чем воздух при нормальных условиях. Каково его действие на организм? В этой области есть много вопросов; на некоторые из них мы попытаемся вкратце ответить.

**§ 169. Действия атмосферного давления.** Возьмем сначала случай *понижения* атмосферного давления: оно влечет за собою уменьшение нормального содержания кислорода в одном и том же объеме воздуха. До содержания кислорода в воздухе в 115 граммов на 1 кб. м. дыхание нисколько не нарушается. Это было доказано опытами, в которых, поддерживая давление при 760 мм. и уменьшая содержание кислорода в воздухе, доводили, наконце,

до понижения одновременно и давления и пропорции этого газа.

Содержание в 115 граммов приблизительно соответствует давлению в 290 мм., характеризующему высоту в 7680 м. До сих пор мы допускали, что красные кровяные тельца исполняют свою функцию разносчиков кислорода правильно и что окислительные процессы внутри организма происходят, как в норме. Однако при высотах от 1500 мм. до нескольких тысяч метров, количество *красных шариков* увеличивается и этим увеличением их *общей поверхности* они возмещают уменьшение содержания кислорода. Например, Mercier наблюдал, что в Цюрихе при высоте в 412 метров 1 кб. мм. крови содержал около 5,4 миллиона красных шариков; на горе Ароза на высоте 1800 м. это число увеличивается до 7 миллионов и более; в Бале, где высота — 266 метров, оно падает до 6 миллионов.

Необходимо лишь, чтобы пребывание было довольно продолжительным, только бы высота не превышала 2.800 метр. и чтобы более сильное лучеиспускание не способствовало этому феномену. Можно вынести без труда жизнь на высоте в 11.650 метров, если повысить содержание кислорода в воздухе. Опыт заключается в том, что заставляют субъекта дышать под колоколом воздушного насоса воздухом, обогащенным кислородом при полном давлении в 192 мм., что соответствует высоте в 11.650 метров.

Относительная независимость процессов окисления, происходящих внутри организма, от атмосферного давления, представляет собою доказанное экспериментально явление громадной важности. Для сохранения процессов окисления на одном и том же уровне, при пониженном содержании кислорода необходимо, чтобы вентиляция легких была более сильной и величина работы дыхательных мышц больше.

При спуске с пика Тейде, на Тенерифе (3700 м.), Цунтц и Дюриг отметили бо́льшее как при работе, так и при отдыхе, потребление кислорода, чем у подножия пика.

Итальянский физиолог Моссо констатировал уже на высоте в 4560 м., при давлении в 428 мм. (Монте-Роза) изменение биений пульса и дыхательных движений и небольшое уменьшение *жизненной способности*. Полученные при восхождении на гору эргограммы указывают «на худшую, чем в

норме, работу нервной системы и нервных центров». Если человеку, находящемуся на большой высоте, приходится еще и выполнять тяжелую механическую работу, то дыхание его ставится в особо тяжелые условия, вследствие малого содержания в воздухе кислорода, что и ведет к худшей работе нервных центров.

Уклонения в нормальном течении процессов в организме, зависящие от более или менее резкого перехода от высокого давления у земной поверхности к низкому на высоте, дают, в общем, картину симптомов, получившую название «болезни высоты», «горной болезни», «болезни авиаторов» и «пука» (у южно-американцев). При давлении в 400 мм. эта болезнь сказывается в тошноте, усилении сердцебиений, дыханий, затрудненности движений; возбудимость нервной системы повышается; увеличивается одышка, приводящая на высоте в 8500 м. к смерти.

Рауль Бэйо показал, что падение давления восстанавливает оксигемоглобин крови, что видно из автохромных снимках этой крови и, что болезнь высоты излечивается подкожным вливанием небольших количеств жидкостей, насыщенных кислородом. Гумбольт (1837 г.) полагал, основываясь на неверном опыте бр. Вебер, что причиной затруднения движений на высоте является падение атмосферного давления и, как следствие этого, расхождение суставных поверхностей.

В действительности, утомление в данном случае и симптомы болезни высоты тем резче выражены, чем больше механической работы приходится выполнять при восхождении на горы. При подъеме на вершину Монблана известный астроном Жансен, устроивший там обсерваторию, не испытывал никаких неприятных явлений; обычно же альпинисты испытывают их на высоте 2000, иногда даже 1500 м. Воздухоплаватели, не производящие при подъеме, в отличие от альпинистов, почти никакой физической работы, начинают чувствовать симптомы болезни высоты на бо́льшем расстоянии от земли. Начиная с высоты в 1200 м., они страдают шумом в ушах, головной болью, сильным жжением кожи лица; они чувствуют усталость и веки их слипаются от стремления отдохнуть и соснуть при спуске на землю. Авиаторы особенно сильно испытывают действие резкого

перехода от низкого к сравнительно высокому давлению (при быстром спуске).

Например, авиатор Шавез затратил 19 минут на поднятие с высоты в 880 м. до высоты 2010 м.; Моран достиг высоты в 2600 м. в 24 секунды, а спустился оттуда в 2 минуты (!).

[В 1920 году один американец поднялся на высоту свыше 11.000 м. и, благодаря неисправности аппарата, стал падать, но успел все же выправить аппарат на высоте нескольких сот метров; однако подобный резкий переход из области с низким давлением в область высокого давления не прошел для него безнаказанно: он ослеп. *(Прим. ред.)*]

**§ 172.** Важнейшей и несомненной причиной болезни высоты является *усталость*, наступающая быстрее и проявляющаяся в более резкой форме при уменьшенном давлении, чем внизу на земле. Как следствие этого, получается невозможность выполнять одну и ту же механическую работу на равнине и высоко в горах. Шахты Буляр имеют глубину в 2600 м. и быстрый спуск в них даже на 600 м. уже вызывает затруднение в дыхании. Происхождение этой усталости объясняется исследованием Бэйо, а также Банкрофта, показавшего, что сродство гемоглобина к кислороду уменьшается вместе с высотой поднятия параллельно с уменьшением *щелочности* крови, благоприятствующей связыванию кислорода.

Уменьшение силы рабочих на высоте в 2500 м. равно 15%, даже в том случае, когда они являются постоянными жителями местностей, расположенных на высоте в 700—800 м. над уровнем моря. В южной части Перу есть рудники, расположенные на уровне 4500—4900 м.; кузнецы, плотники, столяры, механики работают там *с вдвое меньшей* продуктивностью, нежели на равнине. Трефуа (Tréfois) и Фокс (Fox) полагают, что сильное уменьшение динамического эквивалента рабочего на больших высотах зависит преимущественно от разрежения воздуха.

Известную роль в понижении продуктивности работы играет *холод*, являющийся причиной постоянных снегов (до 10 м. глубины) на высотах 2000—3000 м. (рудники Пико в Испании; рудники в Пиринеях, во Франции, Италии и других странах). Работники, труд которых наиболее высоко оплачивается, отказываются подвергаться такому леденящему хо-

лоду; альпийские сторожевые солдаты долго не выдерживают условий службы в горах зимой и массами заполняют больницы.

Итак, болезнь высоты вызывается холодом, усталостью, недостатком кислорода в крови и, быть может, сознанием постоянно грозящей опасности.

Интересно отметить, что двигатели внутреннего сгорания, применяемые в промышленности, развивают меньшую силу, будучи поставлены на большой высоте (1000 — 5000 м.) (§ 157).

Изучение болезни высоты стало важным для науки с тех пор, как авиация получила громадное развитие.

[Между прочим одной из причин, препятствующих человеку подниматься слишком высоко, является слишком большое % содержание водяных паров в выдыхаемом воздухе:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| на уровне моря | давление водяных паров | = | 46,7 *mm* | или | 6% |
| „ высоте Монблана (4810 м.) | „ „ „ | = | 83,6 „ | „ | 11% |
| „ „ 11000 метров | „ „ „ | = | 197,6 „ | „ | 26%] |

*Прим. ред.*

Явления, сопровождающие быстрый спуск авиатора, являются наиболее любопытными, особенно теперь, когда аэропланы подымаются иногда более чем на 5.000 метров (авиатор Гаро 5 сентября 1912 года) (в 1920—22-х годах был совершен ряд подъемов до 10.000 и даже 11.000 м. *Прим. ред.*) и, что *при очень быстром спуске* авиатор испытывает резкие нарушения деятельности кровеносной, дыхательной и др. систем. Попытаемся дать объяснение одному из этих явлений и потому рассмотрим падение тел, происходящее с ускорением; если бы это тело несло на себе тяжесть, то давление этой тяжести свелось бы к $m(g-\gamma)$ вместо $mg$. Для случая с человеческим телом кровь—жидкость и есть тот груз, все части которого, находящиеся в тканях организма, давят с силой $mg$; при быстром спуске авиатора эта сила сводится к $m(g-\gamma)$, а при очень большом ускорении все происходит так, как если бы наша кровь была невесома; поэтому и происходит то особое ощущение жжения кожи лица, к которому кровь приливает с большей силой, чем обычно. Если

наше объяснение соответствует истине, то спуск *с постоянной скоростью (без ускорения)* устранил бы те явления, от которых страдают авиаторы при спуске [1]).

## ГЛАВА IV.

## Внешняя среда.

*(Продолжение.)*

**§ 172. Атмосферное давление в глубинах и влияние сжатого воздуха.** Атмосферное давление увеличивается по мере опускания человека в глубину земли; однако увеличение содержания кислорода в воздухе подземных галлерей на обычных глубинах (рудники, копи и пр.) существенно не изменяет газообмена, так как насыщение крови кислородом останавливает дальнейшее воздействие последнего на газообмен.

[В шахтах и галлереях угольных копей и рудников, куда с трудом проникает свежий воздух с земной поверхности, большую опасность представляют *углекислота и рудничный газ*. (Последний состоит, по исследованиям Томаса, из метана (96,7%), углекислоты (0,47%), азота (2,79%) и представляет опасность благодаря своим ядовитым и взрывчатым свойствам; примесь рудничного газа к воздуху копей в количестве более 2% уже является опасной; удаление рудничного газа причинившего много несчастий, часто со смертельным исходом, является предметом заботы со стороны профессиональной гигиены. Вентиляция шахт и подземных галлерей производится теперь преимущественно при помощи воздушных насосов, нагнетающих или, наоборот, высасывающих воздух из шахт и подземных галлерей. Ведь воздух в последних портится от дыхания и испражнений людей и лошадей, от гниения дерева, от горения ламп и т. п.; содержание кислорода, благодаря постоянному его потреблению лампами, людьми и животными, падает иногда до 8,5%

---

[1]) В настоящее время для пассажирского движения употребляются аэропланы с закрытой кабиной, в которой давление воздуха даже в случае быстрого спуска выравнивается относительно медленно.

*Прим. ред.*

вместо нормальных 21% (по Рубнеру); требуется по Васильеву в час свежего воздуха:

| | | | |
|---|---|---|---|
| на | 1 рабочего | — 1908 | кб. ф. |
| » | 1 лошадь | — 7592 | » » |
| » | 1 лампу | — 10,8 | » » |
| » | 1 ф. пороха | — 504 | » » |

Отсюда становится понятной необходимость сильной вентиляции рудников с тем, однако, что бы скорость воздуха не превышала определенной величины. (Прим. ред.).]

Рабочие рудников подвергаются также воздействию других факторов, из которых наиболее важными являются: *теплота*, *подземная вода* с одной стороны, и *темнота* с другой.

Повышенная температура рудников является следствием прогрессивного увеличения температуры по мере опускания в глубину. Так, если внешняя температура=10°, то температура на глубине 1500 м. достигает 50°—55°. Влажность на этой глубине также значительна и потому работа в рудниках в теплой и влажной атмосфере является очень тяжелой (§ 163). При таких условиях температура в 25° является верхней границей, за которой работа связана с серьезной опасностью для рабочего; поэтому, уже при глубине в 700—800 м. является необходимость в охлаждении воздуха путем нагнетания в наиболее жаркие места рудника холодного воздуха, смешивающегося там с воздухом подземной галлереи. Для этой цели предложены и применяются различные модели машин, охлаждающих воздух; что касается роли темноты, она будет рассмотрена дальше (§ 176).

Сильно сжатый воздух в водолазных колоколах и кессонах, употребляемых при подводных работах, напр., при возведении устоев мостов с иным, чем в норме содержанием кислорода, оказывает довольно сильное действие на организм, но меньшее, чем *резкий* переход от повышенного давления к нормальному, или наоборот (реже).

Нарушения нормальных физиологических процессов, вызываемые пребыванием в сжатом воздухе, могут быть крайне серьезными и обнаруживаются у рабочих, работающих в водолазных колоколах, в кессонных ящиках и тому подобных условиях. Эти нарушения обозначаются общим именем: «кес-

сонной болезни». Рабочие проникают в колокол или кессон после того, как сжатый воздух вытеснил оттуда воду. Давление, необходимое для удаления воды, зависит, очевидно, от глубины, на которой производится работа. *Оно повышается на 1 атмосферу при опускании на* 10,33 метра. Обычно, работы происходят при давлении, не превышающем 5 атмосфер. При этих условиях дыхание замедляется и, следовательно, понижается интенсивность окислительных процессов внутри организма. Кровь растворяет большее, чем в норме, количество газов, т.-е. азота и кислорода. Так, в крови находится:

| | Кислород. | Азот. |
|---|---|---|
| при нормальном давлении . . . . | 20% | 2,2% |
| „ 6 атмосферах . . . . . | 23% | 6,5%, |

или, выражая это в других величинах, на 1 литр циркулирующей крови приходится излишек кислорода в 30 кб. см., а азота в 43 кб. см. Общее количество крови у взрослого равно 4,5 литра и, следовательно, это количество крови содержит 135 кб. см. кислорода и 194 кб. см. азота, стремящихся выделиться в воздух в момент прекращения добавочного давления.

Выделение массы газов в короткое время закупоривает сосуды, вызывая *воздушную эмболию*, приводящую часто к смерти, особенно у более полных лиц. Выделяется, главным образом, *азот*, так как кислород связан с гемоглобином крови. Из других ощущений человек испытывает при погружении в воду *звон* в ушах, иногда весьма неприятный, от которого рабочие избавляются усиленными глотательными движениями. Но мы не станем останавливаться на этом, так как это уже выходит из области профессиональной гигиены. Мы укажем здесь только на понижение окислительных процессов—этого источника энергии в теле—и на связанное с этим понижение динамической способности. Работающие при повышенном давлении жалуются также на некоторую одеревенелость их суставов, мешающую их движениям.

§ 173. **Действие на рабочего ядовитых газов и паров.** Атмосфера, которую мы описывали выше, никогда не имеет того состава, никогда не бывает такой *чистой* там, где работают люди.

*Углекислота и окись углерода* являются наиболее частыми загрязнителями воздуха; первая может стать опасной лишь при большем содержании в воздухе, вторая является крайне опасной благодаря своему действию на гемоглобин крови, уже при содержании в 0,2—0,3%. Особенно она опасна для утомленного человека; к несчастью, окись углерода встречается повсюду: в количестве 5—9% она содержится в светильном газе, образуется в каменоугольнях, в известковых печах, в плохо проветриваемых туннелях, при сгорании углей в жаровнях, особенно же при неполном сгорании и во многих других случаях [1]). Несчастные случаи происходят, по преимуществу, с теми лицами, которым приходится иметь с ним дело: газопроводчиками, шахтерами, кухарками, булочниками, прачками [1]).

Отравление окисью углерода выражается в посинении лица, головокружениях, галлюцинациях и резком упадке сил и часто приводит к смерти.

При обработке металла рабочим приходится иметь дело с выделяющимися при этом ядовитыми газами, представляющими большую или меньшую для их здоровья опасность и в первую очередь с продуктами, получающимися при обработке *свинца и ртути*.

Д-р Голланд из Шамбери указал на случаи отравления (заболевание сходное с диабетом), вызываемые получающимися при обработке аллюминия парами *фтористого водорода*.

Пары *серного ангидрида*, выделяемые электрическими аккумуляторами (трамваи, заводы, электр. станции и т. п.), летучие соединения фосфора действуют крайне вредно на организм людей, вынужденных иметь с ними дело; удушливый запах этих газов усиливается при изменениях атмосферного давления, температуры, электрического поля и т. п.

При работе в выгребных ямах, сточных трубах и подземных каналах (égouts) часто наблюдаются несчастные случаи,

---

[1]) [При работе с газом, напр., на фабриках электрических ламп, в насосном или монтажном цехе, содержание углекислоты и окиси углерода повышено и вызывает головокружение, головную боль и преждевременную усталость у работающих.]

*Прим. ред.*

зависящие скорее от недостатка кислорода, чем от присутствия вредных газов (сероводорода и др.).

§ 174. Граверы, токари и др. лица, работающие с буксусом (Gonioma Kamassi), подвержены отравлениям, так как буксус содержит в себе алкалоид, аналогичный кураре с его парализующим действием на центры головного и спинного мозга; содержание этого алкалоида = 0,07%; экзотические виды буксуса еще более ядовиты, но действие их на мышцы слабо.

Имеется много ядовитых сортов дерева, напр., тисовое дерево, можжевельник (в токарном деле и карандашном производстве), ракитник и другие сорта.

*Опиум и табак* занимают, к сожалению, видные места в том ряду веществ, которыми одурманивает себя человечество; действующее начало опиума[1]) *морфий* обладает способностью заглушать боль и потому применяется в медицине.

Действующим началом табака является *никотин*; его содержится в табаке Гаванны — 2%, в «мерилендском» — 2,3%, в «северном табаке» и в «табаке Lot» = 6,6% и 8%; среднее же содержание никотина во французских табаках = 5%; в среднем, француз выкуривает в год кило табаку, в котором содержится около 50 гр. никотина.

Фере нашел, что табак[2]) в небольших дозах увеличивает мышечную силу, и, по Клапареду, благоприятствует лучшей ассоциации идей. Однако серьезные исследования, произведенные Велеем (Weley, 1910 год), показали, что *никотин* и его виннокаменная соль производят типичное для него дей-

---

[1]) Опиум это — высушенный млечный сок незрелых головок мака и содержит около 15% алкалоидов; опиум известен был еще в глубокой древности; опиекурение распространено, главным образом, в Китае (с XVII столетия), куда опиум привозится из Британской Индии на десятки миллионов рублей, но встречается и в цивилизованных странах. Опиум, это—прекрасное лекарственное средство в малых дозах, делает при неумеренном потреблении (курение) человека развалиной, лишая его совершенно работоспособности.

*Прим. ред.*

[2]) Курение табака широко распространено во всех культурных странах; привычные курильщики до такой степени свыкаются с табаком, что не могут работать более или менее продолжительное время без папиросы или сигары.

*Прим. ред.*

ствие, состоящее в первоначальном уменьшении их силы и последующим постепенном падении. Вообще же наблюдается понижение сократимости мышц, переходящее при дозе в 0,8% в полное исчезновение. Увеличение силы есть не что иное, как безусловно кратковременное действие. Наконец, дым табака, дым папиросной бумаги, соломы, дерева содержат в себе *окись углерода и фурфурол*.

§ 175. Значение пыли. Атмосфера, особенно в промышленных городах, всегда испорчена *пылью и дымом*, которые в ней задерживаются благодаря присутствию паров воды, и образуют настоящий туман. Пыль и дым состоят на газовых и угольных заводах из зерен угля, окиси железа, извести кремнезема и т. п. Некоторые виды дыма, обладают *едкими* свойствами, благодаря содержанию хлористого, фтористого водорода и серных паров; другие виды дыма, раздражающие слизистые оболочки рабочих, способствуют проникновению в организм микробов; они вызывают отложение угольных частиц в ткани легких, пневмокониозы у шахтеров, отложения кремневой кислоты и мелких частиц камня у точильщиков, камнетесов и проч.

В Париже туманы, связанные с работой заводов и фабрик, портят атмосферу до высоты 400—600 м.; гонимые из расположенных на северо-востоке Парижа предместий слабым ветром (2 — 3 метра), они-то и создают «запах Парижа» (§ 173); при сильном—4—5 метра—ветре с юга-запада они исчезают.

Понижение атмосферного давления, влажность и температура усиливают эти запахи. Сухая пыль, взвешенная в атмосферном воздухе, горюча; необходимо делать различие между каменноугольной пылью с меньшим, чем 18%, содержанием частиц, взвешенных в воздухе, и такой же пылью с большим (от 19 до 30%) содержанием таких же частиц; пыль последнего рода сильно взрывчата и тем сильнее, чем ее частицы мельче. При содержании в пыли 40% пепла и при наличии влаги пыль воспламеняется с трудом. Вот почему в галлереях рудников стараются увлажнить угольную пыль и тем предохранить себя от взрыва. Взрывчатые свойства, присущие мелко раздробленной пыли, происходят от громадной поверхности пыли по отношению к ее объему.

Это неоднократно было доказано на рудниках, сахарных заводах, мельничном деле и проч.

У шоферов при дальних поездках развивается иногда воспаления, часто гнойные, слизистой оболочки глаз, вследствие раздражения последней частицами нефтяных продуктов. То же мы видим у рабочих, обрабатывающих *прессованный уголь*.

Удаление пыли, следовательно, является необходимым. В мае 1912 года в Лондоне состоялась выставка средств борьбы против промышленного дыма.

Наукой и техникой предложено много средств борьбы против пыли и дыма. О них см. учебники и альбомы проф. гигиены.

[При шлифовке стекла и других материалов отделяется очень большое количество мелкой стеклянной пыли, которая попадает в воздух, а оттуда в легкие рабочих и ранит их. Для ее удаления уже давно были предложены высасыватели—эксгаусторы, расположенные настолько близко от места образования стеклянной пыли, что последняя целиком всасывалась в эксгаусторы и трубы и удалялась вон из мастерской, не попадая в ее воздух.

Чрезвычайно вредной является свинцовая пыль в наборных; она разрушительным образом действует на легкие наборщика и вызывает его преждевременную смерть (к 40—45 годам), главным образом от туберкулёза легких.

Лучшим способом борьбы с пылью является вынесение некоторых операций за стены рабочего помещения (напр., вытряхивание наборных шрифт касс) и тщательная уборка помещений и их чистка, напр., пылесосами.]

*Прим. ред.*

Так же был использован для борьбы с цылью в прядильных, поражающей рабочих (кардная лента, кардная машина для чески хлопка, кудели, шерсти, пуха и т. д.), аспиратор, передающий ее на фильтр, где она и задерживается. Таким образом можно вычистить начисто барабаны и кожухи кардной машины, не мешая работе.

— **§ 176. Влияние лучеиспускания. Действие солнца.** Виды лучеиспускания многочисленны: *тепловое лучеиспускание* было уже изучено нами при влиянии температуры (§ 154); оно

сильнее в *темной* части спектра, которая предшествует красному и оранжевому цвету. По отношению к *светящейся и ультра-фиолетовой части*, лучеиспускание будет слабее в смысле указанном выше. Ультра-фиолетовые лучи задерживаются почти что нацело перегородкой из стекла, напр., оконным стеклом, стеклами в оранжереях. Тепло, которое накопляется в оранжерее, в среде, закрытой стеклами, показывает, что последние теплопрозрачны; и, действительно, получают такое же повышение температуры за пластинками *каменной соли*, которая прозрачна для теплоты (теплопрозрачное тело).

Тепловое излучение происходит во всех источниках света, начиная с *солнца;* тепловое лучеиспускание в 0,0036 мал. кал. на кв. см. в час производит уже ощущение тепла; при увеличении интенсивности в 6,5 раз, например, в 0,024 *cal* ощущение становится невыносимым. По Рубнеру идеальный источник света не должен лучеиспускать более 0,0021 *cal*. Сравнивая различные *способы освещения* находят, что все, исключая освещение при помощи керосина, удовлетворяют этому условию. *Световая* видимая часть спектра [1]) или вообще весь свет, производит различные действия на организм, из которых некоторые еще спорны. В частности достоверно неизвестно, повышает ли световое лучеиспускание величину газообмена, увеличивая потребление кислорода. Однако свет есть мышечный *возбудитель* и несомненно, что он является возбудителем клетки. И, в действительности, он благоприятствует развитию тела и в особенности органа зрения. Он определяет пигментацию кожи, придавая ей различные отенки; он, кажется, благоприятствует размножению красных кровяных телец.

Напротив, *темнота* мешает развитию органов, она атрофирует орган зрения; она *обесцвечивает* более или менее кожу, уменьшая также число красных кровяных телец: субъекты, живущие в темноте, ведут замедленную жизнь. Общая чувствительность возбуждена настолько, что возвращение к

---

[1]) Действия света на живые организмы изучаются особой наукой — *фотобиологией;* в этой области биологии значительная часть работ принадлежит проф. В. А. Анри, предложившему новый метод получения сильных ультрафиолетовых лучей разной длины волны.

*Прим. ред.*

свету сопровождается настоящим испугом; мышечная сила уменьшается (случай со слепыми). *Цветные* лучеиспускания, если их изолировать, каждое имеет свое собственное действие, но нельзя еще сказать твердо и ясно, как влияют различные части видимого спектра, например, на дыхательный газообмен, быстроту развития организмов и т. п. Также не доказано, чтобы их влияние на психическое состояние человека было бы постоянным. Было найдено, что в фотографических ателье, работники, освещенные *красным* светом, были очень веселы и болтливы; при фиолетовом свете они становились меланхоличными, апатичными и мало расположенными к работе.

Фиолетовая и ультра-фиолетовая часть спектра производит химическое действие, являясь наиболее действительным фактором в явлениях пигментации кожи. Особенно много этих лучей в электрическом свете, что влечет за собой несчастные случаи, как-то: болезни глаз у рабочих и воспаление личного нерва (n. facialis), иногда отягчающиеся приливом крови к мозгу. Солнечные удары в большей своей части имеют причиной нахождение в лучах солнца массы ультрафиолетовых лучей.

§ 177. Пользуясь цветными экранами, von Schrotter проверил действие области, находящейся между синим и ультрафиолетовым светом, производящее кожную эритему; действие это очень чувствительно на больших высотах, где влага воздуха не поглощает ультра-фиолетовых лучей. Негры менее подвержены этим несчастным случаям, чем белые, потому, что пигмент их кожи изменяет химическое действие лучей в тепловое: «негр живет в тени своей кожи».

Мягкий солнечный свет благоприятствует *остроте зрения*, восприятию цветов и ясному видению деталей. Когда он силен, как в тропиках, то вызывает несчастные случаи с глазами и легкое изменение глазного яблока (обратный астигматизм), явление редкое в северных странах. Солнечное тепло в тропиках поднимает температуру человеческой кожи на 3—4°; оно убивает кролика и обезьяну. Заметили, что при таких обстоятельствах негры дышат больше, чтобы бороться против гипертермии (перегревания).

В общем, своей теплотой и химическими лучами могучее солнце является истинной опасностью для людей и животных. О нормах освещения см. § 182.

**§ 178. Влияние электрического и магнитного полей.** Солнце, бури, электрические промышленные машины разливают в атмосфере огромное количество электрических частиц, называемых «ионами». Обогащение воздуха ионами есть постоянное явление, от которого человек не испытывает никакого страдания. Содействует ли *ионизация* воздуха увеличению нашей мышечной силы или расходу энергии, мы не знаем. По крайней мере, в этой области нет еще достоверных фактов и доказательств. Электрический ток возбуждает мышцы и нервы, при замыкании и размыкании его; во время течения тока действия не наблюдается; гальванический ток, повидимому, увеличивает силу мышц, которая сохраняется в течение нескольких дней. Но действие наэлектризованной среды, после сильной бури или на радиотелеграфных станциях, производит обратное действие, легкую депрессию нервной системы, анемию и некоторого рода апатию. Но эти влияния могут происходить не только от электрического поля, но и от *озона*. Констатировано, что озон вблизи динамо-машины производит бактерии убивающее и клеткоубивающее и, вероятно, нервоубивающее действие. Можно сказать, в общем, что электрическое поле вредно организму и может со-временем повредить здоровью.

Полевые работники подвержены ударам *молнии*. При отсутствии *громоотводов*, молния достигает верхних частей домов, деревьев, и, что является странным, она поражает деревья в порядке их возрастающего *электрического сопротивления*: ясень, ель, сосна, орешник, дуб, вишню. Моментальные удары молнии (0,001 в секунду) ужасны: так описан случай убийства 2-х рабочих молнией в открытом поле: один умер под ударом, другой жил несколько часов; их одежды были сожжены; череп разбит, как от удара дубиной. Часто пораженный человек далеко отбрасывается. В действии электрической энергии очень важную роль имеют искровые, электрические разряды. Прево и Бателли показали, что переменный ток низкого напряжения останавливает биение сердца, но дыхание сохраняется несколько минут; при средних напряжениях останавливается и то, и другое, при высоком напряжении останавливается дыхание, но сердце бьется. При этих условиях можно испробовать *искусственное дыхание*. Переменный ток гораздо более опасен, чем

постоянный. При соприкосновении с кабелями, проводами высокого напряжения, рабочие испытывают электрические удары. Эти удары действуют на организм человека, останавливая деятельность сердца, вызывая анемию нервных центров, и парализуя также дыхательные органы; в этом случае помогает искусственное дыхание.

Статистика 55 смертных случаев, происшедших от электричества в рудниках, показали, что 53 из них или 96% произошли из-за отсутствия изолировки кабелей и недостатков вентиляции в рудниках. Конечно, все эти причины можно устранить.

Действия *магнитного поля* неясны и сомнительны. Schiff ничего не нашел, наблюдая мышцы и нерв, расположенными в магнитное поле в каком бы ни было направлении. Петерсон и Кеннели, оперируя в лаборатории Эдисона с очень сильными электро-магнитами, не наблюдали никакого действия их на нормального человека.

Лорд Линдсей и Кромвель Варлей помещали голову человека между магнитными полюсами, но ничего не могли констатировать. «Это удивительно,—вскричал тогда лорд Кельвин, — значит сильное магнитное поле дает такое ощущение, которое мы не можем ни определить, ни понять». Однако Фере, при помощи эргографа констатировал увеличение мышечной силы в руке, к которой приближают на 1 метр магнит или электро-магнит; но зато в другой руке сила уменьшается. Наконец Данилевский и Грандис допускают, что магнитное поле может возбудить мышцы, если его силовые линии действуют нормально на фибриллы.

**§ 179. Влияние звуков и шума на работу.** Влияние *звуков* на работу человека сводится к влиянию *ритма* и такта, уже изученных выше (§ 108). Несомненно, что наши мышцы проявляют свое действие ритмично и ритмически же, главным образом, действует наш нервный аппарат.

Звуки, гармония, музыка имеют законы, аналогичные законам поэзии. И их влияние одной и той же природы. Нет ничего интереснее, как проследить роль мелодии и ритма в многочисленных формах человеческой работы во все эпохи, во всех цивилизациях и во всякое время. В зависимости от того *медленен* или *быстр* такт, он замедляет или ускоряет ходьбу солдата, движения рабочего. Веселый, громкий звук

подбадривает военную колонну; замедленный, продолжительный, заглушенный вызывает тоскливое настроение и сонливость. Вся мастерская останавливает работу при руладе (переливе) барабана печального погребального шествия. Всякий род деятельности имеет к тому же свой собственный ритм. Существует ритм у пильщиков, стоящих друг против друга и производящих согласованные движения пилой в течение определенного времени; есть такт в ударах молота кузнецов, который позволяет им ударять, чередуясь, по наковальне, не задевая молота товарища; они вследствие этого выигрывают; скорость и количество работы увеличивается. В качестве примеров можно указать еще на ритм мебельщика, который строгает, пекаря, разминающего тесто, пишущего человека, оратора и т. д.

Песня, мелодия, припев сопровождают часто ритм инструмента; слова песни в данном случае не играют роли, важным является лишь период, т.-е. действительно ритм, к которому рабочий приспособляет, в конечном счете, свою работу. Директора заводов и заведующие мастерскими привыкли судить об интенсивности работы своих рабочих по звуку инструментов. Интересной является аллегория о стенах Иерихона, падающих при звуках труб, или о стенах Фив, выростающих под звуки песен поэта музыканта Амфиона. Как можно не видеть в этом влияния ритма на производительность ручного труда. Музыкальные интервалы, в зависимости от того, *созвучны ли* они или *диссонируют*, возбуждают или соответственно понижают работу, измеряемую эргографом. Вещи, написанные в мажорном тоне, в этом смысле являются более выгодными, нежели написанные в минорном. Наиболее сильный стимул дает мажорная секста.

Из наблюдений над влиянием ритма вытекает, что ритм сообщает правильность движениям, ведет к наибольшей продуктивности за данное время и к наилучшему использованию сил. Нужноли говорить о том, что молчаливость рабочих в английских мастерских, столь характерная для них, является в этом отношении более выгодной, нежели общее пение, и что наилучшим ритмом является ритм каждого отдельного инструмента [1]).

[1]) Другие авторы придерживаются иного мнения: они считают, что при общем пении устанавливается некоторый общий же ритм, расходя-

§ 180. Совсем другое дело влияние шума, толчков (случай с телефонистами), дрожание. Никакой род человеческой деятельности не может сообразоваться с ними по причине хотя бы недостаточной их периодичности. С этой точки зрения, соседство двигателей большой скорости, вращающихся вокруг оси и плохо уравновешенных, представляет неудобства; они вызывают сотрясения и колебания зданий и изгородей; например, двигатели Дизеля вызывают сотрясение почвы на 100 м. кругом. Также тряска (толчки) экипажей очень неблагоприятны для работы (хроническая головная боль, головокружения). Особенно когда эти дрожания выносятся, напр., вожатыми, кондукторами в течение 10 часов под-ряд. Ясно, что все эти служащие жалуются на боли. Сотрясения их утомляют вследствие постоянной реакции со стороны мышц, сопровождающего их бесконечного шума, и, что самое главное, вследствие нервного истощения, которое является их следствием. Дрожание это, — толчки, которые эластичность тела человека не вполне ослабляют; своей частотой оно колеблет тело подобно тому, как проезд автомобиля по мостовой заставляет дрожать здания. Амплитуда этих колебаний, измеряемая сейсмографом (прибор, применяемый при изучении землетрясений), очень велика и надо их непременно устранять во имя здоровья и безопасности. На заводах было бы важно ослабить сотрясения двигателей [1]).

[В насосных цехах 2-х московских фабрик электрических ламп производительность труда различна отчасти и потому, что на 1-й моторы и насосы выкачивающие воздух находятся внутри цеха, в то время, как на 2-й (Покровской) моторы вынесены в отдельное помещение. *(Прим. ред.)*]

Шум, толчки, сотрясения должны быть уменьшены вследствие их ухудшающего действия на работу, несмотря на

---

щийся с ритмом отдельного рабочего или работницы, но тем не менее связывающий всю массу рабочих в одно целое.

*Прим. ред.*

[1]) Фр. Джильбретом были предложены для устранения дрожания различные системы рабочих стульев на эластических пружинах, смягчающих сотрясение пола, производимое моторами. Рисунки этих стульев приведены в его книге „Fatigue study“ (рис. 16, 17 и 18).

*Прим. ред.*

смягчение их привыканием к ремеслу. «Кузнецы, мельники, оружейники не могли бы жить при шуме, который их поражает, пишет Монтэнь, если бы они его чувствовали так, как мы».

§ 181. **Влияние инструментов.** В определенных условиях быстроты и усилия полезная мощность зависит, очевидно, от *усовершенствования* инструментов; надо понимать под этим качества сопротивления, закалки, даже форму инструмента (лопатка, лезвие, ножницы, пила, молоток). Чудесное состояние полного набора инструментов составляло уже давно преимущество английского рабочего (Dupin, 1825). Но оно является также количественным элементом большой важности в деле инструментизации.

Чтобы человек мог производить быстрые движения и достиг максимальной работы, нужно, чтобы его инструменты не превышали определенного веса; поиски этого наилучшего веса являются экспериментальной задачей; они изменяются от одного рода работы к другому и в зависимости от профессиональных обстоятельств, лет и типа работника. В более широком смысле этого слова к *полному набору инструментов* принадлежат и элементы помещения ателье, завода, верфи; необходимо, чтобы это помещение было рационально и не мешало бы быстроте движений, не вызывало бы перерывов, кроме тех, которые необходимы для отдыха [1]); надо, чтобы оно сводило к минимуму полезные усилия и удалило бы бесполезные сокращения мышц. Так, перемещение песка в одноколесной тележке влечет за собой боковые качания, вызывающие быстрое утомление; необходимо, следовательно, употребить двухколесную тележку. Искусство должно вмешаться, чтобы удовлетворить по мере возможности надобности научной организации профессиональной работы и заменить строгими методами эмпирически выработанные способы работы. Известный американский инженер Frédéric Taylor организовал на этих принципах металлургические заводы, где, благодаря настойчивости и терпению проявлен-

[1]) В последнее время появился ряд новых книг, посвященных вопросу о том, как надо строить новые мастерские и заводы на научных основаниях; возникшие после войны в разрушенных северных департаментах Франции заводы устроены отчасти по принципам научной организации.
*Прим. ред.*

ным им в течение $^1/_4$ века, он произвел настоящую революцию (изобретение быстрорежущей стали, инструментов с лезвием различных форм и т. д.). F. Gilbreth применил эти самые принципы в работе каменщиков с большим успехом и т. д.[1]).

Такие примеры свидетельствуют, что человеческая работа—вещь крайне сложная, что многочисленные факторы, внутренние или внешние (для рабочего) на ней отзываются, что ее изучение не должно быть предоставлено случайному наблюдению. Она должна исходить из методического сотрудничества научных лабораторий и накопленных наблюдений в промышленности.

**§ 182. Освещение рабочих помещений и мест.** Значение освещения для физиологии труда оценено лишь в самое последнее время; раньше освещением интересовались лишь со стороны гигиенической, и вся литература по профессиональной гигиене и охране труда содержит ряд ценнейших сведений о нормах освещения, о качественном составе света, о заболеваниях глаз и т. п. Однакоже освещение можно рассматривать и с точки зрения его влияния на производительность труда, и, действительно, мы видим, что вопрос о рациональном освещении рабочих помещений и мест не сходит со страниц французской, английской и, особенно, американской периодической печати, посвященной научной организации труда.

В качестве *источников света* на заводах и фабриках применяется, как правило, освещение при помощи электрических лампочек накаливания и, много реже, при помощи газовых горелок и керосиновых ламп. Последние дают сравнительно мало света, поглощают много кислорода, сильно портят и и нагревают воздух и, наконец, не безопасны в пожарном отношении.

Газовое освещение, хотя и распространено, особенно за границей, довольно широко, но имеет ряд весьма крупных недостатков: оно опасно в пожарном отношении, газовые рожки, расположенные высоко, трудно зажигаются и, наконец, светильный газ ядовит (окись углерода).

---

[1]) Инструментам уделяется в настоящее время большое внимание; их изучают и рационализируют; наиболее подробно этот вопрос освещен в статье К. А. Tramm, главного инженера берлинских трамваев.

*Прим. ред.*

Лампочки накаливания не имеют этих недостатков и потому электрическое освещение, несмотря на его относительную дороговизну, быстро вытесняет все другие виды освещения. Электрические лампочки дают силу света в 16, 25, 50, 100, 200 и 1000 свечей, могут быть легко заменяемы, дают чисто белый свет («экономические» лампы) и не портят воздуха в комнате в отличие от других видов освещения:

| Источник света в 12 свечей. | Поглощение кислорода. | Выделение углекислоты. | Выделение воды. |
|---|---|---|---|
| Стеариновые свечи . . . . . | 348 гр. | 336 гр. | 132 гр. |
| Светильный газ . . . . . | 250 „ | 164 „ | 156 „ |
| Керосиновая лампа . . . . . | 144 „ | 132 „ | 53 „ |
| Взрослый человек. . . . . | 38 гр. | 44 гр. | 33 гр. |

Лампочка накаливания почти не нагревает воздуха; так, при силе света в 17 свечей различные источники света выделяют:

| | |
|---|---|
| Стеариновые свечи . . . . | 1600 cal. |
| Газовая лампа . . . . . | 900 „ |
| Керосиновая лампа . . . . | 634 „ |
| Лампочка накаливания . . | 46 „ |

Кроме лампочек накаливания применяются дуговые лампы силой в несколько тысяч свечей, ртутные лампы и лампы Мура в виде длинных (20—110 метров) трубок, питаемых током высокого напряжения, дающих так назыв. «холодный свет» и применяемых для равномерного освещения больших помещений.

Хорошее освещение, будь это естественное, дневное, или же искусственное, при помощи ламп, должно удовлетворять следующим условиям: 1) достаточная сила освещения, 2) равномерность и постоянство освещения и 3) необходимая для данной работы цветность освещения.

**Достаточная сила освещения.** Значение этого фактора нельзя не переоценивать, какой бы работой человек ни занимался, в мастерской ли, в шахте, в канцелярии или под открытым небом (в вечерние или ночные часы) сила освещения не должна опускаться ниже определенной величины и, с другой стороны, не должна быть чрезмерной. Сила естественного освещения меняется в зависимости от времени года (в 100 раз), от часа суток (напр., от полдня до 2 часов дня сила освещения падает в 36 раз) и от разных случайных причин, вроде облачного неба; поэтому при расчете освещения,

напр., мастерских, расчет надо вести с учетом этого обстоятельства; вот несколько примеров:

| | |
|---|---|
| Под открытым небом в лунную ночь | 2 свечи. |
| В зале театра | 12 свечей. |
| В бальной зале | 25 „ |
| В хорошо освещенном помещении, днем | 100—200 „ |
| Под открытым небом в полдень (в декабре) | 10000 „ |
| „ „ „ „ (в июне) | 150000 „ |

Дневное освещение внутри помещений зависит от 1) страны света, куда обращены помещения, 2) расстояния и высоты соседних зданий, 3) формы окна размеров и расположения окон и 4) условий помещения.

**Ориентировка зданий.** Так как в нашем полушарии солнце светит с южной части небесного свода, то и помещения, обращенные окнами на юг, получают больше света, нежели помещения, обращенные на восток (солнечный свет только утром), на запад (солнечный свет только вечером) и особенно на север (прямой солнечный свет никогда не попадает в комнату); фасады наших домов обращены на разные страны света, следуя изгибам улиц, и нередко можно видеть квартиры, выходящие окнами на улицу в красивом и хорошем доме, но совершенно обесцененные, благодаря тому, что фасад обращен к северу. Обычно большие многоэтажные дома (фабрики, казармы, дома для рабочих) располагаются так, что длинная сторона здания направлена по линии северо-юг и, значит, часть помещений выходит на восток, а другая часть на запад; понятно, что нельзя построить дома и фабричные корпуса так, чтобы все стороны их выходили на юг, юго-восток и юго-запад; поэтому были предложены проекты компромиссного характера; в уже построенном городе трудно строить дома так, как это требуется наукой, и лишь в городах-садах возможно правильно планировать улицы и кварталы; венским архитектором Мюллером была предложена планировка города с 6-угольными кварталами и треугольными площадями-скверами; при такой планировке ни один дом не выходит фасадом на север, и окна каждого дома имеют перед собой зелень сквера.

**Расстояние от соседних зданий.** Большое значение для освещения помещений имеет и расстояние от ближайших зданий, а также окраска последних. Расстояние от ближайшего зда-

ния должно быть не меньше высоты последнего, чтобы даже нижние окна могли получать свет; окраска стен должна быть белая, как отражающая максимум света.

Эти требования имеют элементарный характер, но зачастую они игнорируются: дома строятся близко один к другому, взаимно загораживая свет, убивающий болезнетворных микробов и тем повышая заболеваемость и смертность населения этих домов.

Если же ширина улицы или переулка уже задана, то высота домов на обеих сторонах улицы не может превышать более, чем в полтора раза ее ширины.

**Форма, размеры и расположение окон.** Помещения фабрик, заводов, мастерских и иные рабочие помещения могут освещаться или при помощи окон или же еще, сверх того, через стеклянную крышу (если здание одноэтажное или же помещение находится в верхнем этаже дома, как, напр., ателье фотографов и художников). Часто крыша не сплошь стеклянная, а имеет лишь застекленные просветы *(шеды)* в форме зубьев пилы; отверстия шедов обращены всегда к северу. Оскар Перриго, автор книги: «Современные мастерские», считает систему шедов наилучшей для освещения больших мастерских в заводах.

В том случае, если свет проникает в комнату через окна в стенах, сила освещения зависит, главным образом, от отношения «световой площади» окон к площади пола. В Германии приняты следующие отношения:

| | |
|---|---|
| для магазинов | 1:5 до 1:10 |
| для хорошо освещен. мастерск. | 1:3 до 1:5 |
| для выставочных зал | 1:2 до 1:5 |

Рубре и Донтер выставили (на Конгрессе промышленной гигиены в Реймсе в 1919 г.) требование, чтобы это отношение никогда не опускалось ниже 1:10.

Для России (согласно «Временным обязательным постановлениям» Наркомтруда) это отношение также равно 1:10, а для рабочих помещений—1:8; для коридоров, раздевален, уборных возможно понижение этого отношения; для случаев, где часть световой площади окон затемнена соседними зданиями, отношение должно быть повышено. В жилом помещении это отношение должно равняться: 1:8—1:12; в шко-

лах — 1 : 6 — 1 : 5; в средне-учебных заведениях — 1 : 4,5. Есть и другой способ исчисления световой площади: она должна содержать в 40 раз меньше квадратных единиц, чем в кубатуре кубических;—Пруст требует, чтобы помещение объемом в 25 кб. метров имело составную площадь не менее 2-х кв. метров и на каждые добавочные 30 кб. метров еще 1 кв. метр.

Однако это еще не все: сила освещения в комнате быстро падает от окон к противоположной, внутренней стене, так что у последней она иногда равна $^1/_{10}$ и даже $^1/_{20}$ силы освещения у окна. Чтобы сделать освещение более или менее равномерным, необходимо строить окна по известным правилам: свет проникает, по преимуществу, через верхние части окон и, след., чем окна ближе к потолку («перемычка» между окном и потолком меньше), тем больше света и тем дальше проникает он в помещение.

Простенки между окнами должны быть возможно более узкими, так как при широких простенках сила освещения столов, находящихся против окон, в десятки и сотни раз превосходит силу освещения столов, стоящих у простенков. С этой же целью оконные откосы должны быть возможно более отлогими.

Иногда рабочие помещения оказываются недостаточно освещенными, несмотря на высокое отношение световой площади к площади пола и на малую ширину простенков; это бывает в тех случаях, когда прозрачность оконных стекол мала, или отражение света стенами помещения не достаточно; прозрачность стекол понижается, если они запылены (самый частый случай), закопчены, загрязнены, покрыты паутиной или же (зимой) разрисованы морозными узорами; такие стекла могут поглощать от 15 до 50% света; бывает также, что часть стекол замещена фанерой, досками; первой задачей реорганизатора должна быть протирка окон и увеличение их светопрозрачности.

Различная окраска стен влияет на отражение ими света; так, опыты показали, что отражающая способность поверхности:

| | | |
|---|---|---|
| окрашенной в белый цвет, равна . . . . . | 70% | |
| недавно окрашенной в светлый тон равна . . | 60% | |
| давно „ „ „ „ | 40—50% | |
| окрашенной в светло-желтый цвет „ . . | 50% | (по Массарели). |
| „ в коричневый „ „ . . | 15% | |

По другим данным отражают света в %:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Желтые обои | 40 | Чернобурые обои | 4 |
| Синие „ | 25 | Черное сукно | 1,2 |
| Темно-коричневые обои | 13 | Светло-еловое дерево | 50 |

Чтобы достичь одинакового освещения комнаты при различной окраске стен надо (по Лундсбергу):

| | |
|---|---|
| при обивке черным сукном | 100 св. |
| „ темно-коричневых обоях | 87 „ |
| „ синих обоях | 72 „ |
| „ светло-желтых обоях | 60 „ |
| „ белом дереве | 50 „ |
| „ меловой побелке | 15 „ |

Руководствуясь этим, следует окрашивать стены мастерских в светлые тона, а в комнатах не устраивать слишком высоких и темных панелей.

В более или менее обширном помещении устанавливают обычно не один, а два и три ряда столов, верстаков, станков; при этом надо следить, чтобы предметы, в том числе и люди, находящиеся ближе к окнам, не отбрасывали тени на предметы (столы, верстаки), находящиеся у внутренней стены помещения; в некоторых случаях шахматное расположение станков может оказаться полезным. При письме необходимо садиться так, чтобы окно было слева или впереди. Нормой дневного освещения считается 125 метросвечей, минимумом — 25. Для грубого определения достаточности освещения можно воспользоваться след. приемом: в 1 минуту можно прочитать у окна 16 газетных строк — хорошее освещение, 12 строк — только достаточное.

## Искусственное освещение.

**Нормы освещенности.** Многие работы производятся и в те часы, когда естественного освещения нет или оно недостаточно; таковы работы на транспорте, на электрической станции, на водопроводе и т. д. Поэтому приходится прибегать к искусственному освещению; при расчетах чаще всего приходится руководствоваться, главным образом, нормами освещенности; единицей освещенности является *люкс*, или *метросвеча*, представляющий освещенность поверхности, отстоящей на 1 метр от источника света в 1 свечу. Чтобы дать представление об этой единице, скажем здесь, что освещенность при полнолунии = 0,25 люксов.

## Наружное освещение.

Необходимо среднее освещение на высоте 1 метра над полом.

| Для каких мест. | Сколько люксов. |
|---|---|
| Фабричных дворов | 1 до 2 |
| „ зал и рынков | 6 „ 8 |
| Переулков со слабым движением | 0,5 „ 1 |
| „ с сильным „ | 1,5 „ 4 |
| Главных улиц с сильным движением | 4 „ 8 |
| Освещения жел.-дор. путей | 3 „ 6 |
| Платформ второстепенного значения | 3 „ 6 |
| „ средних станций | 6 „ 8 |
| „ главных станций | 8 „ 12 |

## Внутреннее освещение.

| Характер помещения. | Средняя освещен. на высоте 1 метра над пол. (в люксах). | Необходимая сила света в гефнеров. свечах на кв. метр пола. |
|---|---|---|
| Корридоры, спальни, вспомогательные помещ. | от 5 до 10 | от 1,5 до 2,5 |
| Обыкновенные жилые помещения | „ 10 „ 15 | „ 2 „ 3,5 |
| Парадные жилые помещения | „ | „ |
| Мастерские для обыкнов. ручн. работы | „ 15 „ 20 | „ 3 „ 5 |
| Прядильные мастерские | „ | „ |
| Машиностроительн. зав., слесарн. мастерск. | „ | „ |
| Ткацкие мастерские | „ 25 „ 35 | „ 5 „ 7 |
| Мастерские для мелких оптических и слесарных работ | „ | „ |
| Магазины | „ 35 „ 50 | „ 7 „ 10 |
| Школьные комнаты и аудитории | „ | „ |
| Залы для собраний, концертов, ресторанов | „ | „ |
| Наборные, типографии, чертежные | „ | „ |
| Магазины и залы для празднеств с богатым освещением | „ 60 „ 80 | „ 12 „ 15 |

# ЧАСТЬ ПЯТАЯ.

# Экспериментальная техника.

## ГЛАВА I.

## Измерения: приборы [1]).

**§ 183. Измерения и ошибки.** В этой части, наз. «Экспериментальная техника», мы будем излагать элементы науки измерения и описывать соответствующие приборы.

Неизменным условием экспериментальной техники является точность и это, делает ее источником истины. Время, посвященное улучшению техники, использовано более продуктивно, чем время, затраченное на исследование нового явления, так как степень доверия пропорциональна степени достоверности. Измерение никогда не является абсолютно точным; какую бы ловкость ни применять, как бы совершенны ни были инструменты, тут всегда вкрадываются некоторые хотя бы и весьма малые ошибки.

---

[1]) Психофизиолофия труда—наука новая и, как таковая, она должна применять и применяет много методов психологии и физиологии и сама создает новые методы и новые приборы; особенно сильно видно это на примере психотехники с ее новыми приборами: тактометром, крестовым суппортом, термометром, импульсометром и новыми тестами для испытания конструктивных способностей, пространственного воображения, импульсивной концентрации внимания; однако и физиология труда все чаще и чаще прибегает к созданию новых методов: в лабораториях Центр. Ин-та Труда широкое применение получили циклографический, миографический, барографический (запись колебаний центра тяжести при работе) методы; в книге Амара приведены далеко не все методы; новейшие методы описаны в специальных работах. *Прим. ред.*

Искусство измерять состоит именно в умении достигнуть крайней экспериментальной точности или наименьшей погрешности.

Именем абсолютной ошибки обозначается разница между найденной и истинной величиной. Если, например, при определении веса человека в 65 кгм., весы показывают 64,9, то это составит абсолютную ошибку в 0,1 кгм. в сторону недовеса. Если они показывают 65,1 кгм., то остается абсолютная ошибка в 0,1 кгм., но в сторону перевеса.

Уменьшение абсолютных ошибок зависит от степени совершенства инструментов. Отношение абсолютной ошибки к общей величине измеряемого называется относительной ошибкой. В предыдущем примере это составляет $\frac{0,1}{65} = \frac{1}{650}$.

Видно, что относительная ошибка уменьшается с увеличением истинной величины измеряемого. Для веса в 130 кгм. получилось бы $\frac{0,1}{130} = \frac{1}{1300}$. В опытах надо поставить целью добиться допустимых пределов относительной ошибки. Таким образом набрав 100 литров газа, в то время как счетчик показывает 99,5, мы сделаем допустимую ошибку; она равняется $\frac{0,5}{100} = \frac{1}{200}$ или $\frac{5}{1000}$.

Но, если бы получилось 9,5 на 10 набранных литров, относительная ошибка $\frac{0,5}{10} = \frac{1}{20}$ была бы неприемлемой. Точно так же взвешивание 50 гр. сахару на весах, чувствительных до сантиграмма, дает хороший результат, так как возможная ошибка не превысит $\frac{1}{100 \times 50} = \frac{1}{5000}$.

Несовершенство инструмента может дать место другому роду ошибок, так сказать «систематических». Это бывает в случае веса, измеренного посредством незаклейменных гирь, слишком легких или слишком тяжелых, длины отмеренной укороченным метром из-за износа его концов и т. д. В таком случае остается переменить инструмент. Наконец, в ходе исследований может произойти так называемая «случайная» ошибка, из-за недосмотра или непредвиденная (например: перемена температуры, движение человека, который дышит через счетчик и т. д.; количество истечения газа изменилось и остается не-

обнаруженной *причина*). Другой пример: выполняют взвешивание 100 гр. воды; всегда будет случайная ошибка, происходящая от испарения. Какие бы предосторожности ни принять — одного измерения недостаточно; их требуется, по крайней мере, два тождественных, из которых выбирается среднее.

§ 184. В действительности тождество нескольких определений не обязательно; между ними будут *уклонения*; если восстановить среднюю арифметическую $n$ найденных величин

$$a_1\ a_2\ a_3\ \ldots\ldots\ a_n,$$

написав: $a_m = \dfrac{a_1 + a_2 + a_3 + \ldots\ldots a_n}{n}$,

то каждая из этих величин будет отличаться от средней $a_m$ в большей или меньшей степени. Получится $n$ уклонений, обозначаемых через $\delta$. Если уклонения небольшие и количество $n$ наблюдений достаточно велико, средняя $a_m$ близко подойдет к искомому количеству. Но в целях еще большей точности применяют «*теорию вероятностей*». Берут сумму $S$ *квадратов* всех этих уклонений, число, очевидно, положительное, и получают *среднюю ошибку* $e$, именно:

$$e = \pm\sqrt{\frac{S}{n\,(n-1)}}.$$

Доказывается, что *вероятная ошибка* составляет около $\frac{2}{3}\ e$, следовательно искомая величина $a$ равняется

$$a = a_m \pm \frac{2}{3}\ e,$$

где $a_m$ есть среднее ариометическое. В результате добиваются, чтобы сумма квадратов уклонений была бы возможно наименьшей. Отсюда данное методу название *метода наименьших квадратов*. Хорошо производить вычисления, не дожидаясь конца серии опытов, чтобы удостовериться в отсутствии ошибок прежде, чем итти дальше. Надо отметить температуру, атмосферное давление в данный момент, число дня и место. Если опыт производится на человеке, надо установить его гражданское состояние: пол, имя, профессию, возраст, рост и т. д.

**§ 185. Графический метод.**— Чтобы уменьшить причины ошибок, с одной стороны, усовершенствовали инструменты, точность которых надо проверять перед каждым опытом; а, с другой стороны, нашли способы заставлять сами приборы записывать свои показания. Влияние «органов чувств» исследователя, таким образом, исключено, благодаря чему исключаются и все связанные погрешности и ошибки (напр., личное уравнение). Метод регистрации или «автоматического» записывания носит название «графического метода»; он дает записи движения. В основе его лежит так называемый *барабанчик Марея*, эластичная перепонка которого, сделанная из резины или металла, при помощи штифта передает колебания пульса, сердца, дыхания и т. д.; соответственно этому приборы делятся на *сфигмографы*, *кардиографы*, *пнеймографы* и т. д.

Кардиограф Марея (рис. 77), воспринимающий биения сердца, представляет из себя барабанчик; вложенная в него мембрана несет на себе кнопку из слоновой кости *S* и находится в более или менее натянутом состоянии, благодаря проволочной пружине, регулируемой винтом. Барабанчик прикладывают к груди таким образом, чтобы кнопка пришлась бы против сердца, в области 5-го межреберного промежутка и передают таким образом изменения в давлении воздуха в полость воспринимающего барабанчика.

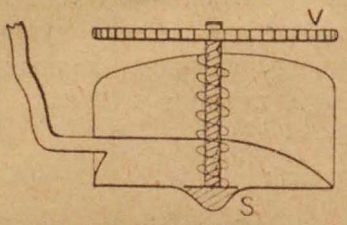


Рис. 77.

Пневмограф регистрирует движения грудной клетки. Модель Лоланье состоит из цилиндра, припаянного к металлической пластинке, которая прикладывается к груди. Нерастяжимая лента охватывает грудь и прикрепляется к пластинке и к стерженьку, соприкасающемуся с мембраной, и натягивает ее соответствующим образом при помощи рычага и эластичной связи.

Легко понять, что при *вдохе* пластинка испытывает давление, стремится распрямиться и тянет мембрану; происходит насасывание воздуха, который передается воспринимающему цилиндру. Обратное имеет место при выдыхании. Употребляются также двойные пневмографы.

Сфигмограф Марея регистрирует пульсацию крови в лучевой артерии; говоря более точно, он воспроизводит кривую давления крови в течение каждой пульсации. С этой целью давящая пружина прижимает к артерии маленькую пластинку *I* из слоновой кости, слегка ее придавливая. Колебания пластинки передаются подвижной части B, которая приводит в движение мембрану барабанчика. Этот аппарат, называемый сфигмографом с передачей, прикрепляется к руке посредством лент *R*, привязанных к части *M*. Давление пружины регулируется винтом (рис. 78).

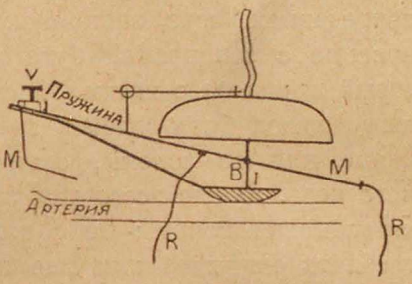



Рис. 78.

Существует бесконечное количество поддающихся исследованию движений и почти всегда возможно приспособить аппарат Марея к преследуемой цели.

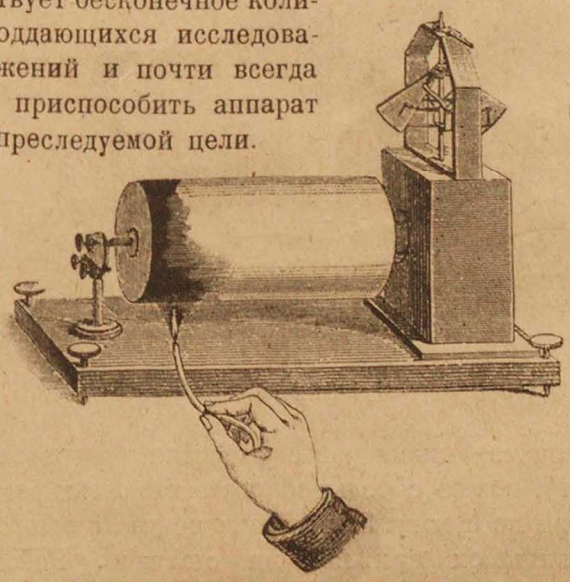


Рис. 79.

Таким образом можно передать утолщение, укорачивание мышцы и вообще изучить миографию [1]). Поэтому нет смысла

[1]) Д-ром А. В. Бружесом был введен в физиологию труда миографический метод для изучения силы сокращения мышц руки и их последовательности при ударе молотком. (*Прим. ред.*)

перечислять всех случаев применения; это зависит от изобретательности исследователя при самых разнообразных обстоятельствах.

§ 186. Что касается *регистрации*, то она достигается приведением пера записывающего барабана в соприкосновение с закопченой бумагой, покрывающей цилиндр, который вертится с желаемой скоростью. Нажим пера на бумагу должен быть слабым; для этого берут стержни бамбуковые или из соломы, оканчивающиеся острием из гусиного пера. Лучше всего для закапчивания бумаги подходит керосиновая копоть: но с таким же успехом можно употреблять скипидар или еще проще кусок тонкого, покрытого воском фитиля, как это видно на рисунке 79. Хороший налет должен иметь коричневую или каштановую окраску

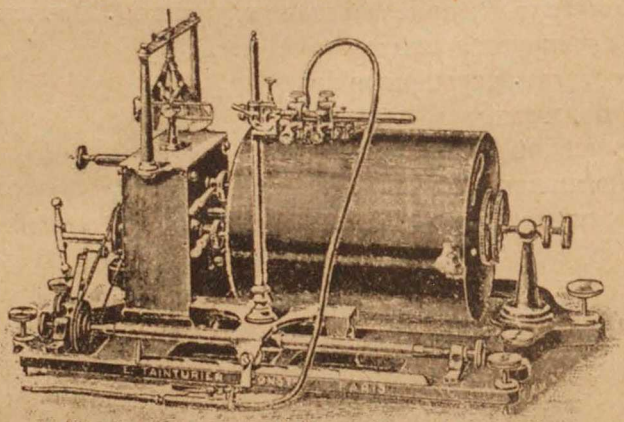


Рис. 80.

На большинстве цилиндров с рычагами, благодаря подвижному винту, можно с большей постепенностью регулировать нажим пера на бумагу. Записывающие части прилаживаются перед цилиндром при помощи стативов. Рекомендуется иметь несколько записывающих барабанчиков на винте, дающем возможность автоматически передвигать их с одного конца цилиндра на другой (рис. 80). Запись может таким образом происходить по спирали и покрывать весь лист. Регулируют, кроме того, скорость вращения, меняя ось: их имеется обычно три, соответственно трем переменам скоростей; на более новых моделях перемена скорости возможна

с одной и той же осью. Правильность вращения достигается регулятором Фуко с крылышками (см. предыдущие рисунки).

Полученные записи фиксируют покрывая раствором шеллака; погружают лист, отрезанный вдоль направляющей цилиндра, в фиксажную ванну. Ванна состоит из профильтрованного раствора красной камеди или шеллака в 36° алкоголе и небольшого количества скипидара. Предварительно на листе наносятся все нужные указания (дата, температура и т. д. § 184); все это остается на неопределенно долгий срок на высушенном и покрытом шеллаком листе.

Графически метод обнаруживает, благодаря своей чувствительности, подробности, которые ускользают от наших ощущений; в самом деле, можно увеличивать амплитуду движений, применяя более длинные рычаги, воспринимающие колебания мембраны очень близко к точкам прикрепления (§ 5) и т. д.

**§ 187. Измерение времени.** Единицу времени составляет секунда. Редко бывает, что в явлениях, нами изучаемых, приходится исчислять малые доли секунд. Однако при маршировании со скоростью от 100 до 150 шагов в минуту, при изучении действия клавиш пианино, пишущей машины и т. д., требуется определять длительность каждого движения, в пределах от $^1/_2$ до $^1/_5$ секунды. Достаточно, в большинстве таких случаев, употреблять музыкальный метроном. Обыкновенно метроном едва указывает четверть секунды, делая от 40 до 208 ударов в минуту. Различные темпы достигаются перестановкой молоточка $B$ по подвижному стержню и установкой его на требуемом делении (§ 24). Одного завода метронома хватает на три четверти часа; но его можно приводить в действие и электричеством.

Чтобы записать время на регистрирующем цилиндре одновременно с записью движения, пользуются хронографом. В хронографе Жаке выбивание происходит каждую секунду или пятую секунды, при чем записывающее перо, которое делается почти всегда из алюминия дает зубцы на ленте кимографа. Счетчик имеет два циферблата, из которых один показывает секунды, другой—минуты. Он ставится на подставку, как и барабанчик Марея. Его записывающий стержень наносит черточки на закопченной бумаге, число которых равно числу секунд, или пятых секунды, в течение которых дли-

лось явление. Чтобы измерить время, не регистрируя его, употребляют часы—хронометры и хроноскопы, отмечающие секунды и минуты. Их приводят в движение и останавливают перемещением кнопки в ту или другую сторону (рис. 81). При опытах, длящихся более *десяти минут*, употребляют *часы с звонким выбиванием*, которые производят отчетливый стук по истечении каждой минуты. Можно даже с некоторой предосторожностью ограничиться обыкновенными точными часами. Величина ошибки при этом достигает самое большее от 2 до 3 секунд в час, что составляет относительную ошибку в среднем около 1/1500. Например, если бы было наблюдено, что усиленно работающий человек выдохнул 1500 литров газа, то относительная ошибка при этом равнялась бы 1 литру в час.

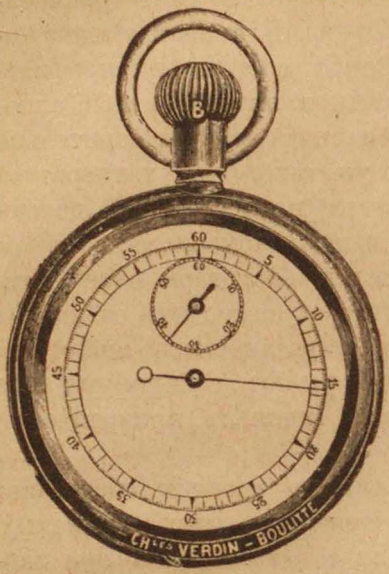


Рис. 81.

§ **188.** В опытах, касающихся измерения явлений, протекающих очень быстро, особенно нервных, а также психологических актов, явлений мгновенных, вроде ударов молота, употребляются хронографы, отмечающие 1/100 и даже 1/1000 секунды. При этом пользуются электро-камертонами, колебания которых записываются. Нам не придется здесь часто встречаться с ними. Колебания камертона передаются непосредственно или через посредство «электрических сигналов», из которых наиболее известный — сигнал Марселя Депре. Между концами ветвей камертона заключен электромагнит, соединенный с проводником P (рис. 82). При замыкании тока, ветвь B притягивается железым сердечником катушки и открывается от платинового острия; при этом ток прерывается, и камертон, вибрируя, снова входит в соприкосновение с острием. Таким образом можно поддер-

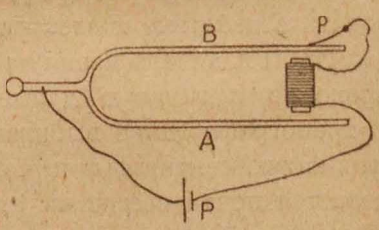


Рис. 82.

живать вибрационное состояние камертона, и если прикрепить к одному из его концов записывающий штифтик, например, щетинку, то она запишет известное число колебаний; их будет, например, на листе закопченой бумаги 4000 в секунду, если имеет место 2000 двойных вибраций и т. д. С другой стороны, можно ввести в цепь проводников сигнал Депре. Этот сигнал состоит из очень маленького электромагнита, через который проходит ток, прерываемый камертоном, и притягивает якорь из мягкого железа, снабженного пером $s$; этот якорь колеблется вокруг своей оси при каждом колебании камертона и снова возвращается в исходное положение благодаря маленькой спиральной пружине.

Сигнал, установленный на штативе, помещается перед регистрирующим цилиндром, что позволяет передать на большое расстояние запись времени.

Как было сказано, хронограф Жаке, дающий 1/5 секунды, вполне достаточен для практики; вероятная ошибка там редко достигает 1/2000.

Когда приходится отсчитывать время на часах, можно уменьшить ошибку, увеличивая продолжительность явления: если отмечать, например, через полсекундные промежутки некоторое количество $n$ однородных движений, совершаемых человеком, то в период времени $t$ длительность каждого из них будет $\frac{t}{n}$ с вероятной ошибкой в $\pm\frac{1}{t}$.

**§ 189. Измерение скоростей.** Скорость в *«равномерном»* движении есть отношение расстояния ко времени; можно легко узнать среднюю скорость хода человека, если пройденное им расстояние разделить на время, в течение которого это расстояние пройдено. Чаще скорость хода выражают в шагах; величина шага определяется сантиметровой лентой; что касается велосипеда, достаточно считать число поворотов педали; каждый раз, как педаль делает полный оборот, машина совершает максимальное продвижение. Употребляют также «часы—таксометры» (модель Шато), принцип которых сводится к тому, что механизм приводится в движение посредством колеса велосипеда или экипажа. Применяются также акустические отметчики, аналогичные метроному, которые ставятся на подставку и которые выбивают число ударов педали, регулируя таким образом скорость. Наконец, можно регистрировать при помощи электричества замыканием и размыканием контакта обороты движущегося колеса, особенно, если велосипед установлен на неподвижной подставке, как это имеет место в некоторых опытах.

Марей изобрел различные способы считать число шагов и измерять их длину при передвижении человека. Взяв обычный счетчик шагов или подометр, который устанавливался под коленом и указывал пройденное пространство, благодаря системе колес, соединенных со стрелкой, он применил воздушную передачу. Описание этого подографа не заслуживает внимания. Марей ввел также в употребление след с электрическими засечками, чтобы иметь чертеж шага, из которого он мог выяснить скорость в связи с тактом.

В промышленности в большом употреблении счетчики оборотов машин, таксометры для велосипедов и автомобилей.

Имеются счетчики, которые в ткацких мастерских определяют количество размотанного утка и пропущенного при помощи ткацкого челнока с одного конца на другой количества уточной нити. Аппарат для учета уточной нити устанавливается при помощи экера на раме станка на такой высоте, чтобы было легко работнику отсчитывать цифры. Последний таким образом бывает осведомлен о количестве произведенной работы. При механической обработке дерева употребляются счетчики, могущие подсчитывать длину состроганных или напиленных досок.

Счетчик досок состоит из зубчатого колеса, который приводится в действие при смещении доски. Подставка прикрепляет счетчик к раме машины. Указания даются в метрах.

(Вообще говоря, там, где необходимо регистрировать *число* явлений (напр., число ударов молотка, движений напильника, пилы, число шагов), употребляют электрическую передачу с записывающим аппаратом—счетчиком Депре; там же, где важно записать характер изменения явления во времени (напр., давления напильника на металл, руки на ручку лопаты) употребляют пневматические передачи, как более точные в этом случае.

Движения с большой амплитудой или же движения чрезвычайно легких предметов лучше записывать при помощи световой, а не механической передачи. (*Прим. ред.*)

**§ 190. Анемометры.** Линейная скорость газов измеряется *анемометрами*, особенно, когда требуется определить «силу» тока. При помощи их в рудниках можно узнать каждый момент количество посылаемого туда воздуха. При подсчете этой скорости в галлерее, берется средняя величина, так как

скорость меняется в различных пунктах поперечного сечения: она обычно больше в центре, чем у стенок.

При скоростях от 0,5 до 10 метров в секунду, употребляют классический анемометр Комба. Он состоит из ровных крылышек, поставленных на 30 градусов наклонно к оси очень тонкой и вращающейся на стержнях из агата. Крылышки, обращенные к ветру таким образом, чтобы направление его было бы параллельно оси 00', вертятся более или менее быстро. Ось сообщает свое движение зубчатым колесикам, которые двигают стрелку по циферблату C, разделенному на градусы по окружности. Например, при N оборотах за период времени $t$ получается скорость:

$$V = a + bN;$$

$a$—константа прибора, $b$ зависит от плотности воздуха. Поэтому надо испытать аппарат посредством известной скорости при спокойной атмосфере. Если ему сообщают скорости $V_1$ и $V_2$, так, чтобы он дал количество оборотов $N_1$ и $N_2$ за одно и то же время, то получится:

$$V_1 = a + bN_1 \text{ и } V_2 = a + bN_2.$$

Отсюда определяется $a$ и $b$.

Количество анемометров значительно: существуют модели Газартелли, Бирама, Робинзона, Розенмюллера, Ришара и т.д.; новейший из них—анемометр Леа-Бирам имеет колесо с лопастями, связанное со стрелкою, которая перемещается по циферблату; система зубчатых колес измеряет скорость вращения до 120 оборотов в минуту при скорости ветра, достигающей 10 метров.

Можно отсчитывать на расстоянии число оборотов $N$ в $t$ секунд. Скорость в метрах дается отношением $V = \frac{30\,N}{t}$.

В модели Робинзона лопаточки заменены полусферическими чашечками, но весь аппарат слишком громоздок, с большим трением и показания его лишены точности. Анемометры Ришара имеют, как и аппарат Бирама, мельничку очень маленьких размеров, состоящую из алюминиевых крылышек; они регистрируют скорость ветра в метрах.

**§ 191. Статические элементы человеческого механизма: Рост.** Рост определяется (§ 65) посредством методов Альфонса Бертильона. Для измерения *роста*, человек (без обуви) прислоняется во весь рост к вертикальной стене; пятки вместе; голову следует держать прямо и смотреть вперед. 2-х метровая линейка устанавливается вертикально по стене от самого пола; к ней приставляется угольник, который опускается до первого соприкосновения с верхушкой головы. Отсчет производится по линейке. Полезно производить отсчет дважды. Особенно важно следить за тем, чтобы человек не принимал сгорбленных положений, не гнул спины, не стоял, выдвинув вперед живот, и держал голову прямо: у человека, стоящего на-вытяжку во весь свой рост, можно точно измерить его длину.

Производить антропометрические измерения просто; в некоторых местностях Франции, служащие в комиссариатах, тюремные сторожа делают их довольно искусно.

Во Франции средний рост колеблется между 162,6 см. и 167,2 см.

В следующей таблице приведены цифры по округам:

| Округ. | Рост в см. | Округ. | Рост в см. |
|---|---|---|---|
| Эн . . . . . | 166,5 | Гаронна . . . . . | 166,1 |
| Альпы-Приморские . | 166,5 | Мерта . . . . . | 166,4 |
| Золотой Берег . . . | 167,2 | Сена . . . . . | 165,8 |
| Эр . . . . . | 176,3 | Тарн . . . . . | 162,6 |
| Верхняя Савой | 166,2 | Вогезы . . . . . | 165,7 |
| Юра . . . . . | 165,0 | | |

По различным странам величины роста распределяются так:

| | | |
|---|---|---|
| Американцы | белые . . . . . | 171 см. |
| | индейцы . . . . . | 172 „ |
| | негры . . . . . | 168 „ |
| Аннамиты . . . . . | | 158,5 „ |
| Арабы | из Алжирии . . . . . | 165,6 „ |
| | из Туниса . . . . . | 166,2 „ |
| Баски | французы . . . . . | 165,8 „ |
| | испанцы . . . . . | 163,8 „ |
| Кохинхинцы . . . . . | | 157,1 „ |
| Корсиканцы . . . . . | | 163,3 „ |
| Шотландцы | горожане . . . . . | 174,6 „ |
| | крестьяне . . . . . | 179,2 „ |

| | |
|---|---|
| Испанцы | 164,5 см. |
| Французы | 165,0 „ |
| Итальянцы | 164,5 „ |
| Японцы | 157,0 „ |
| Негры из Аккаса | 137,8 „ |
| Португальцы | 163.7 „ |
| Русские (из Европейской России) | 164.2 „ |

**§ 192. Измерение грудного периметра и роста в сидячем положении.** Это измерение производится так, что измеряемый человек сидит спиной к стене на табурете, вышина которого равняется 0,4 м.; ноги при этом согнуты под углом и плечи опущены. Измерение производится с помощью линейки и угольника, как и измерение роста; из найденного числа вычитают 0,4 м.

Длина рук определяется при горизонтально вытянутом положении вдоль стены.

Наконец, грудной периметр (обхват) определяется при помощи ленты, разделенной на сантиметры и проходящей под нижним углом лопаток и по линии сосков (спереди). В момент, когда происходит отсчет, следует задержать дыхание.

Грудной периметр и жизненная емкость различны у различных рас (сзади). Найдено, например, у взрослых:

| | Грудной периметр. | Жизн. емкость. |
|---|---|---|
| Французы | 0,86 м. | 3,750 л. |
| Американцы белые | 0,84 „ | 2,709 „ |
| Американцы индейцы | 0,86 „ | 3,009 „ |
| Американцы негры | 0,85 „ | 2,649 „ |
| Немцы | 0,86 „ | 3,222 „ |
| Англичане | 0,88 „ | 3,772 „ |

Вообще периметр колеблется у европейцев между 0,8 и 0,9 м.; *жизненная емкость* от 3 до 4 литров.

**§ 193. Измерение поверхности и объема человеческого тела.** Поверхность вычисляется обыкновенно при помощи формулы Мея (§ 68).

Объем человеческого тела определяется объемом вылившейся воды, когда человек погружается по уши в ванну, налитую до краев; начальный уровень воды должен совпадать с верхней плоскостью.

Погружение должно происходить медленно. Следует отметить температуру, которая должна быть между 20° и 25°. Собранная и взвешенная жидкость даст объем погружен-

ного в воду тела, из расчета 1 кб. см. $+\alpha$ на грамм; в зависимости от температуры T сумма $1+\alpha$ принимает нижеследующие значения:

| T. | $1+\alpha$. | T. | $1+\alpha$. |
|---|---|---|---|
| +10 | 1,000273 кб. см. | +19° | 1,001571 кб. см. |
| 11 | 1,000368 „ „ | 20 | 1,001773 „ „ |
| 12 | 1,000476 „ „ | 21 | 1,001985 „ „ |
| 13 | 1,000596 „ „ | 22 | 1,002208 „ „ |
| 14 | 1,000729 „ „ | 23 | 1,002441 „ „ |
| 15 | 1,000874 „ „ | 24 | 1,002685 „ „ |
| 16 | 1,001031 „ „ | 25 | 1,002938 „ „ |
| 17 | 1,001200 „ „ | 26 | 1,003201 „ „ |
| 18 | 1,001380 „ „ | 27 | 1,003473 „ „ |

Голова человека, оставаясь вне воды, должна быть принята в расчет, что сделать довольно затруднительно. Проще всего заткнуть ватой уши и погрузиться таким образом, чтобы только нос выходил из воды; в этом случае ошибка будет совсем незначительной.

**§ 194. Измерение веса.** Взвесить точно человеческое тело — операция трудная. Человек должен быть взвешен нагим; это лучше, чем высчитывать из его веса в платье вес, падающий на одежду; взвешиваться надо натощак, иначе принятые внутрь пища и напитки обусловят неправильность в весе. Во всяком случае взвешиваться надо утром немедленно по пробуждении, до принятия какой-либо пищи. Чтобы сравнивать между собой несколько взвешиваний, производимых изо дня в день, надо выбрать один и тот же час, например, семь часов утра.

Чувствительность весов с коромыслом равна 5 гр. при 100 кгм.; уже такая чувствительность недостаточна в некоторых случаях. На самом же деле, общая ошибка доходит до 10 гр.; так что, если от одного взвешивания до другого человек приобретает 100 гр., относительная ошибка достигнет, максимум,—10%.

Надо озаботиться тем, чтобы человек стоял на площадке весов спиной к указателю и совершенно неподвижно [1]).

---

[1]) Некоторые фирмы выпускают весы, имеющие на себе телескопическую трубку для измерения роста, что сокращает время, затрачиваемое на измерения. (*Прим. ред.*)

Весы для взвешивания детей малого возраста и грудных должны быть очень чувствительными. Различные образцы, почти все довольно хорошие, встречаются в продаже; они строятся по типу весов Роберваля и чувствительны до одного грамма при нагрузке от 10 до 15 килограммов.

**§ 195. Динамометрические измерения.** Динамометры суть пружины, растяжение которых пропорционально приложенным силам. Пример таковых представляет из себя *обыкновенный безмен*: это—закаленная стальная пластинка, изогнутая *V*-образно; к концу одной ветви прикреплена железная дуга, которая протягивается и свободно проходит сквозь отверстие в конце другой ветви A. От этой ветви идет подобная же дуга, которая тоже проходит сквозь *B* и кончается крючком. Дугаимеет кольцо. Разделение на градусы делается таким образом: безмен прикрепляется за кольцо к какой-либо точке, а на крючок подвешивают возрастающие нагрузки; на секторе-дуге отмечаются черточки, соответствующие положению согнутой ветви *A*. Чтобы не перейти силы, граничащей с пределом упругости пружины, дуга имеет выступ, в который упирается ветвь A, если сила будет очень велика. Если хотят, например, измерить силу тяги при переносе тяжести *P*, то прикрепляют крючок к тяжести и тянут за кольцо, пока не произойдет движение. Отмеченная величина и является силой тяги.

**§ 196. Динамометр Ренье,** изготовленный по проекту Бюффона, состоит из двух стальных пружин *A* и *B*, соединенных у их концов железными стременами *C* и *D*. По средине пружины *B* находится маленькая металлическая пластинка, могущая действовать на рычаг *lom*, посредством стержня *b*. Плечо *m* рычага передвигает стрелку *l* по дуге, разделенной заранее на градусы и поддерживаемой пружиной *A*. Разделение на градусы двойное, соответствующее силе тяги, когда укрепляют *C* и тянут за *D* (становая сила), и силе давления, когда действуют на *B* (§ 77 и рис. 83).

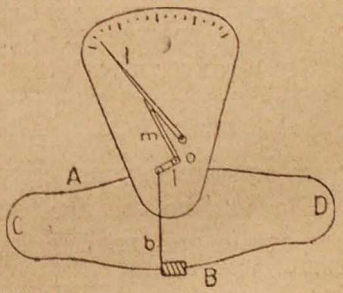


Рис. 83.

Существует большое количество различных динамометров; трудно, да и бесполезно приводить описание всех их.

В клинике употребляют разные образцы, вроде стенометра Блоха: здесь растяжение эллиптической пружины передается системой стрелок; разделение на градусы двойное: для силы тяги и силы давления (рис. 84).

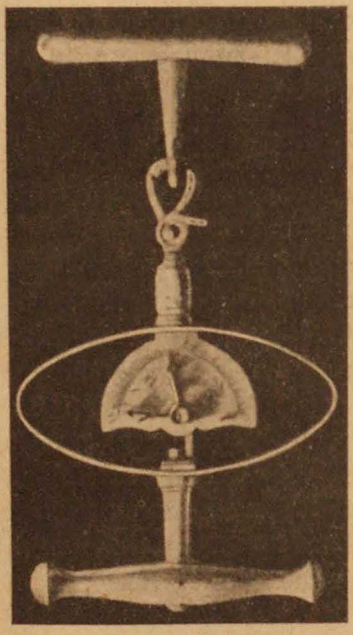


Рис. 84.

**§ 197. Динамометры-регистраторы или динамографы.** Чтобы наблюдать колебания силы, Морен построил, по указаниям Понселе, динамометр - регистратор: подвижная часть пружины имеет острие, которое чертит след и которое смещается по бумаге пропорционально величине растяжения. Получаются таким образом ординаты, пропорциональные силам, если бумага развертывается перед острием параллельно линии абсцисс XX; средняя величина силы есть среднее арифметическое ординат; получается:

$$y = \frac{y_1 + y_2 + \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot y_n}{n}.$$

Интенсивность для каждого момента выражается соответствующей ординатой. Ее исчисляют в килограммах, после того как предварительно определят длину ординаты, соответствующей определенной силе.

По этому типу динамографов были построены модели Марея, Гезехуса, Грехана, Валлера, Шарля Анри, Гюльса, Вердена и др. Динамограф Валлера, применяемый в английских клиниках, дает силу сжатия руки.

Но каково бы ни было их число и разнообразие, все известные динамографы совершенно неспособны зарегистрировать все силы и их составляющие, которые обнаруживаются в профессиональной работе, в рабочих процессах. Надо было изощряться дальше, чтобы получить изображение этих сил при всевозможных обстоятельствах. Мы сейчас увидим, каким путем это было достигнуто.

**§ 198. Регистрация мышечной силы в различных профессиональных работах.** Принцип, который был положен исследо-

вателями в основание, это — графический метод Марея: приспособленная надлежащим образом пружина соответствующей силы действует непосредственно на каучуковую грушу, или на барабанчик Марея; изменения передаются движением воздуха и эластичной мембраны на регистрирующий барабанчик, который помещается перед цилиндром кимографа. Таким образом получается возможность передавать колебания силы, при чем ординаты пропорциональны усилиям (см. § 204). Професор А. Эмбер был первым, показавшим всю пользу, которую возможно извлечь из графического метода, для регистрации силы мышц, прикладываемых к рабочим инструментам. Его методика сейчас будет описана.

§ 199. **Движение тележки и тачки.** *Тележка* имеет два колеса, поддерживающих ее боковое равновесие; эти колеса имеют малый диаметр, что заставляет рабочего, нажимающего на ручки, слегка наклонять свои руки: *горизонтальная составляющая* его силы таким образом уменьшается, но зато равновесие устойчиво. В тачке же, наоборот, имеется одно единственное колесо, диаметр которого больше, чем у колес тележки (рис. 85); боковое равновесие поэтому неустойчиво, *сила поддержки* значительней, но зато и сила в направлении движения дает горизонтальную составляющую, бóльшую по величине.

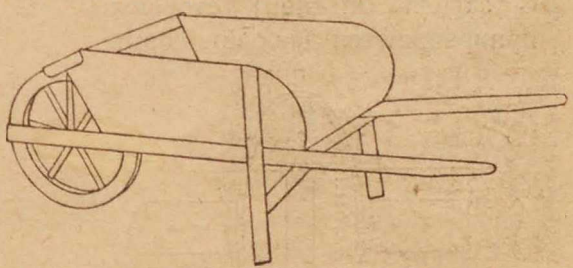


Рис. 85.

Тележка предназначается для перевозки тяжелых предметов. Тачка служит для перевозки предметов очень раздробленных, как камни, песок, гравий, земля, известь и другие строительные материалы. Первая из них тяжела и передвижение требует часто двух, а то и трех людей; вторая имеет средний вес в 30 килограммов и вместимость от $^1/_{20}$ до $^1/_{30}$ кубического метра; тачку передвигает один человек.

Мышечная сила, подлежащая регистрации, прилагается *нормально* к ручкам (поддерживание тяжести) и *параллельно* им (для опредения силы тяги или давления, необходимого для движения тележки).

**1. Сила, приложенная нормально к ручкам.** Одна из ручек тележки спилена на 30 см. от свободного конца по линии $SS'$. Прикрепленная часть I, снабженная на своих боковых поверхностях двумя металлическими пластинками $AB$, $A'B'$, которые замещают отнятую часть, *сочленяется без трения с осью* $OO'$, перпендикулярной к ней (рис. 86).

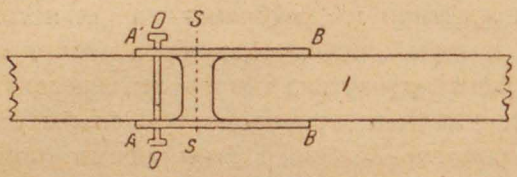



Рис. 86.

С другой стороны прилаживают к верхней (наружной) поверхности ручки овальную пружину $R$ и привинчивают ее к вертикальным краям обеих металлических пластинок $Q$ и $Q_1$, укрепленных на той же поверхности (рис. 87). С задней (нижней) стороны прикрепляются две одинаковых

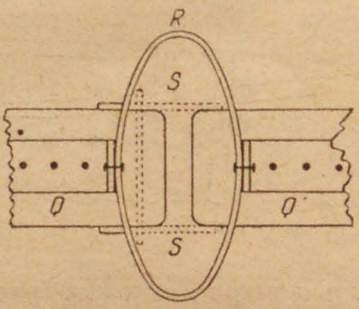



Рис. 87.

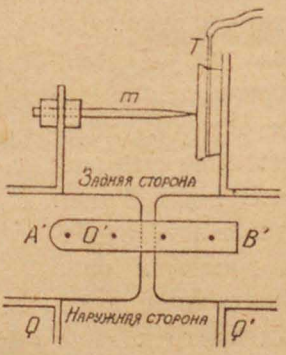



Рис. 88.

металлических перекладины, вертикальные края которых поддерживают, один — цилиндр Марея $T$, а другой — стержень $m$, которым приводится в действие мембрана (рис. 88). В действительности связь стержня $m$ с мембраной цилиндра более сложная и косвенная, чем это описано здесь; он действует на рычаг, который позволяет изменять амплитуду колебаний мембраны барабанчика. Так или иначе, при вращении конца ручки вокруг оси $00'$, мембрана испытывает смещения, которые легко регулируются [1]), и барабан может передать более или менее полно движения.

[1]) Необходимо всегда включать в резиновую трубку, соединяющую воспринимающий и записывающий барабанчики, так наз. нулевой клапан, дающий возможность выравнивать давление. *(Прим. ред.).*

Можно удовольствоваться устройством такого приспособления на одной из ручек, если сила рабочего распределена достаточно симметрично между ними.

**2. Силы, действующие в направлении ручек.** Для этой второй цели одна рукоятка делается цилиндрической и окружается металлической муфтой $M$; последняя имеет выступ $H$, противоположный выступу $H'$; и к тому, и к другому привинчивается овальная пружина $K'$.

На противоположной стороне располагается система из барабанчика и стержня, наподобие вышеописанных.

В этих условиях, когда рабочий, держа рукой рукоятку посредством муфты $M$, силится толкнуть или сдвинуть тележку, это усилие осуществляется скольжением муфты $M$, ограничиваемым пружиной и передаваемым мембране барабанчика (рис. 89).

Таким образом силы, как нормальные, так и параллельные рукояткам, записываются на цилиндре через посредство записывающих барабанчиков.

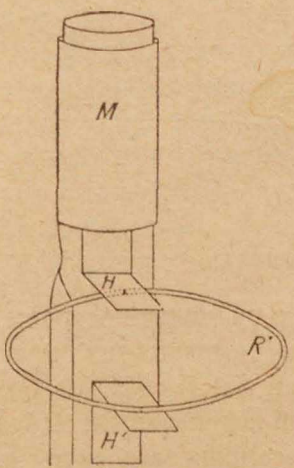



Рис. 89.

**§ 200.** При передвижении тележки, как и вообще при перемещении тяжестей, приходится нести тяжесть на тележке, таща ее. Эмбер употребляет с этой целью овальную пружину, снабженную рукояткой $P$, несущую на одном из своих концов барабанчик Марея, соединенный с другим концом при помощи крепкого стержня $t$. Рабочий прицепляет ношу и несет ее, прилагая силу к ручке $P$ (рис. 90).

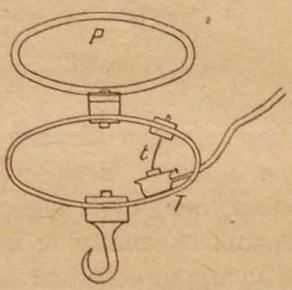



Рис. 90.

Сила учитывается благодаря записывающему барабанчику, соединенному с воспринимающим барабанчиком $T$. Рукоятка

такого же рода может служить для оценки силы упора на ручки тачки. М. Эмбер прикрепляет пружину к двум металлическим пластинкам $M$ и $M'$; одна из них припаяна к рукоятке $P$ (рис. 91), другая—к кольцу $A$, который охватывает ручку тележки.

Таким образом вертикальная составляющая силы изменяет форму пружины; эти изменения передаются каучуковой груше $C$ через посредство маленького диска, помещенной в металлическую чашку и соединенной с барабаном-воспринимателем Марея.

Профессор Монпелье улучшил способ исследования силы, параллельной ручкам: две металлические перекладинки при

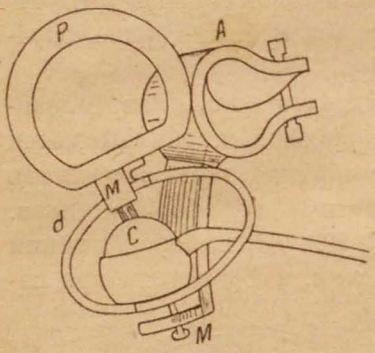



Рис. 91.

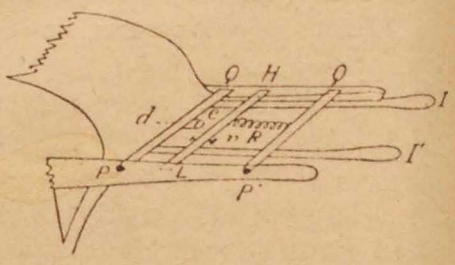



Рис. 92.

ложены к ним в направлении $P$ и $P'$; с их нижней стороны имеются кольца, куда вдеваются два стержня из крепкого железа, оканчивающиеся рукоятками $J$ и $J'$ (рис. 92). Эти два стержня склепаны с металлической перекладиной $HL$, абсолютно изолированной от ручек, но соприкасающейся с одним из концов крепкой проволочной пружины $K$, другой конец которой прикреплен к перекладине $P'Q'$. Таким образом, охватив рукоятки $J$ и $J'$, рабочий производит нажим на перекладину $HL$, перемещения которой ограничены пружиной $R$. Эти перемещения передаются маленькой каучуковой груше, помещенной у $C$, в чашечке и находящейся в контакте с маленьким диском $d$. Контакт достигается благодаря винту $v$. Эта конструкция более чувствительна и дает возможность получить более правильные показания, чем описанная раньше.

§ 201. **Экспериментальная обувь по Марею.** Давление, производимое ногой на пол, на педаль, на ось колеса при остановке его во время движения, на предмет или на человека в спортивных упражнениях, может быть зарегистрировано, если снабдить обувь особо приспособленным воспринимающим барабанчиком. Модель Марея имеет толстую каучуковую подошву, внутри которой находится маленький сжимаемый карманчик. Благодаря нажимам и поднятиям ноги получается попеременное выталкивание и обратное вхождение воздуха, что приводит в действие барабанчик-регистратор.

Если дело касается изучения ходьбы, то испытуемый человек держит в руке цилиндр кимографа.

Надо здесь признать, что вследствие того, что воздушные карманы не находятся в контакте со всей поверхностью стопы, получаются довольно неверные оценки затраченной силы. Подобная обувь не позволяет совершать и длинных путешествий. Марей применил другой способ. Он поместил воздушный карман, содержащий медную пружину, внутри пятки каблука обыкновенного башмака. Стальной язычок, образующий подошву, проходит под ногой человека внутри башмака и упирается в выдающуюся кнопку, которая приводит в действие мембрану полости. Нажим ноги выгоняет большее или меньшее количество воздуха через каучуковую трубку, которая идет позади каблука (рис. 93). Эта конструкция особенно удобна для изучения ходьбы.

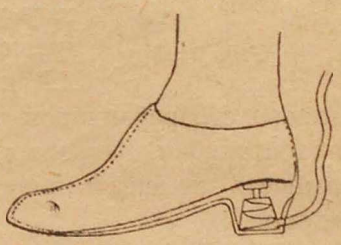


Рис. 93.

Татэн (1843—1913 г.) дал еще модель подошвы с раздувальным мехом, могущую прилаживаться к башмаку, и чрезвычайно простой конструкции. Марей употребляет также для изучения передвижения динамографический пол [1]).

§ 202. **Инструменты, снабженные регистраторами.** Профессор Эмбер приложил систему регистрации Марея к инструменту,

---

[1]) В своей книге: „L'organisation physiologique du travail" Амар описывает усовершенствованный динамографический пол, применяемый им для изучения ходьбы.

*(Прим. ред.).*

который в большом ходу на Юге: *ножницы-секатор*. Они употребляются для срезания длинных виноградных лоз различной толщины, имеющихся в американских виноградниках; они имеют форму ножниц, т.-е. форму рычага первого рода (см. рис. 94 и § 51), при чем точка опоры получается у сочленения; вследствие этого сила будет тем больше, чем разрезаемая лоза будет находиться дальше от этого сочленения. Оценка этой силы требует выбора постоянного положения для лозы, при работе с одним и тем же инструментом. Эмбер поступил следующим образом: он разделил ручку секатора $MN$ в $S$ и обе части соединил посредством шарнира, который дает возможность стержню $SN$ вращаться вокруг оси O; при этом он тянет металлическую пластинку $AB$, которая приклепана к части $P$ с одной стороны и соединяется с другой стороны с пластинкой $BC$. Всякое изменение в силе разрезания передается каучуковой груше $K$, помещенной между пластинкой $AB$ и ручкой секатора $MN$. Груша соединена с барабанчиком-воспринимателем посредством эластичной трубки. Закрепа $a$, припаянная к пластинке $L$, дает можность помещать виноградные лозы всегда на том же делении.

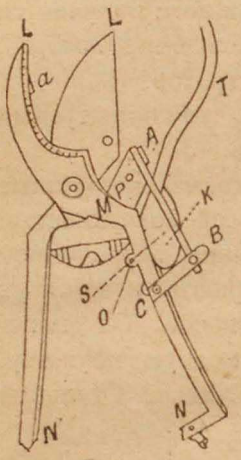


Рис. 94.

§ 203. Эмберу удалось также зарегистрировать усилия при *опиловке* (*в работе с напильником*), т.-е. давление, производимое на тиски нажимом левой руки, которая направляет инструмент и силу толкания ручки напильника правой рукой, но он еще не опубликовал своей техники.

Ставя это исследование, мы действовали следующим образом: предмет, назначенный для обработки, напр., медный цилиндр, располагается на динамометрической подставке так, как это указано на рис. 95.

Таким образом записывается вертикальное давление на тиски. С другой стороны, приспособление на напильнике (рис. 96) позволяет отмечать силу правой руки, а также и силу левой руки. Дальше будет приведен способ вычисления.

Динамометрическая подставка, помещенная в тиски, передает вертикальное давление двух рук при захвате напильника (рис. 95).

Сочетание напильника с пружинами дает учет этого давления для левой руки (*A*), а вместе с тем и горизонтальную составляющую *B* (рис. 96); наконец, ручка позволяет отметить горизонтальную составляющую правой руки *C* (рис. 96). Шарикоподшипники умень-

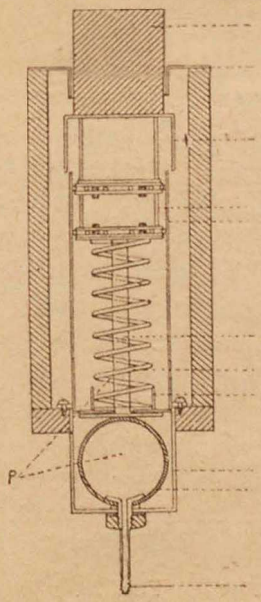



Рис. 95.

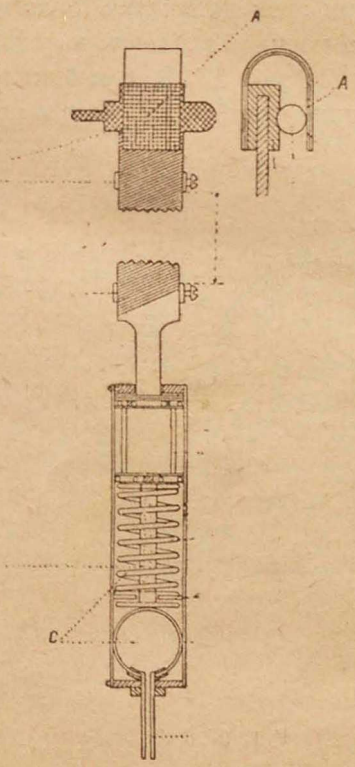



Рис. 96.

шают трение и сила пружины приспособляется к роду работы.

Каучуковые груши, которые соединены с барабанчиками-регистраторами Марея, помещены в точках приложения силы, которые изменяют их форму при помощи маленьких металлических дисков.

**§ 204. Определение силы в килограммах.** Рис. 99 воспроизводит запись, полученную посредством пера регистрирующего барабана. Если заменить мышцы руки постепенно увеличивающимися нагрузками, то получается, что в условиях

чертежа ордината в 1 мм. соответствует, например, 1 килограмму.

Так, в очень простом случае с вязальным крючком (§ 200) допустив, что он сводится к графику чертежа 99, мы прикрепим ручку так, чтобы она не двигалась, и подвесим к крючку последовательно гирьки в 5, 10, 15, 20, 25 килограммов; у нас при этом получатся ординаты рисунка 100. Сравнивая их с мышечной записью, мы сделаем вывод, что силы $a, b, c, d$, соответствуют 13, 9, 8 и 6 килограммам. Такое градуирование или калибровка всегда возможны и к тому же они

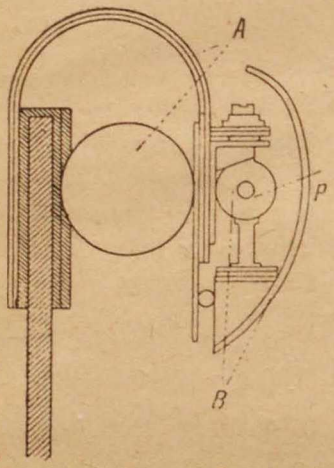



Рис. 97.

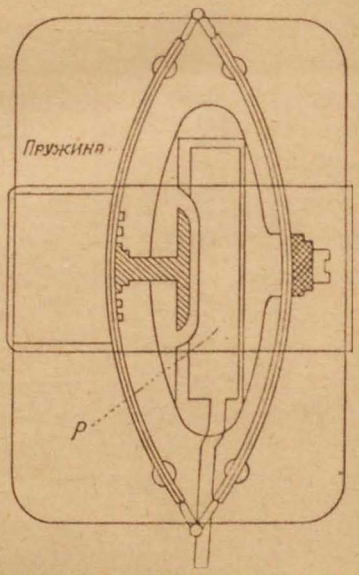



Рис. 98.

необходимы. Рассмотрим сперва случаи тележки, тачки и других сходных повозок. Надо определить силу упора и силу, от которой происходит продвижение. Для определения одной силы на той высоте, на которой рабочий будет поддерживать ручки, достаточно заменить мышцы рук веревкой, привязанной к ручкам двумя ее концами и прикрепленной посредине к обыкновенному безмену (§ 194). Для определения силы продвижения надлежит держать ручки в наклонном положении во время движения. В самом деле, давление, производимое на ручку, участвует в продвижении лишь своей горизонтальной составляющей. Искомая величина горизонтальной составляю-

щей, необходимая для преодолевания трения на оси и на земле, находится в большой зависимости от наклона. С другой стороны, и это трение различно, смотря по тому, насколько центр тяжести близок к оси колеса и, следовательно какая часть тяжести ложится на руки рабочего.

Таким образом определение силы должно вестись при вполне определенных условиях. Эмбер находит возможным измерять силу продвижения, когда центр силы тяжести

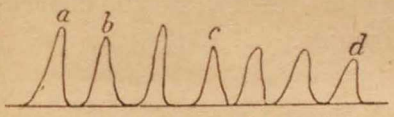



Рис. 99.

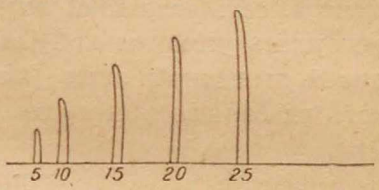



Рис. 100.

находится в плоскости оси колес: он соединяет ручки веревкой, середина которой соединяется при помощи другой веревки, перекинутой через блок с чашкой весов. На нее кладут гири до тех пор, покуда продвижение тачки не будет остановлено (не принимается во внимание величина разрыва веревочных скреплений, которые всегда немного больше).

Истинная мера мышечной силы может быть получена, если

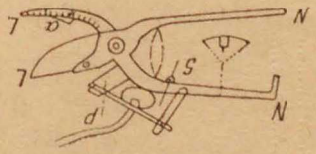



Рис. 101.

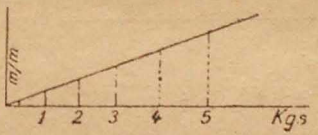



Рис. 102.

оставить градуированный динамометр между ручкой и рукой и толкать, покуда записывающее перо не начертит ординат, равных ординатам, происходящим от продвижения.

**§ 205.** Очень просто градуировать показание ножниц-секатора (рис. 101): ручку $N'S$ прилаживают между губами тисков таким образом, чтобы часть $SN$ была бы горизонтальна, и заменяют обычную пружину секатора (пунктир) крепкой пружиной.

Тогда достаточно подвешивать к середине постепенно возрастающие нагрузки, чтобы получить величину ординат

в килограммах. Если откладывать по оси абсцисс килограммы, получится кривая.

Для различных инструментов, которые мы рассматривали, градуирование производится легко с помощью чашки весов Роберваля, нагруженной гирями. Никакой специальной техники не применяется, нужна просто некоторая изобретательность.

Минимум силы, требуемой при манипуляции с инструментом, есть величина, которую надо знать, чтобы не перегружать утомительной работой людей, не имеющих необходимой мышечной силы (женщин и детей), и не подвергать их слишком быстрому утомлению.

## ГЛАВА II.

## Измерения: Динамические элементы человеческой машины.

**§ 206. Определение работы.** Динамограф, если он приспособлен к показанию силы и изменений точек приложения этой силы, представляет инструмент, могущий измерять и работу.

Его запись изображает для каждого момента величину силы и величину передвижения. Предположим, что мышцы

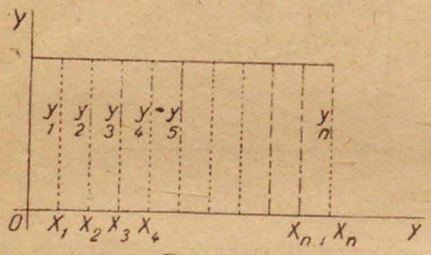



Рис. 103.

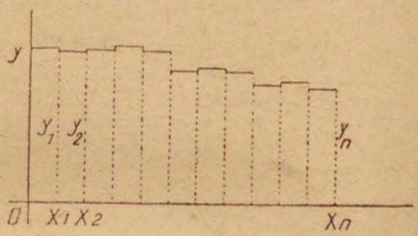



Рис. 104.

развивают постоянную силу, изображенную ординатами $y_1, \ldots y_n$ за $n$ секунд и смещают противоположно направленное сопротивление по длинам $ox_1, x_1x_2 \ldots x_{n-1}x_n$; общая сумма работы мышц будет равна сумме поверхностей $ox_1 \times y_1 + x_1x_2 \times y_2 \ldots ox \times y$ (фиг. 103). Если сила непостоянна, получается общая поверхность, подобная изображенной на рис. 104.

По мере приближения скачкообразных изменений силы к непрерывным, число прямоугольников возрастет и, в конце

концов, чертеж приближается по форме к кривой линии $C$ (рис. 105). В таком случае речь идет о нахождении поверхности $OABx$. Когда смещение очень велико, его сокращают соответственным образом, беря, например, 1 миллиметр за 10 сантиметров или 1 метр или даже 1 километр. Это применяется при записывании работы паровой машины посредством указателя Уатта: получается кривая линия, любая точка, на которой изображает сразу положение поршня (проделанный путь) и величину давления пара. Площадь кривой будет означать работу машины (§ 51). Форма полученных кривых бывает разнообразной.

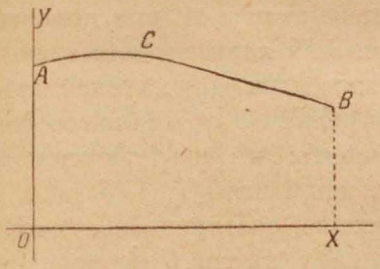



Рис. 105.

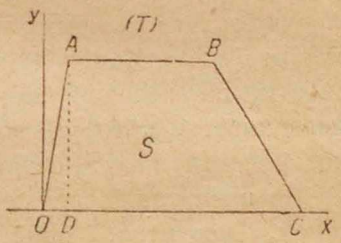



Рис. 106.

Иногда это—форма известных фигур: прямоугольный треугольник, трапеция ($T$) (рис. 106), эллипсис или круг ($E$,$C$), сегмент параболы ($P$), синусоида ($S$) и т. д.

Соответственные площади тогда выразятся так:

прямоугольный треугольник: $S = \frac{OB \times AB}{2}$.

Трапеция (фиг. 106): $S = \frac{AB + OC}{2} \times AD$.

Полуэллипсис: $S = \frac{\pi \times OA}{2} \times AB$ (малая полуось).

Полукруг: $S = \frac{\pi \times AB^2}{2}$. ($AB$ = радиус).

Сегмент параболы: $S = \frac{2}{3} OA \times AB$.

Площадь синусоида $S = 2$.

**§ 207.** Задача определения плоских площадей, т.-е. кривых начертанных в плоскости, общее уравнение которых: $y = f(a)$ называется проблемой *квадратур*. Она разрешается

всегда интергрированием уравнения: $y = f(x)$ или отысканием *функции* (см. § 4). Для практических целей применяются особые интеграторы и планиметры, дающие возможность определить площади, а, следовательно, и работу. Это—система коленчатых рычагов, вращающихся вокруг неподвижной оси и снабженных валиком-счетчиком и подвижным карандашем. В то время как карандаш проходит по контуру измеряемой площади, валик поворачивается на пропорциональный угол и дает величину последней. Одним из наиболее распространенных является планиметр Амслера. Эта модель, так называемая «компенсационная», состоит из двух стержней $AP$ и $AT$, сочлененных у $A$ при помощи *шарниров, допускающих движение по всем направлениям в плоскости бумаги*. Конец $P$ накладывается на одну из точек плоскости, на которой начерчена кривая $S$, ограничивающая поверхность, которую хотят измерить: по контуру данной поверхности водят острием чертежной иглы T.

Во время этого движения колесико, соединенное со стержнем, вертится, описывая число кругов, пропорциональное измеряемой площади. Получается $S = k \times n$, где $k$—постоянная прибора, $n$—число оборотов и долей оборота колесика. Счетчик, расположенный на стержне $AP$, дает полные обороты, а другой прибор, прикрепленный к колесику,—части круга.

Предположим, что показание будет 2.500 единиц до, и 2.560 после измерения. Получается: $n = 2560 - 2500 = 60$. С другой стороны, величина $k$ на планиметре обозначена в квадратных миллиметрах. Когда $k = 9$ кв. мм., то $S = k \times n = 9 \times 60 = 540$ квадратных миллиметров. Исправление ошибок, «компенсацию» производят, оставляя острие $P$ на месте и приводя колесико в положение, симметричное прежнему. Следовательно, в действительности выполняют два измерения: $S_1$ и $S_2$; точная величина будет:

$$S = \frac{S_1 + S_2}{2}.$$

К числу простых способов определения площадей относится способ определения веса чертежей, вырезанных из бумаги (§ 68), сравнительно с весом квадратного санти-

метра той же бумаги. Выбирают однородную бумагу; но при этом ошибка достигает приблизительно 5%.

Можно, наконец, заметить, что поверхность кривой равняется сумме серии маленьких равных прямоугольников, как мы это видели выше, или серии маленьких трапеций. В этом случае разделим основание или ось абсцисс на равные достаточно маленькие отрезки $d$. Приблизительную величину $S$ можно вычислить по формуле Понселе; получается:

$$S = d\left[2\,(y_1 + y_3 + \ldots\ldots y_{n-1}) + \frac{y_0 + y_n}{4} - \frac{y_1 + y_{n-1}}{4}\right].$$

Это есть произведение расстояния $d$ между двумя последовательными ординатами на удвоенную сумму нечетных ординат, плюс четверть крайних ординат, минус четверть ординат, ближайших к крайним.

Не приходится, значиг, учитывать ординат четного порядка. Высшая граница ошибки при этом

$$\frac{d}{4}\left(y_1 + y_{n-1} - y_0 - y_n\right).$$

Применение метода Понселе дается легко и приводит к хорошим результатам.

**§ 208. Эргометрия и эргография.** Эргометрия есть совокупность способов измерения работы. Эргография является совокупностью способов регистрации работы. В обычных машинах употребляется обыкновенно тормоз Прони (§ 39); в опыте, когда человек вращает рукоятку, можно было бы укрепить на оси рукоятки блок и передать работу тормозу Прони; то же самое можно было бы сделать, если мышцы приводят в действие педаль велосипеда. Но результаты были бы неточны. В самом деле, в неодушевленной машине уравновешивают момент движения сжимая мало-по-малу тормоз и этот момент имеет постоянную величину; что касается мышц, то они изменяют свою мощность в зависимости от силы сопротивления, которую надо преодолеть, т.-е. эта мощность изменяется постепенно, по мере сжимания гаек и достигает величины, соответствующей трению в данную минуту. Следовательно, точное определение человеческой работы при помощи тормоза Прони встречает по необходимости препятствия.

Этот тормоз к тому же не очень чувствителен и почти никогда не применялся для изучения мышечной динамики.

§ 209. Эргографические аппараты более многочисленны и имеют бóльшие преимущества, чем эргометрические. Морэн первый применил их в ряде случаев и, руководствуясь советами Понселе (с 1839 по 1840 год) сконструировал динамографические приборы для измерения работы тяги повозок.

Марей применил свою систему воздушной передачи таким образом: представим себе случай поднятия тяжести посредством веревки, проходящей через блок; в то место, на которое действуют мышцы, вводится динамограф, состоящий из поршня и поддерживаемый в равновесии двумя пружинами из проволоки, на одну из которых, более крепкую, передается сила, действующая на нижний конец. Стержень поршня упирается в каучуковую мембрану, которая закрывает металлический ящик внутри динамографа. Крепкая железная рама охватывает все части динамографа. Смещаемое сопротивление действует на верхний конец прибора; тянущая сила руки давит на нижний конец прибора и слегка приподнимает мембрану, что вызывает приток воздуха, и действует таким образом на регистрирующий барабан. Вращение блока в уменьшенном виде записывается при помощи системы зубчатых колес или блоков на цилиндре-регистраторе. Таким путем Марей установил, что поднятие тяжестей сопряжено с бóльшим количеством работы, чем опускание.

**§ 210. Эргометрические приборы.** Мы опишем для примера весовой тормоз Лоланье: в желобе большого блока ходит металлическая лента, к обоим концам которой привешиваются 2 гири равного веса. Одна из гирь соединена с особым безменом. Человек, вращая блок рукою, производит некоторую работу, равную произведению пройденного расстояния $2\pi rn$ (где $n$—число оборотов) на трение, показываемое безменом.

Американские ученые Этуотер и Бенедикт применяют эргометр, превращающий всю работу в тепло, которое и учитывается, так как опыт производится в калориметрической комнате. Интересующихся применением этого аппарата отсылаем к оригиналу (см. Библ. указ.). Гораздо проще и точнее устроен эргометр такого устройства: велосипед укреплен на хорошей и прочной подставке так, что заднее, хорошо выверенное и центрированное колесо имеет в своем желобе

стальную ленту, на одном из концов которой подвешена гиря, а на другом — динамометр, снабженный циферблатом. При определенной нагрузке $P$ показание динамометра в спокойном состоянии будет $P$, при нормальном ходе с известной скоростью показание будет $(P+p)$ граммов; величина $p$ относится к трению; работа выразится след. уравнением: $2\pi rn \times p$; таким образом измеряется работа ножных мышц; если нужно определить работу ручных мышц, то заменяют педаль рукояткой и весь прибор ставят на более высокую подставку. Число оборотов исчисляется по минутам; для более точных отсчетов устанавливают электрические контакты между стержнем и колесом в точке $c$, и записывают сигналом Депрэ (рис. 107) на цилиндре с закопченой бумагой. Этот прибор в соединении с тормозом Прони употреблялся Ландуа; выше мы указали на неудобство пользования тормозом Прони даже при скоростях в 90 — 120 ударов педали в минуту (§ 208).

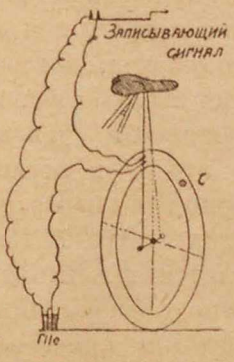



Рис. 107.

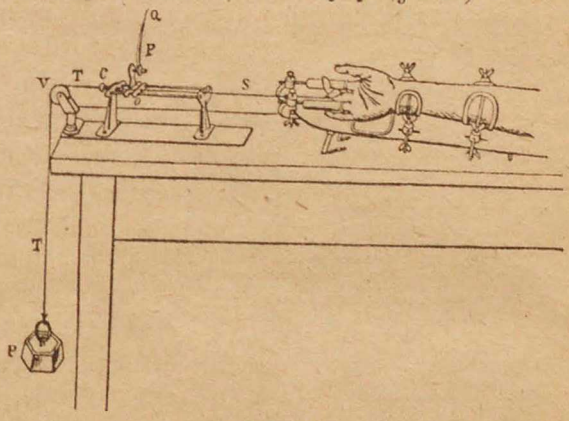



Рис. 108.

**§ 211. Эргографические аппараты.** Эти аппараты, более точные и чаще употребляемые, строятся обычно по типу *эргографа Моссо*, итальянского физиолога. Он состоит из 2 частей:

*1) Приспособление для закрепления руки.*

Эргограф Моссо регистрирует работу сгибательных мышц пальцев, в частности среднего пальца; кисть руки, ладонью вверх [1]), лежит на подушке (рис. 108); указательный и безымян-

[1]) В некоторых моделях эргографа Моссо рука лежит ладонью вниз, что более удобно; в одном из NN'ов „Dflügers Archiv" описан эргограф, более совершенно использующий силу сгибаний пальца. *(Прим. ред.).*

ный пальцы вставляются в медные трубки $O$ и $N$; предплечье лежит в выемке $B$ и поверх запястья и иногда также средней части предплечья затягиваются фиксирующие ремни $CD$; все это иммобилизует предплечье и пальцы, оставляя свободным средний палец.

*2) Записывающая тележка.* Подвижную часть представляет тележка, двигающаяся горизонтально на 2-х железных прутьях N и $N^1$ и снабженная пером $PQ$; шнур $S$, идущий от патрона, надетого на средний палец, соединен с тележкой; с другой стороны шнур $T$ проходит через ось винта $C$ и блок $V$, и поддерживает тяжесть $P$. Винт $C$ дает возможность регулировать первоначальное положение тележки, дабы в покое на палец не действовала сила тяги (рис. 108).

Обе части эргографа Моссо устанавливаются на солидном столе, при чем блок заходит за край стола; закрепляющая часть, параллельная другому длинному краю, и меет наклон направо, для правой руки. Палец прикрепляется к шнуру $S$ посредством кожаного обруча, который обвивает вторую фалангу. Устанавливают положение винта $C$ и вешают примерно три килограмма на конец шнура $T$. Перо приводится в контакт с медленно вращающимся цилиндром кимографа, (рис. 109). При каждом сгибе пальца записывается кривая линия, ордината которой выражает перемещение $l$ груза $P$; работа выразится таким образом через $P \times l$ (работа движения).

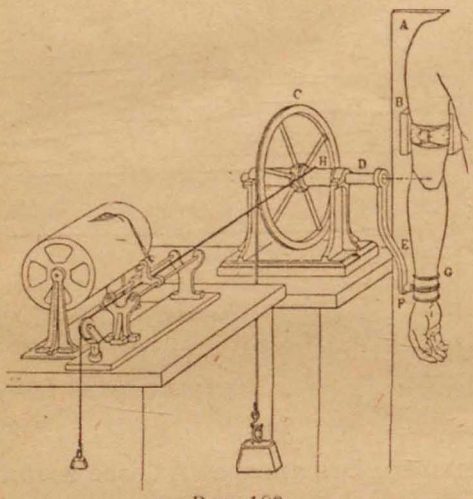


Рис. 109.

Интенсивность сокращений постепенно уменьшается вследствие усталости, и общее направление кривых — нисходящее, особенно при ускорении ритма движений. Совокупность сокращений, зарегистрированных до наступления усталости, называется *эргограммой*. Рис. 76 (стр. 204) дает образцы эргограмм.

**§ 212. Различные эргографы (по принципу Моссо).** Число эргографов, основанных на принципе эргографа Моссо, значительно. Большинство из авторов использовало работу среднего пальца, кроме Сторея [1]), который, обратив внимание на затрудненность работы среднего пальца, когда другие неподвижны, заставил работать указательный палец, что, конечно, естественнее.

Тревес изобрел эргограф плечевой, изображенный на рис. 109; испытуемый прислоняется к вертикальной плоскости $A$, тогда как его правая рука укреплена в желобе $B$ посредством ленты. Браслет $G$ привязывает предплечье к рукоятке $E$ колеса $C$, ось которого находится на продолжении поперечной оси локтевого сочленения. Груз $P$, предназначенный для подъема, подвешен к шнуру, охватывающему желоб колеса $C$. Наконец, к ступице $H$ прикрепляется шнур, идущий к записывающему аппарату.

Чтобы получить величину работы, надо учесть радиусы: $R$ — рукоятки, $r$ — колеса и $r^1$ — ступицы. Если обозначить через $h$ ординату кривой, образуемой движением предплечья около плеча, то соответствующая работа выразится так:

$$z = P \times h \times \frac{r}{R} \times \frac{r}{r^1} = \frac{Phr^2}{Rr^1};$$

**§ 213.** Приведем также видоизменение аппарата Моссо, приспособленного в качестве *ножного эргографа;* это изобретение принадлежит Капобианко. Закрепляющей частью является башмак из тонкого, крепкого полотна с твердой подошвой (деревянной или железной). Последняя прикрепляется к подставке в несколько сантиметров высотой и имеет шпору, к которой привязывается кишечная струна, проходящая через блок над уровнем подставки. С другой стороны струна соединяется с обычной тележкой Моссо, с ее пером и с подъемным грузом. Человек садится в кресло с бедрами, стянутыми ремнем, чтобы избежать движений. Слегка согнув ногу, он приподымает пятку, тогда как носок ноги продолжает опираться на шарнир; при работе с грузом в 20 килограммов быстро сокращающаяся треглавая мышца голени

[1]) Описание своего эргографа американский физик Storey дал в „Journal of Phisiology", 1903.

утомляется; полученные эргограммы очень сходны с эргограммами среднего пальца.

Эргографическая техника требует большого внимания, чтобы получить изолированную работу одного пальца и избежать боли.

**§ 214. Измерение профессиональной работы.** Главная задача эргографии есть нахождение закона уменьшения работы под влиянием усталости.

Графический метод Марея один дал возможность измерять работу мышц, приводящих в движение тот или другой профессиональный инструмент. Описанные выше приспособления для определения величины силы могут быть использованы также и для определения работы.

Возьмем различные упомянутые уже выше случаи (§ 198 и след.) и будем старательно различать полезную работу инструмента, с одной стороны, и мышечную работу—с другой. Например, полезная работа тележки, тачки и всякой иной повозки есть произведение величины трения колес о землю на пройденное расстояние. Мы умеем измерять силу затраченную на преодоление трения $F$. Можно также измерить пройденное расстояние $L$. Получится: $\zeta = F \times L$. Таким образом $F$ есть горизонтальная составляющая мышечной силы. Если она составляет $\frac{1}{m}$ общей силы, то затрата мышечной силы за время $t$, в течение которого продолжается работа, выразится через $m \times F \times t$.

Поддерживание ручек тачки или тележки на известной высоте требует затраты *статического усилия*, равного пусть $F^1 \times t$ так, как для работы $\zeta = \tau \times l$ за период времени $t$; расход мышечной силы определяется правилом параллелограмма.

$$\sqrt{F^2 + F'^2} \times t$$

**§ 215.** Измерение *работы садовых ножниц* было выполнено А. Эмбером; он определял *высоту падения груза*, способного производить разрезание виноградной лозы. Для этого ножницы раскрываются, как для измерения силы резания (рис. 102). К средине бранши, несущей на себе сочленение, подвешивается гибкая и крепкая проволока, заканчивающаяся крючком; к последнему прикрепляется груз, падающий

вдоль вертикальной линейки, показывающей высоту падения. Предположим, что $P$ есть груз, а $h$— высота; работа резки будет:

$$\tau = P \times h$$

Необходимо помнить, что эта работа изменяется в зависимости от положения лозы по отношению к сочленению ножниц и от толщины лозы, которую надо перерезать.

**§ 216.** Возьмем еще хотя бы случай работы напильником. Рабочий прижимает напильник к металлу, чтобы заставить его снимать верхние слои металла; работа в этом случае есть произведение пройденного напильником расстояния на сумму горизонтальных составляющих силы правой и левой рук, которые преодолевают сопротивление металла. Если величина этой силы$=F$ и если использованная длина напильника равна $l$, работа каждого перемещения напильника будет равна $\tau = Fl$.

Нет необходимости прибавлять, что тем же принципом руководствуются и при определении работы рубанком, пилой и т. д. Но как бы ни была велика статическая сила мышц, она не может фигурировать в полезной работе в тесном смысле этого слова.

**§ 217. Классификация человеческой работы.** Если только рассматривать физическую работу, то в основу классификации надо положить группу активных мышц, куда относятся мышцы *рук*, *ног*, *пальцев* или несколько групп сразу, или, наконец, утилизируемая часть общего веса тела.

Работы, исполняемые при помощи рук, принадлежат к самым разнообразным; рукой действуют, толкая или таща, или прямо или через посредство рычагов, рукояток, веревок или блоков; руками приводят в действие различные инструменты или аппараты.

Напильник, пила, рубанок, садовые ножницы, ножницы, режущие металл, обыкновенные ножницы являются рычагами первого рода и имеют, следовательно, точку опоры при сочленении (на примере садовых ножниц мы показали способ, подходящий для измерения силы руки и ее работы).

Ручки насосов, весла лодок, большие ножи для хлеба или овощей, щипцы для орехов представляют из себя рычаги второго рода. Сила может быть измеряема наложением

на ручку рычага (в той самой точке, на которую будет действовать сила руки) стальной пластинки, покрывающей маленькую каучуковую грушу; изменения давления воздуха передаются регистрирующему барабану; эта система принята для измерения вертикальной силы левой руки, действующей на напильник (фиг. 97). В случае с веслами лопатка имеет свою точку опоры в воде; усилие гребца есть сила, а лодка, которую он заставляет двигаться,—сопротивление. Экспериментировать при этом не труднее, чем в предыдущих случаях, при условии прикрепления к концам весла приборов для передачи и исследования силы; цилиндр кимографа может быть помещен в лодке, при чем его держат так, как держат при ходьбе регистратор Марея. Градуируют прибор при помощи медицинских динамометров, снабженных скалой.

*Копром* называется прибор, при помощи которого приподымают сперва очень тяжелую массу, называемую *бабой*, чтобы дать ей упасть с известной высоты на сваю с целью вбить ее в землю. В случае *копра с веревками*, если имеется $n$ рабочих при весе бабы $P$, на долю каждого из них приходится в среднем груз $\frac{P}{n}$. Вставляя сильные безмены или, лучше, динамограф Марея в хорошо размеренную веревку, мы можем измерить в любой момент силу, расходуемую рабочим; отклонение движущего конца от вертикали изменяет величину этой силы. Зная высоту, на которую поднята баба, мы получим работу одного удара копра. Легко определить число ударов копра, приходящееся на одного рабочего в день.

В случае ручной помпы известна высота, на которую вода поднимается из глубины колодца; если достают воду из колодца ведром, то динамограф вставляется в веревку, которая привязывается к ведру. Если действуют посредством рычага, как в некоторых случаях черпания, то работа исчисляется по передвижению руки при заранее известной силой.

**§ 218.** При работе с воротом действие рук может применяться либо при посредстве веревки, намотанной на блок-барабан, либо посредством рукоятки $BA$ (колодезный ворот), приделанной к концу оси $BC$ ворота (рис. 47). Сила измеряется посредством безмена или динамографа, при чем к рукоятке прилаживается пружина с каучуковой грушей.

Допустим, что $F$ сила, развиваемая рабочим; ручка в отношении к оси ворота будет находиться в положении $BB'$; обозначим ее длину через $r$; очевидно, что работа одного оборота выражается: $\tau = 2\pi r \times F$.

Сила действует касательно к барабану, в первом случае, и к окружности, описываемой рукояткой, во втором случае. Определенная таким образом работа включает в себе и работу трения концов вращающейся оси ворота и работу и сопротивление веревки, намотанной на вал.

Так же надо поступать при вычислении работы и измерении мощности, в случае кабестана. Это, в сущности, ворот с вертикальной осью. Человек, ходящий вокруг ворота, будет прилагать силу $F$ к одной из спиц; допустим, что длина спицы $l$; ее работа составит $2\pi l \times F$ на целый оборот. Несколько спиц таким образом вложены в головку аппарата и несколько людей прилагая свою силу к ним, наматывают канат, который держит якорь корабля.

В домкрате, с помощью которого приподымают на небольшую высоту тяжелый груз, сила действует на рукоятку.

Наконец, в штамповальной машине сила действует на горизонтальный рычаг, управляющий движением винта.

Ни один из этих случаев не представляет затруднений в отношении измерения силы и мышечной работы (см. VI часть).

**§ 219.** Кузнечные мехи еще более просты в этом отношении, принимая во внимание способ, каким их приводят в действие; динамограф измеряет силу, действующую на веревку.

Различные инструменты, управляемые руками, как щипцы, отвертки, буравы, резцы, коловороты, гаечные ключи, скобели, клещи, музыкальные смычки, кузнечные смычки и т. д. или не требуют особых усилий, или не употребляются продолжительно, за редкими исключениями.

Было бы тем не менее интересно снабдить их динамографическими пружинами, чтобы иметь представление о силе, которую каждый из них требует. Для смычка виолончелиста, сила эта малая, но непрерывная и быстро меняющаяся в своей величине; регистрация при помощи динамографа, помещенного в кисти руки, отметит также быстроту движения смычка.

Молоток и колотушка в работе иногда утомительны (кузнецы-тележники); они, в большинстве случаев, приноровлены таким образом, чтобы в момент удара не было бы отдачи, чувствительной для руки. Полезная работа молотка исчисляется довольно легко по скорости. Получается:

$$\tau = \frac{1}{2} Mv^2$$

при каждом ударе. Сила удара равна $Mv = Ft$. Если запись $t$ ведется электрическим способом, то можно определить $F$.

В земляных работах, в кладке кирпича, в пахании, обработке камня, инструменты состоят из молотков, заступов и лопат и измерение работы требует знания перемещаемого груза (инструмент и его груз: известка и земля); точно так же надо знать и высоту, на которую его поднимают.

Чтобы вбить кол или лопату в землю, надо преодолеть известное сопротивление: с этой целью необходимо расчленить ручку и вставить приспособленный динамограф, чтобы определить затрачиваемую силу так же, как было указано выше (§ 199).

**§ 220. Упражнение пальцев.** Здесь речь идет о „работах скорости" музыканты, переписчики, дактилографы, портнихи, вышивальщицы и т. д. Если пальцы приводят в действие клавиши, то на последние можно поместить маленькие барабанчики Марея, которые будут отмечать производимое давление. Кроме того, при помощи шнура и легкого противовеса регистрируется перемещение: отсюда вычисляется работа. Марей сам проделал следующий опыт: под каждой клавишей клавиатуры гармоники пристроил маленький раздувальный воздушный мех и каждый из них, соединенный специальной трубкой с маленьким подобным мехом, приводил в действие записывающее перо. Таким образом получилась запись игранных нот, где их продолжительность была изображена в виде черточек, более или менее длинных.

На самом деле, эти записи представляют очень мало интереса; настоящий фактор, обусловливающий в этом случае усталость, это—*быстрота* движения.

**§ 221. Работа ножных мышц.** Это — определенно самые сильные мышцы; их нормальный ритм и их усталость могут изучаться при помощи эргографа Капобианко; их работа на велосипедах, бициклах, на педалях (напр., точильщики) легко

определяется (§ 210), особенно, если вставить между ногой и педалью воспринимающий барабанчик Марея с внутренней пружиной (§ 201).

В случае велосипеда, прибегают к употреблению специальных динамографов, как, например, циклографа Скотта или динамометрической педали Марея. Если через $F$ обозначить равномерное давление на каждую педаль, а через $d$ — диаметр круга педали (когда обе ноги действуют), получится приблизительно:

$$\tau = 2Fd.$$

Это—работа выполненная ногами и в то же время работа при езде велосипеда. Ясно, что при одном обороте педалей продвижение велосипеда равно окружности колеса; обозначим его через $D$; если $R$ является совокупностью сопротивлений, которые он должен преодолеть (сопротивление при езде, пассивные сопротивления колес и передач, сопротивление воздуха), получается: $R \times D = \tau = 2Fd$.

Так, что зная $\tau$ или $R$, можно вывести отсюда величину среднего давления $F$ на педали. Мы можем определить $R$ из уравнения, вполне достаточного на практике:

$R = 0{,}012P + 0{,}073SV^2$, где $P$—общий вес велосипеда и человека, $S$—поверхность последнего, приблизительно равная 0,6 кв. м., а $V$—скорость в метрах.

Если спуск имеет уклон в $i$ на метр, получается:

$$R = P\,(0{,}012 \pm i) + 0{,}073\ SV^2.$$

*Пример.* Берут подъем в 18 километров в час при уклоне $i = 0{,}02$ м.; велосипед весит 15 килограмм, а человек—65 килограмм.

Имеем: $P = 65 + 15 = 80$ килограммов.

$$V = \frac{18000}{3600} = 5 \text{ метров.}$$

$$R = 80 \times 0{,}032 + 0{,}073 \times 0{,}6 \times 5 \times 5 = 3{,}655 \text{ кгм.}$$

Работа выразится в час:

$$3{,}655 \times 18000 = 65790 \text{ кгм.-м.}$$

На метр:

$$\frac{65790}{18000} = 3{,}655 \text{ кгм.-м.}$$

При спуске величина $R$ будет равна $80 \times (-0{,}008) + 0{,}073 \times \times 0{,}6 \times 5 \times 5 = 0{,}455$ кг. Конечно, природа почвы, состояние шин изменяют предыдущие величины.

Обычная работа, выполняемая ногами, это—работа передвижения (см. далее § 257); при этом они выносят тяжесть человеческого тела; кроме того, они оказывают сопротивление переносимым грузам, перемещают этот груз на поверхности горизонтальной или с уклоном. Полезная работа при этом равна, очевидно, произведению перемещенного груза на сумму амплитуд вертикальных колебаний тела[1]) при ходьбе по пути без уклона или на эту сумму, увеличенную на общую величину преодоленного уклона. Но пройденное горизонтальное расстояние до такой степени изменяет расход энергии для той же механической работы, что важно было бы принять вместе с Кулоном иную единицу, чем килограм-метр, которая была бы произведением одного килограмма перемещенного груза на *пройденный горизонтально* или по уклону метр. Мы назовем эту единицу метр-килограмм (символ м – кгм.). Когда дело идет о подъеме на высоту лестницы $H$, работа выразится через $P \times h$, так как в действительности человек поднимая свою тяжесть, прилагает силу $P$ в направлении перемещения $H$. При подъеме на лестницу, $H$ будет означать вертикальное расстояние от земли, а не длину лестницы.

Но если подъема быстр, то человек расходует силу большую, чем $P$, так что мышечная работа превзойдет работу механическую.

Когда человек спускается с высоты $H$, его механическая работа, т.-е. работа, вызываемая его весом выразится через $PH$ в абсолютной величине; но мышечная работа только приближается более или менее к величине $PH$; израсходованная сила будет *меньше* $P$ (см. следующую главу).

**§ 222. Различные работы, производимые ножными мышцами.** Подъем человека используют на горизонтальном вороте для извлечения камней. Это—колесо, несущее по своей окружности ступеньки, перпендикулярные его плоскости. Рабочий взбирается вдоль этих лесенок и действует, таким образом, своею тяжестью на конец очень большого радиуса $\tau$; его работа в течение одного оборота выражается так: $\tau = 2\pi R \times P$.

Подъем в этом случае мнимый, так как в действительности человек не поднимается.

---

[1]) Вернее, центра тяжести тела; эти вертикальные колебания равны, в среднем, 4 сантиметрам. *Прим. ред.*

В швейной машине, в оборотах педали, в жернове точильщика, которые являются рычагами третьего рода, величина силы определяется экспериментально, так как эта сила изменяется в зависимости от продолжительности работы, давления инструмента и т. д.

§ 223. **Сложность профессиональной работы.** Анализ опытов измерения принудил нас к классификации по группам активных мышц. Во многих профессиях человек работает одновременно и руками, и ногами. В спорте (*гимнастика, фехтование, бокс* и т. д.) всегда дело обстоит так. Спортивный характер этих упражнений не соответствует тем, которые мы изучаем.

Скажем только, что *быстрота* движений определяет их характер в гораздо большей степени, чем величина силы.

Произношение публичных речей сопряжено с довольно значительной работой, которая достигает высоких величин у оратора, актера, певца.

*Работа речи* была измерена М. Маражем путем определения объема воздуха $V$, выдыхаемого легкими и его давления $H$ в дыхательном горле. Она выражается произведением $VH$, но это определение учитывает лишь часть выполненной работы оратора, и все, что является работой других мышц, кроме дыхательных, отсюда исключено. Экспериментального определения всей затраченной работы, кажется, произведено не было.

§ 224. **Мощность человека.** Она определяется в случаях непрерывной работы или за промежуток времени в $t$, деля всю работу на ее продолжительность, выраженную в секундах. Это есть быстрота работы. Научная организация труда должна стремиться к тому, чтобы сила человека была бы приблизительно постоянной в любой период работы и не понижалась бы под влиянием быстрой усталости, вызываемой дурными условиями механического или психологического характера.

## ГЛАВА III.

## Измерения: энергетические определения.

**§ 225. Общие положения.** — Виды энергии, с которыми приходится иметь дело при изучении человеческого двигателя, либо вырабатываются организмом и проявляются в виде теплоты и работы, либо воздействуют на организм извне.

В первом случае они являются выражением «физиологической работы» или *физической энергии*. Во втором это природные или метеорологические воздействия. Между обоими видами энергии происходит взаимодействие, так что измерение физиологической энергии, т.-е. расходования сил человеческого двигателя, относится точно к равнодействующей этих воздействий в рассматриваемую минуту. Кроме того оно указывает количество энергии, которое требует известная работа, известная форма активности, механическое определение которой не является возможным.

Итак, мы начинаем с этого рода измерений.

**§ 226. Измерение физиологической энергии.**—Имеется два метода: изучение пищевых рационов и метод измерения количества потребленного кислорода (§ 88).

А) Метод рационов питания. — Испытуемый следует своему обычному пищевому режиму; записывают приблизительно количество и качество потребленной пищи. Затем, на основании полученных данных, ему назначают ежедневный рацион такой величины, чтобы вес человека заметно не изменялся. Лучше всего для взвешивания выбирать утренний час, сейчас же после вставания.

Кроме того, если рацион дается работающему человеку, то ежедневная работа должна быть постоянной, по возможности одинаковой, и лучше, чтобы она совершалась в одно и то же время дня. В первое же время, как только испытуемый подвергнется исследованию, может случиться, что порция, данная наугад, сохранит ему вес на завтрашний день. Но было бы ошибкой на этом и остановиться. Мы всегда констатировали, что эта порция не будет для него достаточной и на послезавтра. Надо ее слегка увеличить. Напротив, восемь дней одной и той же работы уменьшают порцию пищи.

Эти изменения слабы; доказательством этому следующий пример:

| | |
|---|---|
| Вес человека при отдыхе | 80,200 kgm. |
| 1 день работы | **80,200** „ |
| 2 „ „ | 79,980 „ |
| 3 „ „ | 80,100 „ |
| 4 „ „ | 80,180 „ |
| 5 „ „ | **80,200** „ |
| 6 „ „ | 80,200 „ |
| 7 „ „ | **80,200** „ |
| 8 „ „ | 80,280 „ |
| 9 „ „ | 80,300 „ |

Мы избрали седьмой день, но часто постоянство веса осуществлялось уже с третьего дня. Рационы определены в больших калориях.

Предыдущие условия применяются к исследованиям в лаборатории. Но обыкновенно человек манкирует в своих занятиях, его работа непостоянна и энергетические определения не имеют большой строгости.

Обыкновенно тогда прибегают к анкетам о средних порциях рабочих, по возрасту, по профессии и полу. Вот, например, каким образом Институт Сольвея организовал свое анкетное обследование: он обратился через посредство надежных людей к семьям рабочих, не очень бедных, не очень состоятельных, при чем считал в одном хозяйстве всех тех, которые обыкновенно едят вместе. Справки относились к периоду времени в 15 дней; одни были снабжены записными книжками, которые передавались делегату-смотрителю, другие имели книжку потребления, регулярно ведшуюся хозяйкой, женой рабочего, главы семьи. Когда анкета была окончена, определяли по таблицам (§ 86) количества белков, жиров и углеводов и соответствующие энергетические величины. Наконец, что касается поправок в потреблении пищи у людей различного возраста, пола, то Этуотер дал следующие коэффициенты:

Если потребление взрослого мужчины примем за 1,00, то потребление женщины будет=0,80.

| | |
|---|---|
| Мальчик от 14—16 лет | 0,80 |
| Девочка от 14—16 „ | 0,70 |
| Ребенок от 10—13 лет | 0,60 |
| „ „ 6—9 „ | 0,50 |
| „ „ 2—5 „ | 0,40 |
| „ меньше 2 лет. | 0,30 |

Можно было, значит, определить средний энергетический расход человека в известной профессии.

Этот анкетный способ лишен, очевидно, точности.

**§ 227. В. Метод измерения по кислороду.** — Этот метод представляет двойное преимущество, будучи удобнее и точнее предыдущего. В самом деле, он подходит к измерению энергетического расхода у испытуемых при свободном режиме и может быть применен к исследованию малой продолжительности, например, в несколько минут; мы уже знаем его принцип. Надо определить потребление кислорода во время отдыха и во время работы человека, помещенного, предположим, в среду с постоянной данной температурой.

Чтобы устранить все причины сомнения, хорошо было бы производить исследование утром после ночного воздержания от пищи (около 10 часов).

Сжигающая сила литра кислорода при $0^0$ и 760 мм. будет = 4,6 больших калории (§ 98). Можно было бы также дать известное количество углеводов (сладостей) испытуемому и начинать определения лишь два часа спустя. В этом случае сжигающая сила будет близка к 5 калориям (§ 89). Если, наконец, испытуемый питается по-своему и нет возможности подвергнуть его известному режиму, будем руководиться *дыхательным коэффициентом* (§ 89); сжигающая сила тогда равна 4,9 кал. Опыт должен при всяком способе длиться, по крайней мере, 10 минут, чтобы дыхательный режим сделался нормальным.

**§ 228. Измерение величины газообмена.** Ко рту испытуемого прикрепляется *ротовый клапан* Шово, соединяющий непроницаемость с исключительной подвижностью (см. рис. 110).



Рис. 110.

При вдыхании наружный воздух открывает клапан $J$ и направляется в легкие; при выдыхании газы встречают закрытый клапан $J$ и направляются к клапану $E$; каучуковая трубка широкого диамтра направляет их к счетчику. Часть клапана, которая примыкает ко рту, имеет каучуковый кружок, устраняющий утечку. Нос сжат маленькими деревянными щипцами, концы которых покрыты войлоком. Что касается наружного воздуха, который человек должен будет вдыхать, то это—чистый воздух, содержащий 21% кислорода и 79% азота (по объему).

Итак, надо стать посреди обширной, вполне проветренной залы или, еще лучше, прибегнуть к стеклянной или каучуковой трубке, которая проводит снаружи воздух, взятый на известной высоте над землей. В опытах с передвижением эта установка не подойдет, так как человек должен передвигаться на большое расстояние. Поэтому изучение ходьбы требует специального приспособления, к которому мы еще вернемся.

§ 229. Раз клапан на месте, то вышедший газ идет по каучковой трубке к счетчику, называемому спирометром[1]). Обык-

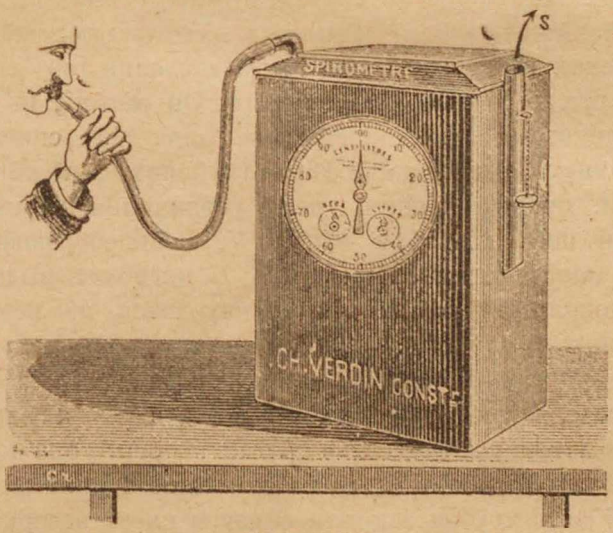



Рис. 111.

новенный спирометр указывает в литрах, декалитрах и сантилитрах пропущенный воздух в данный промежуток времени. Два показания, отсчитанные до и после опыта, дают объем воздуха, циркулировавшего в легких. Глубокое выдыхание через спирометр дает то, что мы называем *жизненной емкостью* (§ 67); число движений в минуту одной из стрелок, если их зарегистрировать, дает ритм дыхания, который можно считать на глаз. Возвращаясь к обыкновен-

[1]) Спирометр Вердена, как и почти все газовые часы, рассчитан на постоянный ток воздуха; при дыхании же воздух проходит через спирометр небольшими порциями и потому обычно показывает другие цифры, хотя ошибка и не велика. *Прим. ред.*

ному спирометру, надо сказать, что его показания редко бывают точными. На самом деле, его конструкция не позволяет ему быть точным продолжительное время. Более того, мехи, которые в нем имеются, оказывают сопротивление, которое не является ничтожным для проходящего через него газа. Поэтому надо часто проверять его показания; пропускают для этого известный объем воздуха $V$, если спирометр указывает $V+a$, количество $a$ будет поправкой. Глядя по тому, что $a$ положительно или отрицательно, его прибавляют к указанному объему или вычитают (рис. 111).

**§ 230. Автоматический спирометр, сконструированный**, Тиссо дает правильные показания и определения по давлению которое существует в момент опыта. Он состоит из медного очень тонкого (0,2 мм.) колокола C (рис. 112), снабженного в своей внутренней стенке двумя глубокими металлическими трубками, очень легкими, для увеличения перемещения воды. Он погружается в ванну $K$, кольцеобразная часть которой наполнена водой. Трубка $G$ подводит выдыхаемый газ. Колокол приподнимается и находится во всех своих положениях в точном равновесии, благодаря *автоматическому противовесу*. Действительно, тонкая стальная проволока поддерживает колокол, проходя через алюминиевый блок без заметного трения; с другой стороны, она поддерживает противовес, состоящий из стеклянной цилиндрической трубки $V$; эта трубка закрыта снизу и имеет ведерко $P$, наполненное свинцовой дробью; оно повсюду одного и того же диаметра. Сифон $S$ служит сообщением между ванной и трубкой $V$. Как только этот сифон надевается, приподнятие колокола производит равное понижение трубки $V$; вода потечет в последнюю через сифон и уравновесит увеличение веса колокола. Впрочем, ванна получает приток воды $E$, который обеспечит постоянный уровень; излишек вытекает через отверстие $T$. Вместимость стеклянного колпака обычно равняется от 50 до 250 литров. Объем вытекшего газа читается на пластинке $H$, вдоль которой перемещается алюминиевая стрелка. Достаточен обычно аппарат в 200 литров. В случае надобности можно было бы *соединить* два вместе.

Другое преимущество спирометра с противовесом то, что в нем сохраняется газ, так, что можно его смешивать и

брать из него пробу через верх колпака, разжав щипцы $R$ эта проба годится для анализа.

§ 231. С обыкновенным счетчиком проба газа в продол

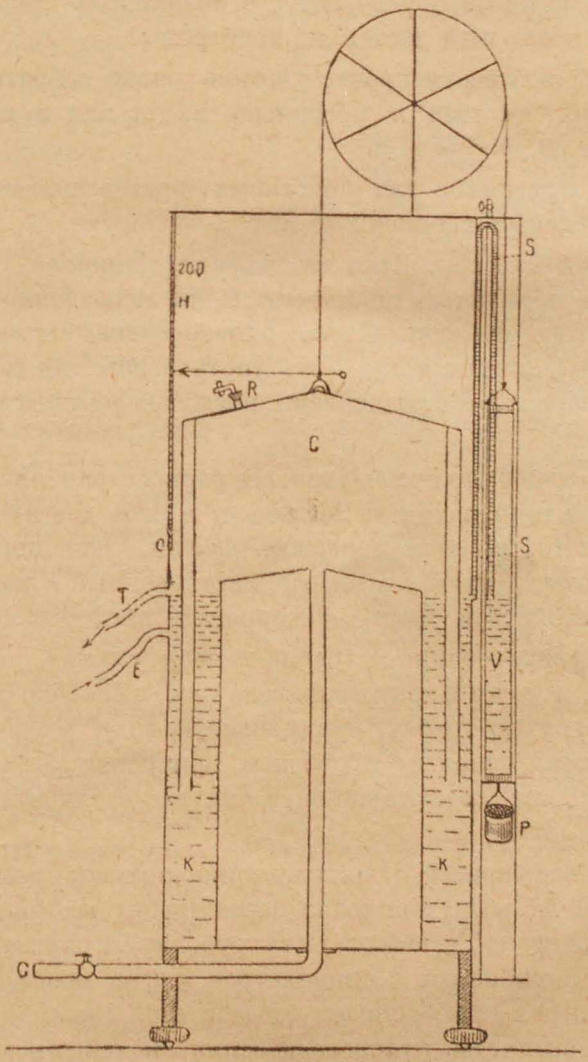



Рис. 112.

жение всего опыта берется *частями*. Прежде чем направится в спирометр, газ проходит через склянку $F$ малой вместимости, около 1 литра. В эту склянку пропущена капиллярная трубочка $AA'$, которая продолжается наружу, образуя *отвод* и кончается коленцем, погруженным в ртуть.

Надо обязательно выпустить наружу первые пузырьки, чтобы прополоскать канал. Во время этого непрерывного отвода, весь остальной вытекший газ направляется в спирометр $S$, который определяет его количество. Средняя температура этого газа дается термометром $t$.

Согласно выверки крана, удается только собрать от 100 до 150 куб. см. газа в несколько минут или в полчаса в резервуар $B$.

Очень практично для некоторых опытов поместить два отвода, ведущих в приемник $F$.

**§ 232. Анализ газа.** Если мы собрали, например, 150 куб. см. газа в пробирный цилиндрик $E$, то необходимо сделать анализ этого образца. Далее описаны два аппарата или эвдиометра, которые могут быть употреблены для этой цели: оба они заряжаются реактивами, поглощающими углекислоту и кислород.

*1. Эвдиометр Лоланье.* Наиболее распространенная и наиболее практичная модель заключает в себе две ампуллы, $K$ и $P$, из которых одна содержит щелочь, для поглощения углекислоты, а другая—фосфор, растворенный в воде, обладающий свойством быстро фиксировать кислород воздуха.

Две градуированные трубки $m$ и $g$ служат, одна, как манометр, а другая, как измеритель газа, и сообщаются внизу через изогнутую трубку, принимающую воду резервуара $R$, Кран с тремя каналами позволяет, приподняв резервуар $R$, пропустить газ, содержащийся в ампулле $a$, либо в $K$, либо в $P$ (рис. 113).

Когда все краны открыты, приподнимают резервуар $R$ рукояткой $M$; воздух выходит через трубку $r'i$; тогда поворачивается кран $r'$, чтобы открыть трубочку $S$ и опускают резервуар $R$: $S$, сообщаясь с спирометром или с пробирным цилиндриком для газа, вбирает тогда в себя газ.

Воду доводят до нулевого деления, помещенного внизу. Емкость трубки для газа равна тогда 100 куб. см., из которых 25 приходятся на трубку $g$ с делениями. Закрыв $r'$ и открыв $r$ в сосуд с щелочью, направляют туда газ; щелочь, вытесняемая газом, течет назад к $B$. Опускают и поднимают резервуар $R$, дабы газ наивозможно лучше поглотился щелочью; в это время $r''$ закрыт. На момент открывают $r$

и вернув газ в $g$, приводят его объем к атмосферному давлению; уровень воды тогда одинаков в $m$ и в $g$. Допустим, получилось 3 куб. см., считая от нуля. Это значит, что 3% по объему были поглощены едким кали и представляют собою долю углекислоты.

Подобный же опыт делается с фосфором, держа там несколько дольше газ. Допустим, получилось при новом измерении 20 кб. см: разница $20 - 3 = 17$ представляет объем, поглощенный фосфором; 17%, это—кислород (в процентах).

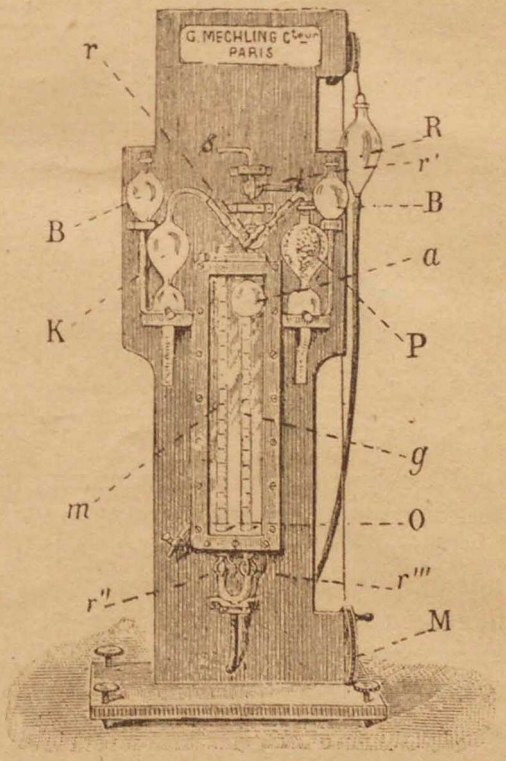



Рис. 113.

Надо заметить, что градуированные трубки погружены в муфту, наполненную водой, которая ослабляет изменения температуры во время манипуляций. С другой стороны, измеряют атмосферное давление в данный момент.

Для предосторожности делают два измерения, чтобы быть уверенными, что каждое поглощение было вполне совершенно; делают анализ прежде чистого воздуха, который должен дать 21% кислорода и почти не дать углекислоты (0,03%). Необходимо избегать малейших следов скипидара, так как он разрушает поглощающую силу фосфора.

Необходимо краны смазать жиром.

§ 233. 2) **Эвдиометр Бонье и Манжен.** Принцип этого аппарата тот же, что и у предыдущего, исключая того, что поглощение кислорода производится посредством концентрированного раствора пирогаллола вместо фосфора.

Капиллярная трубочка $dfg$, согнутая на свободном конце в виде буквы $U$, проходит в ванну со ртутью (рис. 114); другой конец припаивается к металлическому цилиндру, наполненному тоже ртутью и закрывающемуся крепким поршнем, который приводится в движение рукояткой $d$. Капиллярная трубка, хорошо калиброванная, разделяется очень точно на 600 делений. Вдвигая поршень, трубку наполняют ртутью до конца $i$, который должен находиться на несколько миллиметров под уровнем ртути.

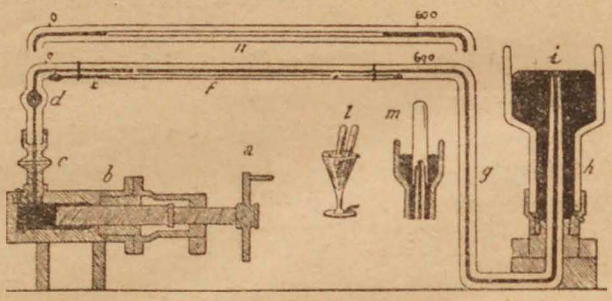



Рис. 114.

Растворы реактивов приготовлены в маленьких пробирных цилиндриках и опрокинуты на ртуть.

Раствор едкого кали получается введением в пробирный цилиндр с водой калиевых лепешек. Раствор пирогаллола приготовляется растворением (до насыщения) пирогалловой кислоты и введением в пробирный цилиндр; в наполненный этой жидкостью цилиндр прибавляют несколько лепешек щелочи; получается жидкость светло-коричневого цвета. Существенно, чтобы оба раствора были насыщены.

**Анализ.** Для того, чтобы сделать анализ, погружают пробирный цилиндр для газа $m$ сверх трубки $i$ до тех пор, покуда там не покажется кончик ее. Тогда, повернув слегка поршень, берут пробу газа. Вынимают пробирный цилиндр, и движением поршня воздух для анализа прогоняют в трубку, разделенную на 600 делений; он окажется закрытым между конечным делением, помеченным 600, и делением, которое читают с левой стороны, предположим, напр., 150. Получается следовательно: 600—150 = 450 делений или объемов воздуха для анализа. Это —N. Это отсчитывание, произведенное таким образом в обратном порядке, дает возможность избежать

пребывания газа в ампуле $d$, благодаря которому делаются маленькие ошибки; мы это выше констатировали.

Для дальнейшего хода опыта берется щелочный раствор и доводится до середины трубки $g$, затем сейчас же выгоняется. Если потом по этой трубке пропускается взад и вперед воздух в несколько приемов, то вся углекислота поглотится. Если довести вновь правый конец воздушного столбика до метки 600, то деление слева будет уже, например, 165; поэтому: $N' = 600 - 165 = 435$ объемов. Ясно, что $450 - 435 = 15$ объемов на 450 представляют содержание углекислоты.

Тот же способ употребляется и для того, чтобы при помощи пирогаллола и поглотить кислород. Допустим $N'' = 600 - 240 = 360$ объемов.

Содержание кислорода будет: $432 - 360 = 75$ объемов на 450, которые представляют общий объем анализируемого воздуха. Получатся, след., проценты:

$$CO_2 = \frac{15}{450} \times 100 \quad \text{или} \quad 3{,}33\%;$$

$$O_2 = \frac{75}{450} \times 100 \quad \text{или} \quad 16{,}66\%;$$

Счет таким образом один из самых простых. Если мы получили $N$, $N'$ и $N''$, то пишем:

1. Формула $CO_2\% = \frac{N - N'}{N} \times 100;$

2. Формула $O_2\% = \frac{N' - N''}{N} \times 100;$

Быстрота операции (около 15 минут) могла бы избавить нас от исправления результата по температуре. Следует тем не менее заметить ее по термометру. Поглощение кислорода будет ускорено приведением газового столба в контакт с влажной стенкой. Это сведет общую продолжительность к 10 минутам. Чувствительность измерений увеличивается возможностью читать полделения.

**Предосторожности.** Произвести 2 или 3 измерения прежде чем перейти от одного реактива к другому. Поместив газ в влажную часть трубки, следует быстро направить его в часть,

разделенную на деления, и взять, по крайней мере, 400 объемов при каждом анализе. Наоборот, изгонять реактивы *очень медленно*. После окончания операции всасывают каплю раствора, подкисленного соляной кислотой, и чистят трубку; промывать надо дистиллированной водой и сушить сухим воздухом. Ртуть должна всегда казаться в капиллярной трубке в виде блестящего однородного столба.

Ввиду малой вместимости трубки, одного кубического сантиметра воздуха достаточно для нескольких анализов; кроме того, весь аппарат легко переносим.

**§ 234. Поправки и вычисления газовых объемов.**—Газ набирает при температуре $t$ и при атмосферном давлении $H$. Чтобы сравнить разные количества газа между собой, и чтобы вычислить энергетический расход по потребленному кислороду (§ 89), следует всегда привести объем $V_t$, измеренный таким образом к температуре в 0° и давлению в 760 мм. ртути, т.-е. к нормальным условиям. Так как объем газа увеличивается с температурой на $\alpha = \frac{1}{273}$ своего объема на каждый градус, и так как он уменьшается, когда давление повышается, то пишем

$$V_0 = \frac{V_t}{1 + \alpha t} \times \frac{H}{760}$$

или, приблизительно: $V_0 = \frac{0{,}36 \times V_t \times H}{273 + t}$

В случае эвдиометра Лоланье давление $H$ измеряет давление воздуха, предполагаемого сухим + напряжение $F$ пара воды при температуре $t$, так как в этом приборе оперируют с водой. Кстати, это напряжение $F$ исчисляется таблицами Реньо (§ 242);

$$V_0 = \frac{0{,}36 \times V_t\ (H - F)}{273 + t};$$

$H$ — обозначение атмосферного давления в данный момент, $F$ — упругость пара воды при температуре $t^0$; в результате получаем объем сухого газа при 0 и 760 миллиметров.

Отсчитывание $H$ делается на нормальном барометре, единственном в действительности правильном. Он состоит из трубки от 2 до 2,5 см. в диаметре, закрытой в своей верхней части, открытой в другой и опрокинутой в ртутную ванну. Трубка устанавливается посредством креп-

ких подпорок на дубовой подставке. Трубку разделяют на деления от 0 до 800 миллиметров, общая же длина барометра около 90 см.

Микрометрический винт позволяет погрузить трубку в ванну и все время поддерживать уровень ртути этой ванны на определенной высоте, которая должна соответствовать нулю показаний барометра. Надо, значит, взять уравнивание как исходную точку, действуя более или менее винтом; если имеем высоту ртути $H_t$ при температуре $t$, приводим ее к 0°, делая подсчет коэффициента расширения ртути и стекла. Получается:

$$H_0 = H_t \pm a$$

смотря по тому, что $t$ ниже или выше 0. Что касается $a$, то оно дается известными таблицами. Получается приблизительно:

$$a = 0{,}000168\ tH_t$$

Наконец, в качестве предосторожности, следует всегда проверять, соответствует ли нуль барометра уровню ртути в ванне и произвести уравнивание ртути, действуя винтом.

Если употребляется спирометр Тиссо, термометр, погруженный в воду, укажет температуру, а барометр отметит давление, при котором газ измерен. Если употребляют аппарат с отводом, температура газа будет, в среднем, температурой приемника, который помещается перед счетчиком, но нельзя избежать ни тут, ни при измерении давления некоторой ошибки.

§ 235. Зная объем газа $V_0$, для некоторой продолжительности опыта и получив от анализа проценты $CO_2$, легко будет вывести:

1) Дыхательный коэффициент $\frac{CO_2}{O_2}$.

2) Общее количество потребленного кислорода. В самом деле, в чистом вдыхаемом воздухе имеется 21% кислорода; если анализ дает его 17%, это значит, что 4% были потреблены организмом. Мы определили, следовательно, процент $r$ в выдыхаемом газе; оставшееся в организме количество будет $= \frac{(21 - r) \times V_0}{100}$.

3) Количество выдыхаемой углекислоты вычисляется так же как и в случае с кислородом; но здесь берется вся

углекислота выдохнутого газа, так как его не было на практике во вдыхаемом воздухе (0,03%).

Допустим, напр., что $V_0$ потребление кислорода человеком *при отдыхе* в течение 10 минут и $\frac{CO_2}{O_2} = 0{,}98$; этот дыхательный коэффициент является указателем утилизации углеводных резервов. Литр кислорода соответствует 5,05 *Cal*, и тогда $V_0$ литров кислорода представят статический расход человека. Получается: $q_s = V_0 \times 5{,}05$ *Cal*.

Если $V_0'$ количество кислорода, поглощенного в работе, равной $\frac{1}{2}$ в течение 10 минут, и $\frac{CO_2}{O_2} = 0{,}97$, то коэффициент 5,05 *Cal*. может быть тоже применен и к этому валовому расходу.

$$q_1 = V_0' \times 5{,}05 \text{ Cal}.$$

отсюда следует, что *динамический расход* будет:

$$q_a = (V_0' - V_0)\, 5{,}05 \text{ Cal}.$$

или $q - q_s$

§ **236. Жизненная емкость и дыхательный ритм.** — Жизненная емкость измеряется при помощи спирометра (§ 67), при чем объем приводится к 0° и 760 миллиметров давления.

Для записи ритма дыхания можно воспользоваться помощью спирометра Тиссо, снадбив, напр., его стеклянную трубку записывающим пером, которое производит легкое трение по ровной поверхности закопченой бумаги, приводимой в поступательное движение. В то же время получится и объем каждого дыхания. Можно также просто зарегистрировать дыхательные кривые, благодаря пневмографу. Надо поставить этот аппарат на человека таким образом, чтобы он был застрахован от встрясок, происходящих от работы; записывающие барабаны помещаются на спину рабочего, вместо того, чтобы быть на груди. Получив запись дыхания во время отдыха, под ней зарегистрируют дыхание во время работы; кривые при таком расположении могут быть хорошо сравниваемыми между собой.

§ **237. Деятельность кровообращения.** — Ритм сердцебиения и пульс отмечаются кардиографом и сфигмографом (§ 185).

Трудно от одного опыта к другому снова ставить эти аппараты так, как они стояли, дабы иметь возможность сравнить полученные кривые между собой, их амплитуду, их неправильности, их общую форму.

Полезно также определить до и после работы *кровяное давление*, употребляя, например, *осциллометр Пашона* (рис. 115); надевают на руку манжетку *B*; она представляет из себя резиновый мешок, заделанный в материю; ее соединяют каучуковой трубкой с осциллометром. Последний состоит из ящика *E*, в котором сжимают воздух при помощи насоса *P* до давления всегда высшего, чем то, которое требуется измерить; напр., до 20 см. давления, которое указывает манометр *M*. Если проход *fba* открыт, то в манжете будет то же давление, что и в анероиде *c*, и стрелка *l*, соединенная с металлической мембраной, будет в спокойном состоянии.

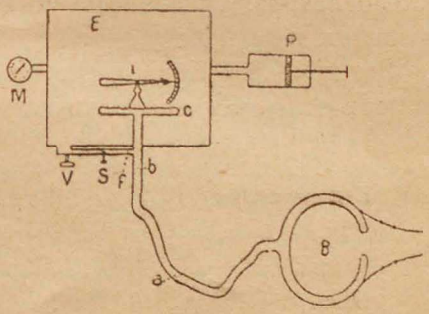


Рис. 115.

Понизим постепенно давление воздуха, вывинтив винт с клапаном, и уничтожим соединение *S*, чтобы закрыть проход. С той минуты, как давление воздуха в манжете достигнет давления крови, стрелка начнет колебаться. Каждое из этих колебаний, вызываемых пульсацией плечевой артерии, соответствует систолическому давлению.

Уменьшим еще давление воздуха; тогда колебания будут указывать диастолическое давление; тогда они достигают своей наибольшей амплитуды, чтобы вскоре убавиться. Эти давления указываются манометром.

**§ 238. Измерение тактильной чувствительности: эстезиометры.**— Если коснуться кожи тупым острием, можно с закрытыми глазами указать точку прикосновения. Это то, что Вебер назвал «чувством места» или *способностью локализации*. Эта способность измеряется двумя методами:

1. Кожа должна быть хорошо натянута и к ней прикасаются тупым острием. Испытуемый укажет затем точку прикосновения. Ошибка в указании, исчисленная в миллиметрах, доставит степень местной чувствительности.

2. Эстезиометр Вебера есть циркуль с тупыми остриями, (рис. 116), снабженный масштабом; достаточно опереть эти два острия слегка и одновременно на кожу.

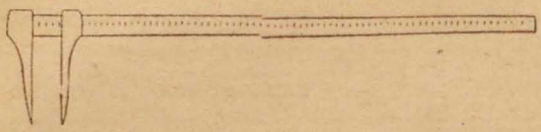


Рис. 116.

Степень чувствительности определяется самым меньшим расстоянием между остриями, когда они оба воспринимаются *раздельно*.

В настоящее время имеются самые различные модели эстезиометров. Способность к локализации больше развита у слепых и больше у детей, чем у взрослых.

Вот пример *средних предельных расстояний*, полученных на опытах с людьми нормальными, частью по Веберу.

| | Взрослые. | Дети. |
|---|---|---|
| Кончик языка | 1,1 мм. | 1,1 мм. |
| „ носа | 6,8 „ | 4,5 „ |
| Ладонь | 8,9 „ | 4,5 „ |
| Веки | 11,3 „ | 9,0 „ |
| Верхняя часть ручной кисти | 31,6 „ | 22,6 „ |
| Грудь | 45,1 „ | 33,8 „ |
| Середина спины, руки, бедра | 67,7 „ | 40,6 „ |

**§ 239. Измерение тепловой энергии тела.**—Строгое измерение термической энергии требует дорогого помещения, такого, как калориметрическая комната Этуотера и Бенедикта, калориметр Арсонваля и т. д., для ознакомления с которыми мы отсылаем к оригинальным трудам.

Термическая энергия заключает в себе энергию физической потери тепла и энергию физиологического минимума. Потеря исчисляется по теоретическим отношениям лучеиспускания и конвекции в воздухе при внешней температуре $t°$ (§ 154).

Если применить закон Ньютона, надо взять $K_1 = 0{,}00015$ *кал.* для лучеиспускательной способности. Если применить закон Стефана (§ 160), надо написать: $K_1' = 1{,}02 \times 10^{-12}$ в формуле

$$q_1 = K_1'[(F + 273)^4 - (t + 273)^4].$$

Для лучеиспускательных способностей веществ имеются данные Пекле, точность которых весьма оспорима (Видебург, 1898).

Так:

| | |
|---|---|
| Полированное серебро. . . . . | $K_r = 0{,}0000036$ cal. |
| Красная медь. . . . . | 0,0000044 „ |
| Стекло. . . . . | 0,0000808 „ |
| Мелкий песок. . . . . | 0,0001000 „ |
| Масляные краски. . . . . | 0,0001030 „ |
| Бумага. . . . . | 0,0001040 „ |
| Дерево. . . . . | 0,0001000 „ |
| Шерстяная материя [1]. . . . . | 0,0001020 „ |
| Коленкор. . . . . | 0,0001010 „ |
| Шелковая материя . . . . . | 0,0001020 „ |
| Вода. . . . . | 0,0001470 „ |
| Масло. . . . . | 0,0002010 „ |

Данные формулы касаются лучеиспускания в спокойном воздухе без течений. В движущемся воздухе тепловая потеря больше; она пропорциональна скорости горизонтального тока, как это доказано Обербеком на неодушевленных телах и Жюлем Лефевром на человеке (§ 164).

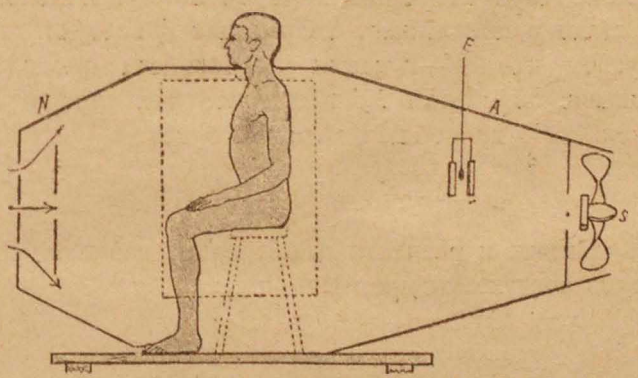



Рис. 117.

Вентиляционная камера Лефевра состоит из большого цинкового ящика в три метра длины (рис. 117), на деревянной подставке и состоящего из трех частей, именно: центральной цилиндрической комнаты, предназначенной для испытуемого, и двух вентиляционных камер. Комната находится в широком общении с камерами; она имеет сбоку

[1]) Для лучеиспускания одежды Рубнер принимает цифру 0,000113 cal.

широкую дверь, которая позволяет испытуемому войти в аппарат и которая герметически закупоривается при помощи кожи во время опыта (на рисунке обведена пунктиром).

Испытуемый, сидя внутри на табуретке, может высунуть голову через круглое отверстие, на выступе которого приспособляется каучуковый капюшон. Дыхание следовательно происходит на свободном воздухе и внутренняя атмосфера все время отделена от внешней.

Крайняя камера соединяет калориметрическую комнату с аспиратором $S$, приводимым в движение водой и способным доставить до 600 кубических метров в час. Передняя камера $N$ соединяет с другой стороны калориметр с тремя отверстиями для внешнего воздуха; на каждое из этих отверстий можно приспособить анемометр.

Зная части $s_1$, $s_2$, $s_3$, проб воздуха и средние скорости $v_1$, $v_2$, $v_3$ течения, вычисляем объем вдуваемого воздуха (сумма произведений:)

$$s_1 v_1 + s_2 v_2 + s_3 v_3 \ldots\ldots = SV.$$

Хорошие термометры с делениями в $^1/_{10}$ поставлены спереди и сзади и показывают нагревание $\theta$ воздуха.

Допустим, что $V$—средняя скорость для продолжительности опыта; определим $SV$ в литрах; вес литра воздуха равняется 1,293 гр.; общая масса $M$ будет:

$$M = S \times V \times 1{,}293 \text{ гр.}$$

Если принять в расчет и атмосферное давление $H$ и температуру $t$ воздуха, то пишем точнее:

$$M = S \times V \times 1{,}293 \times \frac{0{,}36 \times H}{273 + t}.$$

Нагревание $\theta°$ соответствует:

$Q = M \times \theta \times 0{,}237$ cal, где 0,237 cal — удельная теплота воздуха.

Возможно с этой простой, но правильной установкой определить потерю тепла при различных скоростях и различных температурах текущего воздуха (§ 163).

**§ 240. Теплопроводность.** Можно определить потерю тепла под влиянием одежды, зная ее коэффициент проводимости $c$ (§ 158).

Вот несколько величин этого коэффициента, кроме тех, которые мы уже приводили:

| Вещества | C |
|---|---|
| Воздух | 0,0000500 cal. |
| | 0,0000532 „ |
| Медь | 1,0400000 „ |
| Железо | 0,1587000 „ |
| Мрамор | 0,0018000 „ |
| Мел | 0,0022000 „ |
| Дуб | 0,0002900 „ |
| | 0,0001300 „ |
| | 0,0001500 „ |
| Клен | 0,0003500 „ |
| | 0,0001500 „ |
| Ель, сосна | 0,0000900 „ |
| Пробковое дерево | 0,0001300 „ |
| Твердая резина | 0,0000890 „ |
| Пчелиный воск | 0,0000870 „ |
| Роговое дерево | 0,0000870 „ |
| Картон | 0,0004530 „ |
| Бумага | 0,0003100 „ |
| Вулканизированный каучук | 0,0000890 „ |
| Древесные опилки | 0,0001230 „ |
| Фетр | 0,0000900 „ |
| Шерсть | 0,0000550 „ |
| | 0,0000400 „ |
| Хлопок прессованный | 0,0000330 „ |
| Хлопок сырой | 0,0000433 „ |
| Хлопчатая вата | 0,0001250 „ |
| Оливковое масло | 0,0003900 „ |
| Снег | 0,0003600 „ |

Что касается обычно употребляемой одежды, таблица Рубнера (§ 159) наиболее заслуживает доверия. Вычисление коэффициента защиты (§ 161) или теплоты, прошедшей через ткань, должно иметь в виду толщину этой ткани. Надо заметить, что объем воздуха, заключенного, напр., в мехе, важнее, нежели кожа, так как кожа сама по себе имеет очень малую толщину.

Так же способность проводимости уменьшается с уменьшением плотности ткани. Пример.

| Льняное трико. | Плотность. | C. |
|---|---|---|
| „ „ | 0,302 | 0,0001181 cal. |
| „ „ | 0,420 | 0,0001523 „ |

Следующая таблица, установленная Рубнером, очень поучительна:

| Обозначение. | Толщина. общая | кожи. | Плотность. | Объем заключ. воздуха. |
|---|---|---|---|---|
| Кожа черной кошки . . | 12,6 мм. | 0,6 мм. | 0,0429 | 96,7% |
| „ черного барашка | 13,0 „ | 0,3 „ | 0,0484 | 96,4 |
| „ кролика . . . . . | 13,0 „ | 0,5 „ | 0,0304 | 97,7 |
| „ мускусовой крысы | 14,0 „ | 0,6 „ | 0,0576 | 95,6 |
| „ выдры . . . . . | 17,0 „ | 0,9 „ | 0,0638 | 95,1 |
| „ белого медведя . | 21,5 „ | 0,9 „ | 0,0582 | 95,5 |
| „ бобра . . . . . | 22,0 „ | 0,8 „ | 0,0514 | 96,1 |
| „ скунса . . . . . | 26,0 „ | 0,5 „ | 0,0410 | 96,8 |
| „ барашка . . . . | 40,0 „ | 0,7 „ | 0,0461 | 96,4 |
| Кашемир . . . . . | 0,37 „ | | 0,364 | 72,0 |
| Батист . . . . . | 0,29 „ | | 0,179 | 86,7 |
| Шелк . . . . . | 0,25 „ | | 0,329 | 74,7 |

**§ 241. Тепловая потеря в воде.** Чтобы определить эту потерю в случае ванны, содержащей воду при температуре в $t^0$, пользуются довольно простой техникой; мы ее уже указывали (§ 167).

По теоретическим работам Буссинеско, проверенным разными авторами, потеря теплоты в жидкости при спокойном состоянии выражается:

$$Q = A \times \triangle^{0,233} \times K^{0,533} \times C^{0,467} \times (T-t)^{1,283}$$

где $A$ является постоянной, $\triangle$—коэффициентом расширения жидкости, коэффициентом, изменяемым с температурой, $K$—теплопроводностью и $C$—удельной теплотой.

Напомним также изучение Aimé Witz'ом действия стенок; этот знаменитый инженер нашел, что скорость остывания стенки при соприкосновении с водой выражается следующей формулой:

$$v = K' \frac{S}{V} \times \alpha^{1,203+0,00048\alpha},$$

$\alpha$ является разницей температуры, $S$—поверхностью и $V$—объемом тела, $K'$—постоянной. Положив $\frac{S}{V} = 32$ и $v = 18,05$ Cal для взрослого, $\alpha = 35° - 5° = 30°$ (по Лефевру) получаем $K' = 0,009$.

Взяв $\alpha = 35° - 12° = 23°$, нашли бы $v = 12,8$ Cal.

Лефевр получил 11, 70; следовательно, это довольно хорошая формула.

**§ 242. Измерение гигрометрического состояния.** Мы рекомендовали (§ 162) употребление *гигрометра Крова* (рис. 118). Этот прибор заключает в себе трубку из желтой меди, внутри отполированную, закрытую спереди матовым стеклом $V$, а позади увеличительным стеклом, через которое можно видеть внутренность. Трубка погружается в медный ящик, содержащий сернистый углерод, увлекаемый от $A$ до $G$ током воздуха, что вызывает понижение температуры, указываемой термометром $T$.

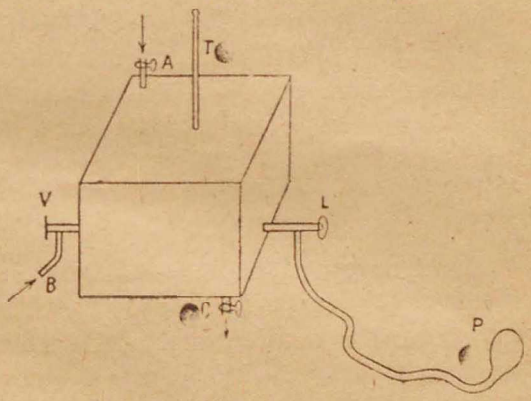



Рис. 118.

При помощи груши $p$, вгоняют воздух комнаты через свинцовую трубку $B$ и наблюдают через $L$ образование капелек росы. Как только появятся темные пятна, достаточно прочесть температуру $t'_1$ на термометре; наружная температура $t$ известна. *Таблицы Реньо* дадут величины $f$ и $F$.

Пользуясь гигрометром Крова, следует обождать, пока не исчезнет точка росы, что имеет место при температуре $t'_2$, несколько отличной от $t'_1$; берут среднюю $\frac{t'_1+t'_2}{2}=t'$ и по ней уже ищут в таблицах: отсюда определяется $f$.

Медная трубка должна содержаться в большой чистоте так, чтобы вода ее смачивала.

Зная давление $f$, можно вычислить *вес* пара воды, заключенной в *кубическом метре воздуха;* его определяют в граммах.

Это состояние *абсолютной влажности*, тогда как $\frac{f}{F}=e$ обозначает *относительную влажность*. Вес литра газа или пара равняется 1,293 гр. (вес литра воздуха), умноженным на плотность этой жидкости.

Принимая во внимание также давление и температуру, пишем:

$$v = 1{,}293 \times d \times \frac{H}{(1+\alpha t) \times 760}.$$

Для водяного пара $d = 0{,}622$, около $^5/_8$; $H = f$. Значит

$$v = 1{,}293 \times {}^5/_8 \times \frac{f \times 273}{(273+t).\ 760},$$

или проще: $p = \frac{0{,}2902 \times f}{273+t}$ или в куб. метре:

$$v = \frac{290{,}2 \times f}{273+t}.$$

Зная, впрочем, что $e = \frac{f}{F}$, или $f = Fe$, можно написать

$$v = \frac{290{,}2 \times F \times e}{273+t}.$$

**§ 243.** Психрометр, еще очень распространенный, весьма несовершенен; мы приводим описание обращения с ним для того, чтобы там, где другого нет, можно было бы пользоваться им. Он имеет два термометра: один сухой, другой мокрый, благодаря кусочку муслина, который положен вокруг резервуара и который всасывает воду через хлопковый фитиль, погруженный в трубку. Испарение этой воды охлаждает резервуар и приводит его к температуре $\theta$ ниже температуры ($t$). Ищут давление $F'$, соответствующее $\theta$ и записывают атмосферное давление $H$.

Давление $f$ будет:

$$f = F' - AH(t-\theta)$$

где $A$ является *постоянной* психрометра. Чтобы ее определить, надо воспользоваться гигрометром, который даст $f$; получится:

$$A = \frac{F' - f}{H(t-\theta)}.$$

Величина $A$ далеко не постоянна; она изменяется со скоростью ветра, лучеиспусканием стен, с самим местом наблюдения.

Психрометром нельзя пользоваться при температуре ниже 0°. Если можно встряхнуть инструмент, чтобы дать воздуху бо́льшую скорость, то можно в общем написать:

$$A = 0{,}00082 \text{ для } \theta > 0°$$
$$A = 0{,}00069 \text{ для } \theta < 0°$$

*Пример.*—Сухой термометр показывает 20°. Допустим $t=20°$. «Мокрый» термометр в воде указывает 16° и $H=758$ мм.

Возьмем $A=0{,}00082$. При 16°, имеем $\theta=16°$ и $F=13{,}63$; пишем:

$$f = 13{,}63 - 0{,}00082 \times 758 \times 4 = 11{,}16 \text{ мм.}$$

Максимальная упругость, соответствующая 20°, равняется 17,52 мм. Значит, влажность равняется:

$$\frac{11{,}16}{17{,}52} = 0{,}637.$$

**§ 244. Трения.** Необходимы некоторые указания, касающиеся трений (§ 34). В этом отношении имеются несколько старых величин.

Коэффициент $f$ скольжения.

| Природа тел, производящих трение. | Величина $f$ во время движения. |
|---|---|
| Сухой песок по песку . . . . . | 0,71 |
| Твердый полированный известняк по таковому же . . . | 0,58 |
| Гладкий гранит . . . . . | 0,66 |
| Деревянный ящик по мостовой . . . . . | 0,58 |
| „ „ по земле . . . . . | 0 33 |
| Железо по железу или чугуну в сухом виде . | 0,18 |
| Железо по льду (коньки) . . . . . | 0,02 |
| Металл по металлу с жирной обмазкой . . | 0,10 |
| Кожаные ремни по металлу (сухие) . . . . | 0,56 |
| „ „ „ (смазанные) . . | 0.23 |

Величины этого коэффициента изменяются благодаря употреблению *смазочных веществ*, именно масла и жира. Они увеличиваются со скоростью. Впрочем состояние поверхностей, производящих трение, так мало определено, что согласование мер не является достаточным. Трение *больше при пуске в ход*, чем на ходу.

**§ 245.** У катящихся цилиндрических тел (колеса, трубки), величина трения гораздо менее, чем при скольжении. Надо приложить, дабы преодолеть силу сопротивления катанию, силу пропорциональную давлению тела и обратно пропорциональную радиусу катящегося тела.

Предполагается, что эта сила действует в центре (колеса) или касательно к поверхности.

Мы указали несколько величин коэффициента, относящихся к обыкновенным колесам (§ 34).

С медными трубками, вертящимися по медным пластинкам или кованому железу, получилась формула:

$$\varphi = \frac{0{,}0039}{\sqrt{r}} \text{ и } \varphi = \frac{0{,}0044}{\sqrt{r}},$$

где $r$—радиус в сантиметрах;

С трубками стальными, по меди или стали:

$$\varphi = \frac{0{,}0045}{\sqrt{r}} \text{ и } \frac{0{,}0039}{\sqrt{r}}.$$

Наконец, если трубки кованого железа входят в контакт с медными пластинками, то получится:

$$\varphi = \frac{0{,}0075}{\sqrt{r}}.$$

Тоже полезным, конечно, является понятие о *коэффициенте силы тяги*, уже определенном (§ 34).

Найдено при нормальных условиях:

| Природа трущихся тел. | Коэффициент силы тяги. |
|---|---|
| Железные колеса на рельсах . . . . . | 0,005 |
| Они же на мостовых . . . . . | 0,015 |
| Они же на мощеной дороге . . . . . | 0,040 |
| Они же на немощеной дороге . . . . . | 0,068 |

**§ 246. Таблица синусов и тангенсов.** Мы напоминаем, что косинус угла равен синусу дополнительного угла (два угла, сумма которых равняется 90°, считаются дополнительными) и, что

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\operatorname{Sin} \alpha}{\operatorname{Cos} \alpha};$$

| Градусы | Синусы | Тангенсы | Градусы | Синусы | Тангенсы |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,017 | 0,017 | 46 | 0,719 | 1,036 |
| 2 | 0,035 | 0,035 | 47 | 0,731 | 1,073 |
| 3 | 0,052 | 0,052 | 48 | 0,743 | 1,111 |
| 4 | 0,070 | 0,070 | 49 | 0,755 | 1,151 |
| 5 | 0,087 | 0,088 | 50 | 0,766 | 1,192 |
| 6 | 0,105 | 0,105 | 51 | 0,777 | 1,236 |
| 7 | 0,122 | 0,123 | 52 | 0,788 | 1,281 |
| 8 | 0,139 | 0,141 | 53 | 0,799 | 1,328 |
| 9 | 0,157 | 0,159 | 54 | 0,809 | 1,377 |
| 10 | 0,174 | 0,177 | 55 | 0,819 | 1,429 |
| 11 | 0,191 | 0,195 | 56 | 0,829 | 1,483 |
| 12 | 0,208 | 0,213 | 57 | 0,839 | 1,541 |
| 13 | 0,225 | 0,231 | 58 | 0,848 | 1,601 |
| 14 | 0,242 | 0,250 | 59 | 0,857 | 1,665 |
| 15 | 0,259 | 0,268 | 60 | 0,866 | 1,733 |
| 16 | 0,276 | 0,287 | 61 | 0,875 | 1,805 |
| 17 | 0,293 | 0,306 | 62 | 0,883 | 1,882 |
| 18 | 0,309 | 0,325 | 63 | 0,891 | 1,964 |
| 19 | 0,326 | 0,345 | 64 | 0,899 | 2,052 |
| 20 | 0,342 | 0,364 | 65 | 0,906 | 2,146 |
| 21 | 0,359 | 0,384 | 66 | 0,914 | 2,248 |
| 22 | 0,375 | 0,404 | 67 | 0,921 | 2,388 |
| 23 | 0,391 | 0,425 | 68 | 0,927 | 2,477 |
| 24 | 0,407 | 0,445 | 69 | 0,934 | 2,607 |
| 25 | 0,423 | 0,467 | 70 | 0,940 | 2,750 |
| 26 | 0,439 | 0,488 | 71 | 0,946 | 2,907 |
| 27 | 0,454 | 0,510 | 72 | 0,951 | 3,081 |
| 28 | 0,470 | 0,532 | 73 | 0,956 | 3,274 |
| 29 | 0,485 | 0,555 | 74 | 0,961 | 3,481 |
| 30 | 0,500 | 0,578 | 75 | 0,966 | 3,736 |
| 31 | 0,515 | 0,601 | 76 | 0,970 | 4,016 |
| 32 | 0,530 | 0,625 | 77 | 0,974 | 4,337 |
| 33 | 0,545 | 0,650 | 78 | 0,978 | 4,711 |
| 34 | 0,559 | 0,675 | 79 | 0,982 | 5,152 |
| 35 | 0,574 | 0,701 | 80 | 0,985 | 5,681 |
| 36 | 0,588 | 0,727 | 81 | 0,988 | 6,326 |
| 37 | 0,602 | 0,754 | 82 | 0,990 | 7,130 |
| 38 | 0,616 | 0,782 | 83 | 0,992 | 8,164 |
| 39 | 0,629 | 0,810 | 84 | 0,994 | 9,541 |
| 40 | 0,643 | 0,839 | 85 | 0,996 | 11,468 |
| 41 | 0,656 | 0,870 | 86 | 0,997 | 14,361 |
| 42 | 0,669 | 0,901 | 87 | 0,998 | 19,188 |
| 43 | 0,682 | 0,933 | 88 | 0,999 | 28,640 |
| 44 | 0,695 | 0,966 | 89 | 0,999 | 57,290 |
| 45 | 0,707 | 1,000 | 90 | 1,000 | ∞ |

В то время когда Амар писал свою книгу, число методов, применяемых для изучения труда, было крайне ничтожно; ныне в науку о труде введено много новых методов; их подробное описание будет дано в „Трудах Центр. Института Труда". *Прим. ред.*

# ШЕСТАЯ ЧАСТЬ.

# Профессиональная работа.

## ГЛАВА ПЕРВАЯ.

### Равновесие и движение человеческого тела. Передвижение

**§ 247. Общие понятия.** Изучение профессиональной работы имеет две задачи: во-первых, оно должно рассмотреть равновесие и движения тела человека и, во вторых, выяснить влияние хороших инструментов. Первым из этих вопросов мы почти исключительно и займемся.

Человеческое тело представляет из себя *суставную* систему, различные части которой не связаны неподвижно между собой, как, напр., в мраморной статуе, но чрезвычайно подвижны друг относительно друга. Оно никогда не находится в покое: движения дыхания и кровообращения нарушают каждое мгновение его равновесие, мышцы, всегда более или менее сокращенные, сообщают ему ряд колебаний, которые можно обнаружить или при помещении на верхушке головы записывающего пера, или с помощью чувствительных весов, на которых находится человек.

Человеческое тело является материальной системой, подчиненной внешним силам, из которых важнейшая есть тяжесть, и внутренним силам мышц. Это есть неоднородное тело, в котором массы одинакового объема неравны повсюду: его форма неправильна и напоминает отдаленно призму, наконец, оно не изолировано в пространстве, но поставлено на поверхность земли своим основанием — ногами, то-есть оно представляет такую систему, к которой с большим пра-

вом приложимы законы общей механики; многочисленные ученые изучали статику и динамику человеческого тела.

**§ 248. Статика тела человека.** Прежде всего человеческое тело, во всех своих частях, подвержено действию тяжести; центр его тяжести получается легко из опыта; если расположить на краю стола доску с лежащим на ней человеком и подвигать ее понемногу, то наступит момент, когда она придет в равновесие; центр тяжести будет расположен тогда в вертикальной плоскости, проходящей через ребро стола; осуществляя это равновесие для двух других положений, мы получим три плоскости, пересекающиеся в некоторой точке—искомом центре (Borelli, 1679 г.).

Ясно, что положение центра тяжести зависит от расположения масс, так сказать, от положения тела. Отто Фишер с этой точки зрения определял центры тяжести различных частей тела и из них выводил их общий центр тяжести. Для этого определения он пользовался замороженными трупами.

Представим себе стоящего человека; сегменты его тела, двойное искривление позвоночника и пирамидальная форма ведут к довольно неустойчивому равновесию, для поддержания которого необходима работа мышц.

Эта неустойчивость тем бо́льшая, чем меньше основание опоры и чем выше центр тяжести. По Брауне и Фишеру, этот центр тяжести при покойном стоячем положении находится на уровне верхней поверхности третьего крестцового позвонка.

Анатомически различают два положения для стоящего человека: *симметричное* и *ассиметричное;* при первом тело прямо, пятки сдвинуты, и линия тяжести проходит у пяток (нормальное положение по Брауне и Фишеру) (рис 119), или перед пятками (удобное положение тела) (рис. 120); при втором положении человек опирается на одну ногу, другой только помогая поддерживать равновесие (рис. 121).

При положениях симметричных, нормальном или удобном, тело опирается одинаково на обе ноги; здесь можно рассматривать *фронталькую* плоскость, проходящую через центры сочленений бедер, нормально к *срединной* плоскости тела. Брауне и Фишер показали, что если все сочленения стопы, колена, бедра только что заняли фронтальную пло-

скость, то линия тяжести отходит к пятке, т.-е. тело будет «в нормальном» или военном положении; но если человек держится *удобно*, сочленение стопы будет сзади фронтальной плоскости, линия тяжести пройдет перед пяткой и устойчивость тела увеличится. Наконец, в положении опоры на «бедро», тяжесть тела покоится на одной ноге, другая, как сказано выше, служит для поддержания равновесия.



Рис. 119.

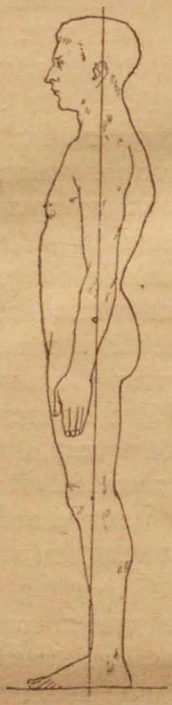


Рис. 120.



Рис. 121.

**§ 249.** Два немецких ученых (Брауне и Фишер) изучали, с точки зрения положения центра тяжести, сегменты тела на субъекте весом в 58,4 кило, производя измерения на данных фотографии. Они пришли к следующим результатам: в «удобном» положении центр тяжести головы помещается на 5 мм. впереди сочленения атланта с затылочной костью; это объясняет роль мышц затылка в удержании равновесия головы; во время сна, при их расслаблении, голова наклоняется вперед. Туловище образует столь же подвижную массу вокруг вертикальной оси. Вместе с руками оно имеет

общий центр тяжести на 18 см. выше оси бедер и на 8,6 мм. впереди фронтальной плоскости. Весь бюст (голова, туловище и руки) имеет момент вращения $M = P \times 0{,}0086$ при весе $P = 36{,}82$ кило, составляющимся таким образом:

| | в процентах всего веса тела |
|---|---|
| Голова — 4,140 кгм. | = 7,10% |
| Туловище—25,060 „ | = 42,92% |
| Рука пр. — 3,810 „ | = 6,52% |
| Рука лев.— 3,810 „ | = 6,52% |
| бюст—36,820 кило | = 63,06% |

Но туловище остается прямым благодаря только мышцам спины и живота; передавая свой вес (63,06% веса всего тела) бедрам, он, при своем наклонении вперед, заставляет нижние концы бедер отходить назад. В «удобном» положении, сочленения бедер и колен отдалены на 1 см. сзади от линии тяжести, и натяжение, производимое весом туловища, таково, что колена лишены жесткости, не напряжены; при дотрагивании до коленной чашки, ясно видно, что она не напряжена и свободно двигается в то время, как мышцы икр и связки колена сильно натянуты. То же самое происходит на месте сочленения со стопой, получающей давление от голени, несущей на верхней своей оконечности вес бюста и бедер. В «удобном» положении сочленение стопы на 5 см. сзади фронтальной плоскости, т.-е. на 4 см. от такового же колена; мускулы Solei должны уравновешивать момент вращения соответствующего веса.

| Имеем | В процентах веса тела |
|---|---|
| Бедро . . . . . 6,800 кило | = 11,64% |
| Голень и стопа . . 3,990 „ | = 6,83% |
| Нижние конечности—10,790 кило | = 18,47%. |

Обе нижних конечности, след., будут весить $10{,}790 \times 2 = 21{,}580$ кгм. Мышцы уравновешивают момент вращения, производимый весом:

$$36{,}820 + (6{,}800).\ 2 = 50{,}420 \text{ кгм.};$$

плечо рычага будет при этом около 4 см.

С другой стороны, ахиллово сухожилие поднимает пятку кверху, определяя этим давление носка ступней на почву, давление равное общему действию веса тела.

Во все время, пока линия тяжести в общем падает внутри площади опоры ступней (подошв), оно находится в равновесии и стоячее положение человека возможно.

**§ 250. Экономные положения тела.** В стоячем положении основание опоры ограничивается контуром подошв, со сдвинутыми или раздвинутыми пятками. Тело тогда будет в равновесии, когда линия тяжести не выходит из этого основания; и это равновесие тем будет устойчивее, чем ближе эта линия пройдет к центру площади опоры.

Но тело уже может качаться, когда линия тяжести проходит на 1,5 см. от краев подошв, а это мы видим при положениях «нормальном» и «удобном» (симметричных), когда при сдвинутых пятках основание опоры наименьше развито и тело поэтому сильно качается.

Поэтому оба эти положения не экономны.

Другое в ассимметричном положении, в котором и пятки раздвинуты для увеличения площади опоры, и вес тела покоится на одной ноге; это поистине наиболее естественное положение тела для стоящего человека; оно сопровождается только незначительными колебаниями; центр тяжести тела находится над опирающейся ногой, следовательно, мышцы икры при этом работают мало, чему благоприятствует много и смена ног, поочередно заменяющих одна другую. В «сидячем» положении площадь опоры еще более увеличивается, а с ней, конечно, и устойчивость тела.

Измеряя расход кислорода, поглощаемого человеком при различных положениях тела, получаем следующую таблицу, наглядно показывающую расход энергии.

Если расход энергии „сидящего" человека = 100,

то расход энергии „стоящего" человека:

при ассиметричном = 103,

„ удобном . . . . . 106,

„ „нормальном" — 125 положении.

Ясно видно, что наибольший отдых человеку доставляет «сидячее» положение; конечно, в «лежачем» положении площадь опоры наиболее велика для веса тела, а следовательно, работа мышц и расход энергии в этом случае сведены к минимуму.

Профессиональные и спортивные (бокс, фехтование) положения тела изменяют положение центра тяжести, всегда по правилу равного распределения масс, и стремятся увеличить основание опоры, потому что только тогда возможны обширные движения и устойчивость человека. Человек, нагруженный тяжестью, толстяк, горбатый, согбенный старик перемещают линию тяжести в сторону от тяжести (фиг. 122), что ясно видно по рисункам. Харлесс и Мейер нашли, что центр тяжести тела расположен ниже у женщин, чем у мужчин; во время беременности сгибание назад всей поясничной области уравновешивает тяжесть матки. Возможность наклонения тела, очевидно, больше будет при раздвинутых пятках, чем при сдвинутых.



Рис. 122.

Чтобы держаться прямо, горбун слегка опрокидывается назад; толстяки поворачиваются при ходьбе, и чтобы уменьшить амплитуду этих поворотов, они делают маленькие шаги, старики опираются на палку, и во всех этих случаях усилия значительны и скоро вызывают усталость. Велосипедист, склонившийся над своей площадью опоры, боксер, фехтовальщик, солдат с ранцем и ружьем руководятся уже признанными законами равновесия, но здесь равновесие все более и более встречает препятствий и является необходимым затрачивать большее количество энергии, нежели в покое. Например, солдат, стоящий на вытяжку с ружьем и ранцем, далек от отдыха; он занимает наименее экономичное положение.

**§ 251. Выводы.** Определения Брауне и Фишера помещают центр тяжести тела на 57/100 его вышины, центр тяжести туловища находится на 18 см. выше поперечной оси бедер. Для тела, весом в 100%, на туловище падает 63%, и на нижние конечности — 37%; таким образом у взрослого мужчины, весящего 65 кгм., его бюст весит 41 кгм., и его нижние конечности — 24 кгм. Каждая нога (голень и стопа) весит в среднем 6,83% общего веса тела; длина всей нижней конечности взрослого равна от 0,87 до 0,90 м., а, в среднем,

0,88 м. и весит 12 кгм., из которых 4,4 кгм. приходятся на голень. Эти различные измерения и отношения будут полезны в дальнейшем. Они очень немного отличаются от данных Фишера.

С другой стороны, расход энергии, найденный Этуотером, на взрослом человеке, помещенном в камеру с температурой в 20°, равен 2.120 калорий; вычисляя, находим: $\frac{2120}{65 \times 24} =$ 1,36 калорий на килограмм в час. При обычной жизни, вне условий научного опыта, эта величина достигает 1,5 больших калории, благодаря более низкой температуре (14°—15°) и большей деятельности мышц.

**§ 252. Динамика человеческого тела.** Движение происходит или от нарушения механического равновесия тела, или от действия внутренних и внешних сил, приложенных к центру тяжести тела.

Для проявления внутренних сил (лежащих внутри человека) не нужно изменять положение центра тяжести; человек, помещенный на превосходно отполированную площадку, может, не переступая совершенно ногами, вращаться вокруг себя, т.-е. вокруг своей вертикальной оси, на которой в неизменном положении находится центр тяжести его тела. Помещая симметрично руки и заставляя их описывать два круга в одном и том же направлении, получаем полный поворот тела в противоположном направлении. Из «внешних» сил наиболее чувствительна для тела тяжесть, а также трение почвы и сопротивление воздуха. Человек, падающий с некоторой вышины, должен описать ветвь параболы траекторию падения его центра тяжести. Марей наблюдал при помощи хронофотографии, что тело животного, напр., кошки, может произвести полное вращение в воздухе под действием внутренних сил, развиваемых мышцами; центр тяжести описывает тем не менее дугу параболы, и все происходит так, как будто тяжесть действует на твердое неизменное тело. Когда акробат, прыгая, может перевернуться вокруг вертикальной оси, помогая себе руками, мы имеем высоту, скорость и продолжительность прыжка, связанные между собой следующей формулой:

$$v = \sqrt{2gh} \text{ или } h = \frac{1}{2} g t^2, \text{ где } t = \frac{v}{g}.$$

Когда начальная скорость наклонена под углом $\alpha$, тогда $t = \frac{v. \sin\alpha}{g}$ и брошенное тело достигает вершины параболы. Тяжесть действует на каждый сегмент человеческого тела. Терпеливым изучением Отто Фишер определил центры тяжести этих различных сегментов. Но действие тяжести уравновешивается, побеждается действием мышц, имеющих опору во вне, и в результате получается движение, динамика мышц; движение зависит от степени свободы (его форма), и от напряженности усилия (его скорость).

**§ 253. Рассмотрение мышечного движения.** Наиболее полезно рассмотреть движения верхних (кисть, предплечье, плечо) и нижних конечностей (бедро, голень, стопа). Говорят о «сгибании», когда мышечное сокращение приближает один костный сегмент к другому (предплечье к плечу, голень к бедру); противоположное движение является «разгибанием». Когда член удаляется от средней линии тела, имеем «отведение», когда приближается—«приведение».

Член может вращаться вокруг своей продольной оси или наружу: это—супинация или внутрь, это—пронация. Таким образом предплечье в супинации, когда тыл кисти обращен к почве, и в пронации, когда туда обращена ладонь.

Наконец, свобода движения зависит от вида сочленений (суставов); плечо и бедро имеют такого рода сочленения, что могут описывать круги или дуги кругов; это—круговращение. Леонардо да Винчи еще 4 века назад сказал об этом: «Движения плеч бесконечны, потому что, если плечо, касаясь стены, нарисует рукою круговую фигуру, оно сделает все движения, возможные для этого плеча; более, всякая сплошная величина делима до бесконечности; круг и есть сплошная величина, произведенная движением руки; движение, не произведшее непрерывной (сплошной) величины, не будет само сплошным. Но движение руки проходит по всем частям круга, а круг делим до бесконечности, бесконечными будут также и движения плеч.

Степени свободы движения даны формой сочленений (суставов), и для одного и того же типа сочленения скорость движения, его размах определяются длинами плеч рычага, силы и сопротивления, при чем найдено, что рычаги, вызывающие передвижения, почти исключительно 3-го рода.

Плоскости, в которых происходят движения, суть фронтальная, горизонтальная и сагиттальная. Всегда можно отнести всякое движение на эти 3 плоскости. Приведение и отведение относятся к серединной плоскости тела или иначе к сагиттальной.

§ **254**. Для изучения движения членов тела, нужно сделать некоторые упрощения:

1) допустить, что продольная ось члена проходит через центр тяжести и средину сочленения. Отто Фишер нашел, что и на самом деле это почти так;

2) свести форму сочленения к одной или нескольким неподвижным осям, но часто оси испытывают небольшое перемещение и покидают свое начальное положение;

3) свести мышечные прикрепления к точке (вектор сил), прямой, расположенной в той же плоскости, что и продольная ось члена;

4) изучать движения костного сегмента, как твердой и неизменной массы.

Возьмем движение, имеющее одну степень свободы, например, предплечья, движущегося к плечу, расположенному вертикально и укрепленному неподвижно. Представим тогда двуглавую мышцу (бицепс) прямой $AB$ (рис. 123), прикрепленной к точкам $A$ и $B$; $A$ неподвижно, тогда как $B$ вращается вокруг оси, имеющей средину в точке «$o$», в локтевом суставе. *Момент вращения* силы $F$ (или $AB$), отнесенный к точке «$o$» есть произведение:

$$M = F \times od$$

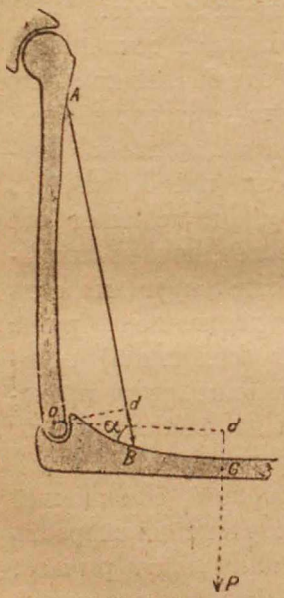


Рис. 123.

Но подвижный сегмент (предплечье с кистью) отягчен тяжестью, его сопротивление, вес $P$, приложен в его центре тяжести, и этот вес для момента:

$$M^1 = P \times od'$$

Сгибание не может иметь места, если момент движения $M$ больше момента сопротивления $M^1$.

Усилие мышцы должно быть тем боль-

ше, чем плечо рычага «*od*» короче. Или, другими словами, для данного положения, чем ближе место прикрепления *B* к сочленению, тем большую нужно развить силу.

Другая форма:

$$od = o.B.\sin\alpha$$

откуда $M = F \times o.B.\sin\alpha$

т.-е. момент вращения изменяется по синусоидальному закону, данному степенью наклонения мышцы по отношению к перемещаемому сегменту. При смене положений предплечья, угол «*α*» изменяет значение своей величины от 0 до 180° (полное разгибание и сгибание), а синус, следовательно, принимает значение =0: момент будет равен нулю; для $\alpha = 30^0$, $\sin\alpha = {}^1/_2$; момент будет наибольшим, когда мышца направлена «нормально» (перпендикулярно) к подвижному сегменту (рис. 124).

На деле момент движения никогда не равен нулю, благодаря устройству сочленения и тяжам (сухожилиям); по Фишеру он всегда имеет значительную величину. С другой стороны, мышца не всегда сводится к прямой, расположенной в плоскости движения члена; ее сила тогда будет «составляющей», действующей в плоскости, на которую она проектируется по направлению и величине.

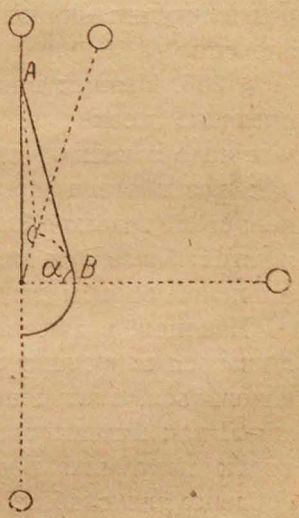


Рис. 124.

Если имеем несколько мышц для производства движения с одной степенью свободы, всегда можно найти результирующую отдельных составляющих сил, представляемых данными мышцами. Движения, имеющие одну степень свободы, происходят в больших сочленениях (предплечье, голень),они не могут совершаться в направлениях длины оси вращения, потому что этому мешает сустав; таким образом одна из составляющих будет равна нулю при сгибаниях и разгибаниях. Всякий раз нижнее прикрепление двуглавой мышцы леча окружает лучевую кость, несущую кисть, и поз-

воляет всему костному сегменту кисти супинировать. В общем, предплечье сгибается без вращения, но, если кисть поддерживает большую тяжесть, сгибание не будет иметь места, прежде чем вращение не развернет сухожильной связки.

Надо заметить, что к роду суставов, имеющих одну ось, с полным правом могут быть отнесены только суставы пальцев.

М. Шово наблюдал, что мышцы-сгибатели работают более экономно, чем разгибатели, потребляя менее кислорода (мышцы предплечья). Отто Фишер наблюдал подобную же картину в движениях мышц ноги, изучая их силу и длину.

Когда имеются суставы с тремя осями, то движения могут быть очень разнообразными, но, большею частью, обычно члены не пользуются всеми тремя осями сустава, а ограничиваются одной осью; например, ноги движутся обыкновенно в сагиттальной плоскости; при этом они так приспособляются к этому направлению, что движения их становятся чисто автоматическими и поэтому энергетически очень экономными.

Желательно поэтому, во всех обстоятельствах выбирать род движения наиболее обычный, чтобы уменьшить расход энергии.

§ 255. Мышцы иногда приводят в движение сегменты, имеющие несколько суставов, (разгибатели [пальцев); при чем надо заметить, что при сильном сжатии пальцев в кулак разгибатели препятствуют дальнейшему сжатию пальцев; стоит только пригнуть кулак к предплечью, как он разожмется, благодаря сильному натяжению разгибателей (прием японской борьбы джиу-джитсу).

Наконец, в движение того же самого члена может вмешиваться мышечная группа, составляющая которой может изменяться, смотря по положению. При ручной тяге работают как мышцы предплечья, так и мышцы плеча. Суставы кисти настолько подвижны и тонки, что более приспособлены для слабых, но очень быстрых движений, чем для сильных и медленных; супинация и пронация кисти производятся лучевой костью, а не костями кисти, поэтому последние могут рассматриваться, как имеющие несколько степеней свободы.

К действию мышц, *действительно* производящих движение, присоединяется и действие антагонистов и Дюшен-де

Булон, Брауне и Фишер показали это,—необходима комбинация мышечных усилий, чтобы можно было переместить член с известной скоростью и в известном направлении; недостаточно только вычислить мышечную работу в сгибании предплечья, по силе двуглавой мышцы плеча и величине перемещения, нужно также знать работу его антагониста, трицепса (треглавой мышцы). Мускулатура работает под влиянием координированных нервных раздражений; эта координация, управляющая и оттеняющая движения человека, противопоставляется, понятно, действительно слишком простому представлению о мышечном антагонизме. Роль разгибателей заключается не только в противодействии сгибателям; например, когда человек стоит и наклоняет голову вперед, то только одни разгибатели постепенным расслаблением направляют движение головы с желаемой скоростью. При опускании рук возбуждаются мышцы, поднимающие руки, но не как подниматели рук, а как замедлители их падения. Двуглавая мышца руки, с другой стороны, не только исключительно сгибатель, но действует и как супинатор; так, при поворачивании ключа она набухает, напрягается. Передняя берцовая мышца не только разгибает голень, но она также сгибает и поднимает бедро и служит для поддержания равновесия бедер. Виды мышечной деятельности многочисленны, но все они сопровождаются тратой энергии, оцениваемой по величине поглощенного кислорода; последняя и служит для вычисления степени усталости при различных мышечных движениях.

С экономической точки зрения, движение должно сопровождаться наибольшим действием и наименьшей затратой энергии. Часто некоторые движения при внимательном изучении оказываются не необходимыми, и для экономии энергии должно избегать их, не приводя в движение покоящихся мышц. Профессионалы также понимают, что на-ряду с «полезными» движениями существуют и другие «лишние», устранение которых служит источником экономии. Спорт, в особенности бокс и фехтование основаны на том же принципе; движения «бесполезные» здесь почти все известны и хорошие атлеты их избегают.

**§ 256. Движение сегментов тела: центры тяжести и моменты инерции.** Отто Фишер определил положение центров тяжести

в различных сегментах тела и отношения этих сегментов; верхние и нижние конечности, голова, туловище—имеют центры тяжести, которых относят к общему началу: линии суставов плеч или таковой же бедер. Но должно заметить, что все эти величины являются «средними» и не годятся для любого субъекта.

Если мы уподобим туловище цилиндру, такого же объема, а конечности—конусам, мы можем вычислить *момент инерции* $I = Mp^2$, где $M$ обозначает массу $\frac{P}{g}$ и $p$—*радиус вращения*. Возьмем в качестве первого приближения следующие данные для мужчины в 65 кило весом:

1) *Бюст* (туловище + голова): вес = 50% всего веса тела или же $\frac{65}{2} = 32{,}5$ кгм. Центр тяжести находится на 0,32 метра выше линии бедер; этот бюст соответствует цилиндру 0,88 метра высоты и 0,13 метра радиусом. Момент инерции будет

$$I = \frac{M}{12}(3r^2 + 4h^2) = 0{,}86$$

2). *Плечо*: вес = 2,2 кгм., центр тяжести на 0,145 м. от центра плечевого сустава. Принимаем:

$$h = 0{,}35 \text{ м.}$$

И, уподобляя сегмент конусу, получим

$$r = 0{,}047 \text{ м. и } r^1 = 0{,}04 \text{ метра}$$

Употребляя формулу момента инерции, имеем для него:

$$I = M\left[\frac{h^2}{g}\left(1 + \frac{d}{r + r^1}\right) + \frac{(r + r^1)^2 - 2d^2}{16}\right] = 0{,}0033$$

3) *Предплечье*: $M = \frac{2{,}04 \text{ кгм.}}{g}$ ; $h = 0{,}35$ м., $r = 0{,}045$ м. $r' = 0{,}027$ м. Центр тяжести на 0,34 м. ниже центра плечевого сустава. Выводим из этого:

$$I = 0{,}0037.$$

4). Моменты инерции *пальцев* следующие:

| Мизинец. | Безымянный. | Средний. | Указательный. | Большой. |
|---|---|---|---|---|
| I=0,000.004 | 0,000,012 | 0,000,014 | 0,000,012 | 0,000,006 |

5) Во всей верхней конечности центр тяжести находится на $\frac{45}{100}$ (приблизительно) всей длины, считая от плечевого сустава или 0,32 м. Предполагая кисть сжатой в кулак, имеем $h=0{,}7$ м. при $P=4{,}2$ кило и $r=0{,}047$ м., $r'=0{,}027$ м., имеем $I=0{,}03$.

6) В нижней конечности мы отличаем голень и потом все остальное.

Голень: $P=4{,}4$ кгм. (считая и $h=0{,}44$ м., $r=0{,}062$ м., $r'=0{,}038$ м. Из этих цифр получаем:

$$I=0{,}013.$$

Для всей нижней конечности имеем: $P=12$ кгм. $h=0{,}88$ м., $r=0{,}086$ м., $r'=0{,}038$, где

$$I=0{,}146.$$

По измерениям и вычислениям, центр тяжести нижней конечности у взрослого находится, приблизительно, на расстоянии 0,38 м. от центра тазо-бедренного сустава. Что касается радиуса вращения он выводится из $I=M\rho^2$, откуда $\rho=0{,}34$ м. Знание моментов инерции дает нам и знание работы качания; если угловая скорость будет $\omega$, то

$$\zeta=\frac{1}{2}I\omega^2$$

Предыдущие расчеты предполагали человека, не нагруженного тяжестью; в противном случае ясно, что положения центров тяжести и моменты инерции изменяют свои величины но определения и расчеты остаются теми же самыми во всевозможных случаях.

**§ 257. Передвижение человека.** Можно отличать две группы общих движений человека: 1) наземные и 2) водные.

I. Обычные формы наземного движения: ходьба, ползание, увеличивающее точки соприкосновения с землей, бег и прыжок, уменьшающие поверхность и продолжительность прикосновения; наконец, взлезание, при котором подвешиваются посредством рук.

1) **Ходьба.** Она изучалась преимущественно братьями Веберами, Мареем, Брауне и Фишером. Последние, имея перед собой богатый опыт первых исследователей, много вложили

и своих наблюдений, употребив графические и хронофотографические методы, для определения длины шага, давления ног, усилия мышц и формы движения в отношении к его скорости.

Ходьба есть, собственно, нарушение механического равновесия тела, производимое перемещением ног, поддерживающих попеременно вес целого тела.

Это перенесение обеспечено правильным качанием общего центра тяжести; он находится всегда над опирающейся о почву ногой, несущей тяжесть тела, это—«несущая нога»; тогда как другая нога оставляет почву, касаясь ее носком, и делает качание вперед, занимая место перед «несущей ногой»: это—«качающаяся» нога.

Если определим расстояние между двумя ногами при ходьбе, то будем иметь «длину» шага, но две ноги занимают то же самое начальное положение, только при удвоенном, «дво -

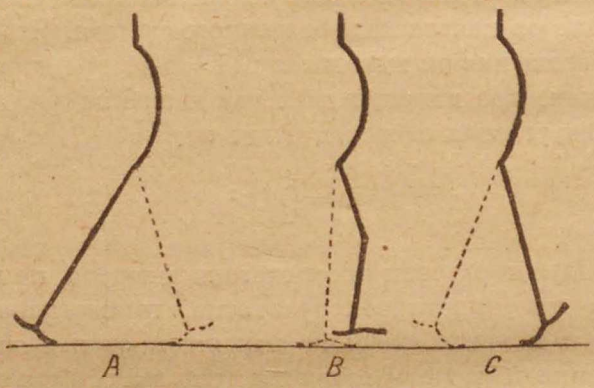



Рис. 125.

ном» шаге. Различных периодов «двойного» шага *три*: первый около 0,4 сек., во время которого задняя нога покидает почву; носком ступни качается кпереди, становится на землю пяткой (рис. 125); проходит около $^1/_{10}$ секунды, пока две ноги находятся на земле (двойная опора). В обычней ходьбе (121 шаг в мин., равный каждый 0,75 м.) продолжительность двойного шага около 1 секунды; следовательно, «качающаяся» нога находится на земле 0,5 секунды, чтобы служить опорой телу и обеспечить *продвижение*, и она перекатывается по земле

от пятки до носка, отделяясь ею от земли. Рис. 126 показывает различные моменты ряда движений при двойном шаге.

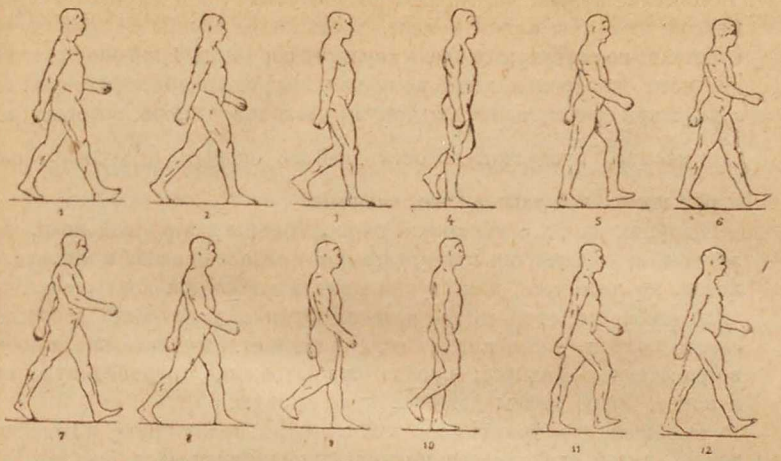


Рис. 126.

§ 258. Фишер анализировал двойной шаг на субъекте весом в 58,7 кгм., ростом в 1,67 метра и с длиною нижних конечностей, равной 0,87 метра. В среднем, этот человек делал 121 шаг в минуту, длиною в 0,75 метра каждый и продолжительностью в 0,495 сек. или 5,445 километров в час.

Выберем момент, когда правая нога покидает почву и начинает двигаться по воздуху; левая нога впереди, шаг совершен; туловище опирается на эту ногу, делающуюся «носящей», и начинается период, называемый *опорой* и *проталкиванием*; правая нога поднимается и укорачивается, сгибаясь в колене на угол в 150°; теперь она может качнуться вперед.

Колено делается твердым, бедро выносится в перед согнутым на 25° к вертикали, и правая нога ставится пяткой. Заметим, что достижение земли ногой происходит медленно, без ускорения, мышцы ослабляют маятникообразное движение, которое, как думал Вебер, только одно и управляет качанием ног.

Теоретически здесь действует сложный маятник с периодом $t = \pi\sqrt{\frac{I}{Mgl}}$, где I—момент инерции, или, подставляя для ноги соответствующие величины, получим:

$$t = \pi\sqrt{\frac{0{,}146}{12 \times 0{,}38}} = 0{,}56 \text{ секунды.}$$

Величина слишком большая, здесь имеет место также и действие мышц. Фишер определил сначала действие тяжести на мышцы—сгибатели ноги, затем на четырехглавую мышцу ноги, которая живо сокращается и выбрасывает голень вперед; ступня сгибается для смягчения толчка при соприкосновении с почвой.

С другой стороны, в этот период качания точка опоры на бедро не фиксирована; она передвигается вместе с *шагом*:

Качание правой ноги окончено и ступня прикоснулась к почве пяткой; здесь мы имеем момент, когда левая ступня не начала еще скользить по воздуху; это очень короткий период двойной опоры, когда две ноги одновременно находятся на почве; она очень характерна для *ходьбы* при всех аллюрах; при нормальном аллюре, которым мы занимаемся, продолжительность двойной опоры $= \frac{81}{1000}$ сек., т.-е. в 5 раз менее, чем таковая же качания.

Двойная опора есть начало периода опоры для правой ноги, делающейся *носящей*; она в это мгновение наклонена на 25° к вертикали; потом, по мере того, как ступня прикладывается к почве, нога сначала сгибается, твердеет в колене, нижняя конечность достигает своего полного разгибания; бедро описывает, следовательно, кривую возрастающего радиуса; пройдя же положение, перпендикулярное к почве, бедро описывает обратную кривую.

В общем, его траэктория походит на траэкторию подвижной точки внутри пустого полуцилиндра, поднимающейся из глубины кверху.

Марей регистрировал эти синусоиды по движениям лобкового сочленения.

Отвердение колена, поддержка всего веса тела без сгибания бедра производится сокращением мышц, в особенности четырехглавой мышцы бедра. Ступня развертывается от пятки к носку и в этом развертывании нижняя конечность остается прямой благодаря сокращению мышц бедра. Ступня испытывает давление, передаваемое ей ногой, находящейся позади; это давление достигает наибольшей величины при вертикальном ее положении.

Фишер определил это давление которое оказалось равным 70 кгм. (наибольшее в 77 кгм.), у субъекта весом в 58,4 кгм., то-есть давление на почву больше веса тела на 25%.

Марей, затем Карле никогда не наблюдали увеличения больше чем на 20 кгм.

Но при ходьбе также имеется и действие почвы, тангенциальная сила, которая выражается отрицательной величиной.

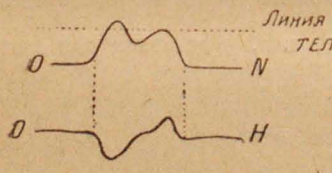


Рис. 127.

Фишер оценивает эту составляющую в 7 кгм. в то мгновенье, когда нога, находящаяся позади, поднимается; она достигает тотчас же 16 кгм. и сохраняет эту величину во все время опоры. Марей и Демени употребляли динамографический пол для записи горизонтальной и вертикальной составляющих давлений ступней; этот пол укреплялся на спиралях из каучуковых трубок малого сечения; от давления ноги воздух, выходивший из них, действовал на записывающий барабан.

Кривая вертикального давления колеблется с одной и с другой стороны от линии веса тела (рис. 127). При переносе массы тела с одной ноги на другую, нормальное качание отрицательно. Что касается кривой тангенциального давления (H), ясно видно, что таковая отрицательна при постановке пятки, и делается положительной при окончании развертывания ступни.

В течение этого развертывания и перед тем, как нижняя конечность делается вертикальной, нога, находящаяся позади, поднимается. Человек опрокидывался бы навзничь, если бы, покидая почву, носок ноги при этом не давал бы резкого толчка туловищу, толкая его на ногу, постепенно делающуюся *несущей*. Проталкивание имеет место в конце двойной опоры и производит свое действие также и во время опоры.

В опытах Фишера период опоры был $\frac{494}{1000}$; прибавляя сюда таковой же двойной опоры, имеем:

$$\frac{494}{1000} + \frac{81}{1000} = \frac{575}{1000}$$

Здесь представлена схема периодов деятельности 2 ног, по Дю-Буа Раймонду (рис. 128); они выражены в тысячных долях

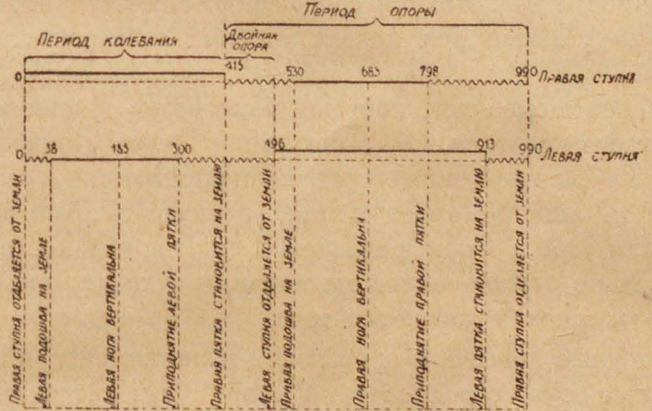



Рис. 128. Анализ времени двойного шага в тысячных долях секунд.

секунды. Угол, соответствующий развертыванию ступни, в среднем, равен 53° и увеличивается с длиной шага; перенесение бедра и толчок, даваемый туловищу, увеличиваются в том же отношении; и, благодаря раздвиганию ног, туловище и центр тяжести, в общем, опускаются; большие шаги вызывают более обширные вертикальные качания, чем маленькие (рис. 129) это будет «ac» вместо «bc».

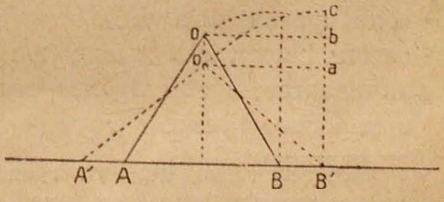



Рис. 129.

Если желают удлинить шаг, то в то же время сгибают несущую ногу, уменьшая, таким образом, радиус O'B' и приближаясь к прямолинейному движению бедра. Тогда имеем «ходьбу со сгибанием» встречающуюся часто у крестьян. Теоретически она экономичнее и, более того,—Конт и Реньо установили на хронофотографиях, что вертикальные качания при ней весьма сильно уменьшаются. Но она влечет, по причине сгибания, за собой добавочное мышечное напряжение; она требует хороших дорог и быстрого аллюра; нужно относиться очень осторожно к применению этой ходьбы на практике при переносе тяжестей и в военном марше [1]).

**§ 259. Движения и качания тела при ходьбе.** Движения, характеризующие чередование шагов, осложняются качаниями в сегментах тела, отличающихся от таковых же у нижних конечностей. Но и сами нижние конечности ноги, кроме непосредственно своих качаний в сагитальной плоскости, производят небольшие перемещения в других плоскостях; стопа производит на почву боковое тангенциальное давление, кроме своего нормального. Наконец, даже нижние конечности не качаются совершенно симметрично, так как обычно у людей вся правая сторона тела развита больше левой.

Перемещение ног, нарушая равновесие туловища, заставляет его качаться. Середина линии бедер (прямая, соединяющая тазо-бедренные суставы) поднимается, затем опускается; ее качание имеет длину, равную таковой же шага, с амплитудой, равной, в среднем, 4 см. Она уклоняется к ноге, нормально поставленной на почву, и отходит при подъеме ноги к средней плоскости тела.

Сходные движения производит и линия плеч; в то время, как при покое середина этой линии находится на вертикальной линии, проходящей через середину линии бедер, наклонение этой последней производит при ходьбе отклонение от вертикали на 1,5 см.

Руки качаются, по большей части, пассивно при ходьбе; если правая нога идет вперед, левая рука следит за ней, слегка согнутая в локте; при быстром ходе сгибание увеличивается, чтобы произвести бо́льшее количество качаний в короткое время.

---

[1]) Этот пригибной марш вызывает к себе в настоящее время большой интерес ввиду громадной экономии, которую он дает. Мною в лаборатории движений ведутся соответствующие исследования. *Ред.*

Эти движения рук исправляют повороты туловища: стоит только скрестить руки при ходьбе, как тотчас же увеличиваются амплитуды поворотов туловища.

Наконец, Марей и Демени нашли, что *голова* соучаствует во всех качаниях и описывает кривую с вогнутостью вверх; она уклоняется на 2,5 см. от средней плоскости в момент постановки ноги; уклонение почти равно нулю при двойной опоре; амплитуда вертикальных качаний может достигать 6 см., но она не представляет, вертикального перемещения центра тяжести тела, так как само туловище наклоняется.

Этот общий центр тяжести подвергается, однако, качаниям в различных плоскостях, и эти движения более или менее ускорены. Поэтому понятна вся трудность для детей сохранить равновесие тела.

В рассматриваемой ходьбе (5.450 метров в час и 121 шаг в минуту) центр тяжести имеет вертикальное качание с амплитудой, равной 4 см.; боковое качание имеет амплитуду, равную 1,3 см. и, наконец, вперед и назад центр тяжести перемещается на 2,5 см.

§ 260. Чтобы изучить перемещения некоторых линий и точек тела, Марей употреблял моментальное фотографирование одетых в черное людей с блестящими палочками, обрисовывающими линии позвоночника, плеч, бедер и т. д. На одном снимке получается серия положений подвижных частей тела в течение известного времени (геометрическая хронофотография).

Брауне и Фишер пользовались также фотографией для определения формы движения; с другой стороны они выводили положение центра тяжести, величину и вес каждого сегмента тела из измерений частей трупов. Зная распределение масс и закон движения, они вычисляли действующие силы.

Должно заметить, что на всех фотографиях нижняя конечность не бывает никогда в полном растяжении при опоре; поэтому вертикальное качание на деле немного смягчено.

---

## ГЛАВА ВТОРАЯ.

### Профессиональная работа и передвижение.

(Продолжение.)

**§ 261. Мышечная работа при ходьбе.** Величина мышечной работы при каждом шаге может быть получена из данных Марея, Брауне и Фишера.

Прежде всего имеем вертикальное поднятие тела на 0,04 метра, равное его замедленному, заторможенному опусканию (энергетически, мы знаем, что последнее равно только $\frac{52}{100}$ первого). Следовательно, у взрослого человека, весом в 65 кгм, мышечная работа равна

$$\zeta_1 = 65 \times 0{,}04 \times \frac{152}{100} = 3{,}952 \text{ килограмм-метра.}$$

Качание ноги соответствует работе:

$$\tau_2 = \frac{1}{2} I\omega^2,$$

так как $I = 0{,}146$ и $\omega = \frac{43}{60}\pi$ (§ 258), то имеем:

$$\frac{1}{2} I\omega^2 = \frac{1}{2} \times 0{,}146 \times \frac{43^2\pi^2}{3.600} = 0{,}37 \text{ килограмм-метра.}$$

Чтобы получить величину, выражающую замедление при опускании, пишем:

$$\zeta_2 = \frac{0{,}370}{2} \times \frac{152}{100} = 0{,}281 \text{ килограмм-метра.}$$

В-третьих, общий центр тяжести при своих перемещениях подвергается действию изменяющейся по величине живой силы; схематически скорость наименьшая; наверху траектории, по наблюдениям она колеблется около 0,6 м.

Отсюда:

$$\frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} \times \frac{65}{9{,}81} \times 0{,}6^2 = 1{,}192 \text{ килограмм-метра.}$$

Чтобы понять работу замедления в этом уравнении, произведенную мышцами, мы пишем:

$$\zeta_3 = 1{,}192 \times \frac{152}{100} = 1{,}812 \text{ килограмм-метра.}$$

Пренебрегая другими маленькими движениями мышц, при различных других качаниях туловища, мы получаем окончательно:

$$\zeta_1 + \zeta_2 + \zeta_3 = 3{,}952 + 0{,}281 + 1{,}812 = 6{,}045 \text{ килограмм-метра, или, в среднем, 6 килограмм-метров на шаг.}$$

Вычисленная работа относительна и, очевидно, определяется индивидуальностью субъекта и скоростью ходьбы.

На пройденный километр (при шаге в 0,778 метра):

$$\frac{6.1000}{0,778}=7,712 \text{ килограмм-метра.}$$

Вертикальное качание тела, явление наиболее существенное с точки зрения расходования энергии, изменяется от природы почвы и степени сгибания ног при ходьбе.

Реньо заметил, что при ходьбе со слегка согнутыми ногами, ноги меньше давят на почву, чем при ходьбе с вытянутыми ногами.

Благодаря этому нельзя надеяться получить точные данные, если даже вычисления основываются на хороших наблюдениях; статические сокращения мышц могут совершенно ускользнуть от измерений; только *расход кислорода* может дать точный эквивалент затраченной энергии. Ходьба есть такой вид движения, в котором человек больше всего натренирован и потому работа не превышает *4 килограмм-метров* на каждый шаг.

§ **262. Ритм в ходьбе.** Марей изучал действие ритма или числа шагов в единицу времени, пользуясь горизонтальной дорожкой в 500 метров длиною; доски, расположенные на расстоянии 50 метров друг от друга, прерывают электрический ток при проходе по ним человека.

Он записывал, таким образом, длину шага в отношении к ритму или такту. Эта длина увеличивалась до частоты в 150 шагов в минуту, потом уменьшалась; максимум равнялся 0,85 метра; субъект имел рост 1,67 метра, как и у Фишера (рис. 130).

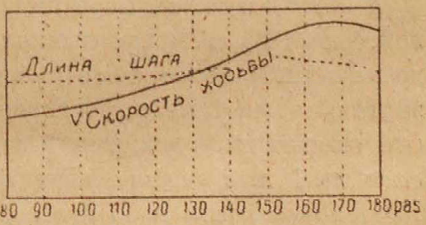



Рис. 130.

На 103 солдатах Фишер установил, что ходьба имеет *индивидуальный характер*; иначе сказать, два субъекта, похожие во всем друг на друга, имеют различную длину и продолжительность шага; Фишер делает заключение, что в ходьбе нет абсолютно общего типа.

Демени наблюдал, что до ритма в 200 шагов всегда наблюдается *«двойная опора»*: скорость движения не препятствует соприкосновению (очень короткому) одновременно 2-х ног с почвой; но это время укорачивается более быстро, чем скорость ходьбы; между 80 и 200 шагами в минуту она изменяется от 175 до 50 тысячных секунды.

Боковые качания туловища уменьшаются при быстрой ходьбе, потому что ноги стремятся приблизиться к *линии продвижения*; должно также заметить, что, уменьшая период движения ног, делают также трудным синхроническое качание бюста, имеющего довольно большой период.

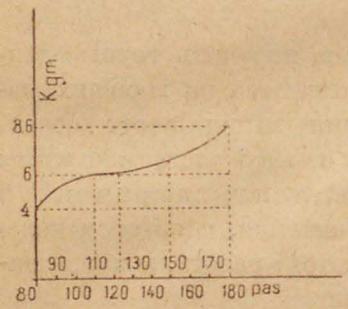



Рис. 131.

Поэтому же руки сгибаются и уменьшают их размах качания; таким образом относительно быстрая ходьба более экономична, чем медленная для данного расстояния. Но, в общем, каждый шаг требует большего расхода энергии при увеличенной скорости ходьбы.

Марей нашел, что, таким образом, дело происходит до ритма в 110 шагов и свыше 130 шагов (рис. 131). Между 110 и 130 величина шага постоянна, это *хороший* аллюр (ход). От 140 шагов в минуту кривая работы быстро поднимается, и мы видим, что бег предпочтительнее, чем этот шаг при аллюре выше 140 в минуту и потому человек при необходимости в быстром передвижении переходит *к бегу*.

**§ 263. Заключение.** Беря цифры, даваемые предыдущей кривой, (рис. 131), мы можем вычислить расход работы в метр-килограммах (метр-килограмм есть килограмм, перемещенный горизонтально на 1 метр по совершенно гладкой поверхности; (не смешивать с килограмм-метром, где килограмм *поднимается* на 1 м. *в вышину*, вертикально).

Человек весом в 65 кгм., прошедший 1 километр, расходует 7.712 килограмм-метров, или на метр-килограмм

$$\frac{7.712}{65 \times 1000} = 0{,}119$$ килограмм-метров при скорости в 5,450 метров в час.

Будем иметь, изменяя скорости:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| скорость . . . . . | 80 | 120 | 180 | шагов в минуту. |
| килограмм-метров . . . | 0,088 | 0,119 | 0,176 | на метр-килограмм. |

Эти величины имеют значение только для сравнения, для действительной же оценки расхода энергии надо знать расход энергии по величине поглощения кислорода.

**§ 264. Ходьба с тяжестью.** Общая форма шага и в этом случае остается та же самая, но продолжительность каждого движения увеличивается. Прежде всего *уменьшается длина* шага и, наоборот, *увеличивается время опоры*, именно *двойной* опоры; нога ставится полностью на подошву и *несущая* нога больше напрягается. Что касается вертикальных качаний, они уменьшаются в соответствии, конечно, с уменьшением длины шага, тем более, что пешеход с тяжестью склоняется, идя в согнутом положении. Но нужно отличать для других качаний различные манеры носить тяжести:

1) на голове,—центр тяжести поднимается и заставляет мышцы тела бороться против его неустойчивости;

2) на плече или на затылке; это затруднение значительно уменьшено, но тогда, как в последнем случае, тело качается в сагиттальной плоскости, и мышцы должны победить инерцию тяжести, в случае, где вес на плече, эта инерция чувствуется менее, тело распределяет свою массу, чтобы уравновесить действие тяжести. Распределение массы и уравновешивание груза, однако, не может происходить успешно при тяжестях бóльших, чем половина или $^2/_3$ веса туловища, т.-е. 16 до 22 кгм. Благодаря этим доводам, нужно признать, что пехотинец должен свой ранец носить не на спине, но на боку; он располагает тяжесть в области поясницы и делает более свободными движения членов.

Люди физического труда носят обыкновенно на голове тяжелые, но маленькие вещи, которые не слишком поднимают центр тяжести и оставляют тело прямым; могучие мышцы шеи помогают поддерживать равновесие головы.

**§ 265. Ходьба с перемещением сопротивления.** Период опоры и двойной опоры увеличивается также во время ходьбы субъекта при тяге или при толкании тяжести. Тело наклоняется, чтобы помочь своей массой и центр тяжести подвигается в направлении перемещения. Затем ноги немного сгибаются, ослабляя вертикальные качания тела.

Очевидно, что необходимое усилие для толкания увеличивается пропорционально сопротивлению; это обнаруживается по более сильному сокращению и выпуклой форме четырехглавой и икряной мышц.

Вычисление работы здесь совершенно сомнительно и зависит, в самом деле, от степени наклонения тела, от рода подпоры руками, от того, какие группы мышц участвуют в движении. Профессиональное знание изменяет очень хорошо результаты тем, что оно уменьшает статическое усилие и бесполезные движения.

**§ 266. Ходьба при подъеме.** Вместо горизонтальной ходьбы займемся теперь восходящим маршем по лестнице или наклонной плоскости.

При ходьбе по лестнице, одна из нижних конечностей сгибается, чтобы подняться, и нога идет вверх, чтобы опереться всей площадью ступни; сокращение четырехглавой мышцы позволяет при этом поднятии и сгибании перенести туловище вперед; «несущая» нога находится в растяжении; потом тело наклоняется вперед и центр тяжести оказывается над согнутой ногой, принимающей на себя мало-помалу всю тяжесть тела; задняя нога с легким сгибанием, качнувшись вперед, подходит к первой и, не задерживаясь, переносится на следующую ступень, тогда как другая нога становится «несущей». Качание тем меньше, чем меньше расстояние одной ступеньки от следующей; но период двойной опоры ясно удлинен.

Работа, произведенная при восхождении, равна произведению веса тела на высоту поднятия, потому что вертикальное качание центра тяжести, имеющее место при ходьбе по горизонтальной поверхности, исчезает.

В результате, если $h$ вышина лестницы, то работа будет:

$$\zeta, = P \times h,$$

а если человек несет тяжесть $Q$ то:

$$\zeta, = (P + Q).\, h$$

Обыкновенно при поднимании по лестнице увеличиваются боковые качания тела (это наблюдается особенно при переноске тяжести) и при быстром поднимании наблюдается легкое вертикальное качание. Тень от восходящего по лестнице человека на стене позволяет легко наблюдать эти особенности.

§ 267. При поднимании по наклонной плоскости мы имеем среднее между ходьбой по лестнице и ходьбой по гладкой горизонтальной поверхности.

Передняя нога $B$ (рис. 132) сгибается таким образом, чтобы $OCB^1 = OB$, а тело выносится вперед, чтобы преодолеть тангенциальную составляющую тяжести. Делаясь вертикальной, передняя нога поднимает тяжесть тела на рас-

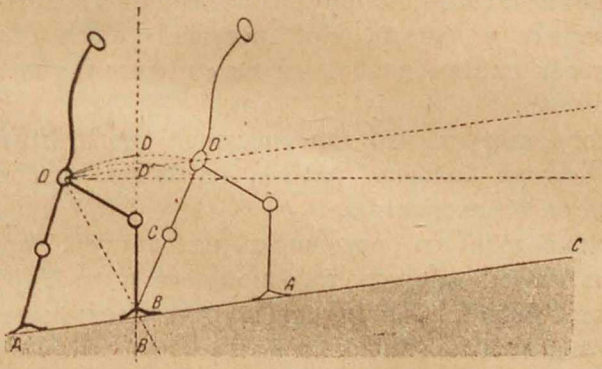



Рис. 132.

стояние $DD^1$, равное амплитуде качания тела, увеличенной благодаря наклону плоскости. Таким образом восхождение по наклонной плоскости равно сумме ходьбы по плоскости и поднятия по лестнице. Двойная опора здесь удлинена; в несущей ноге напряжены и работают четырехглавые и задние мышцы бедра; мышцы икр работают, производя перемещение находящейся сзади ноги. Наконец, наклонение тела здесь производит бо́льшее статическое усилие, чем при поднимании по лестнице, равной по вышине покатости. Не будет поэтому странным, что расход энергии, при восхождении по наклонной плоскости, будет более велик, чем расход при ходьбе по плоскости, увеличенной на таковую же работы поднятия.

§ 268. **Ходьба при спуске.**—При медленном спуске по лестнице держат тело прямым; несущая нога согнута, тогда как другая вытянута; последняя в свою очередь, становясь на нижнюю ступеньку, делается «несущей» ногой, сгибаясь, чтобы поддержать падение качающейся ноги. Таким образом, при спуске, нижние конечности будут попеременно согнутыми. Руки очень мало колеблются; рука, соответствующая спу-

скающейся ноге, выносится немного вперед; при этом мышцы икр (трицепс и солеус), действие коих направлено против тяжести, превращают движение с ускорением в равномерное движение.

При быстром спуске тело наклоняется вперед для того, чтобы центр тяжести был впереди, и, следовательно, произошло бы быстрое падение: степень сгибания и мышечная работа «несущей» ноги уменьшаются; качания рук почти совсем исчезают (подобно тому как падающий с высоты маятник не производит качаний). Но «несущая» нога сгибается в момент перед постановкой ноги на ступеньку, уменьшая тем самым толчок.

Из этого следует, что для «несущей» ноги выпадает при быстром спуске большая работа, но общая работа мышц уменьшается со скоростью.

При переходе со ступеньки на другую, приходится сохранять равновесие тела на одной ноге; с этой трудностью встречаются дети и люди, нагруженные тяжестью; те и другие стараются делать маленькие шаги и уменьшить таким образом большие качания центра тяжести. Перенос тяжестей по лестницам требует низких ступенек (от 7 до 10 м. высоты, вместо 15 или 20, как обычно) и тем более, чем ниже человек ростом. Иначе степень сгибания в колене будет такова, что спуск приведет к быстрой усталости. Спуск по наклонной плоскости не точно подобен только что описанному. Чтобы сохранить ту же длину шага, *тело* наклоняется вперед, *не укорачивая шага*. Нога, находящаяся впереди, разогнута, задняя же согнута и тем более, чем более пологата плоскость; сгибание необходимо для большей устойчивости и противодействия тяжести; ноги опираются всей поверхностью ступни. Продвигание обеспечивается тангенциальной составляющей тяжести, которая имеет величину пропорциональную наклону.

Мышечная работа при таком заторможенном спуске гораздо больше, чем при ходьбе по плоскости горизонтальной; качания центра тяжести тем больше, чем больше сгибание ног, зависящее в свою очередь от величины наклона плоскости. Наибольшая часть работы в разбираемой форме движения падает на четырехглавую мышцу бедра.

Реомюр и де-Меран заметили, что при поднятии делают большие шаги, чем при спуске. Они объясняют это так:

в первом случае «несущая» нога вытянута и устает мало, тогда как при спуске она согнута и сильно устает; а это заставляет спускающихся делать маленькие шаги, быстро меняя ноги.

**§ 269.** 2) **Бег.**—Характерной чертой для бега будет не столько его быстрый ритм, как исчезновение «двойной» опоры: ноги попеременно опираются о почву, но в этой смене есть период, когда тело висит в воздухе. Все фазы ходьбы, исключая того, что висение в воздухе заменяет «двойную» опору, встречаются в беге, но нижние конечности находятся всегда в более или менее согнутом положении, что повышает более или менее ритм.

Вообще нога, опирающаяся о землю, прикладывается к ней всей подошвой ступни (при быстром беге только носком); мышцы икр сокращаются и ноги отталкиваются от почвы резким ударом; затем следует ряд прыжков с одной ноги на другую. Фаза висения в воздухе увеличивается по мере увеличения скорости бега, время же опоры уменьшается; на нее идет время, необходимое только для удара носка о почву. От этого толчка происходит давление на почву; оно повышается со скоростью; вертикальная составляющая *V* (рис. 133) всегда положительна, тангенциальная составляющая *H* сначала отрицательна, затем положительна.

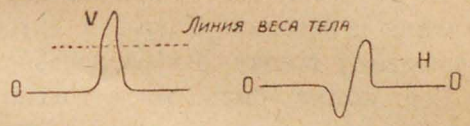



Рис. 133.

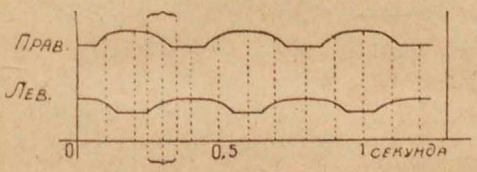



Рис. 134.

Наибольшая скорость, достигнутая при состязаниях в беге, равна 10 метрам в секунду (от 3 до 4 шагов в 3 или 2,5 метра). Продолжительность шага изменяется от 20 до 35 сотых секунды (при длине шага от 1,5 до 3,4 м.); это увеличение влечет за собой возрастание периода висения в воздухе; в среднем, он равен около 0,25 сек. вместе, для висения одной ноги, затем одновременно двух (рис. 134); одно двойное висение продолжается от 8 до 9 сотых секунды. В беге также происходят различные качания: голова описывает кривую с вогнутостью вниз, наиболее

низкая точка которой соответствует опоре ногой. На хронофотографических снимках видно, что вертикальное качание здесь меньше, чем при ходьбе. Туловище имеет боковые качания и производит легкие повороты, тем большие, чем короче ноги и чем больше таз (особенно у женщин).

Но, при возрастающей скорости бега, эти различные качания уменьшаются и тело пребывает, так сказать, постоянно на линии продвижения вперед; качания рук также уменьшаются с увеличением степени их сгибания в соответствии со скоростью.

Мышечная работа приходится на сгибатели ноги: мышцы бедра и седалищные, в общем, сокращаются во время начала качания и висения. Также и другие мышцы, сокращаясь, удерживают туловище в равновесии.

Бег может быть тогда только быстрым, если грудная клетка расширена и производит глубокие выдохи и вдыхания. Опыты показали, что нужно *бежать согнувшись*, для уменьшения утомляющих тело качаний и для покрытия больших расстояний.

**§ 270. Мышечная работа при беге.** Марей и Демени вычислили мышечную работу при беге (по расчету на 1 шаг) при разных скоростях. При нанесении на график их цифр, получается кривая, разобранная уже нами при ходьбе (рис. 135).

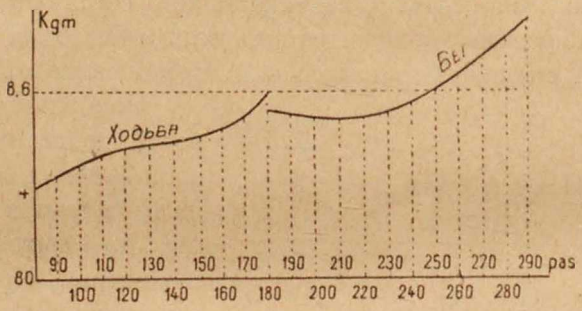



Рис. 135.

Кривая показывает, что бег наиболее экономичен при 220 шагах в минуту и менее экономичен, чем ходьба, даже при 160—170 шагов в минуту. Абсолютные величины, показываемые кривой, далеко не точны; они позволяют только видеть, почему бег предпочтительнее быстрой ходьбы. При очень быстрой ходьбе ноги испытывают очень болезненные

сотрясения, вследствие сильного разгибания. Шаг бега, напротив, производя сгибание нижних конечностей, делает возможным бо́льшую скорость продвижения вперед без наступления болезненных ощущений.

§ 271. 3) **Прыжок.** *Прыжок* есть движение, возникающее вследствие очень быстрого сокращения мышц, бросающего тело вверх и заставляющего его проходить некоторое расстояние взвешенным в воздухе. Тело обладает тогда громадною скоростью. Законы прыжка те же, что и законы движения брошенного тела. Условия его воспроизведения следующие:

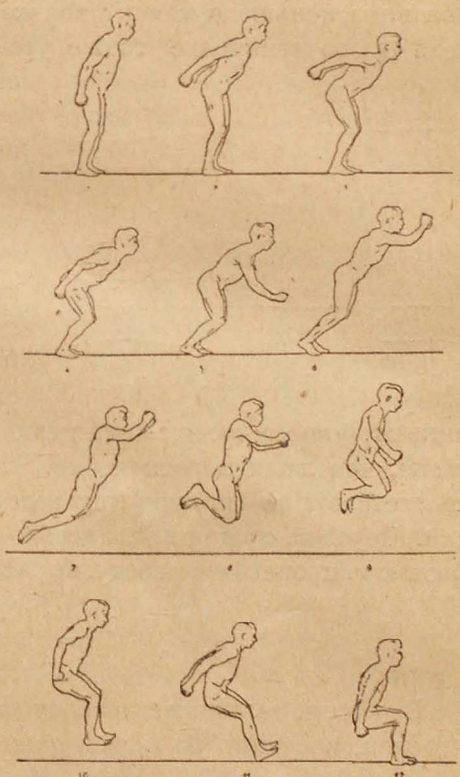


Рис. 136.

1) фаза *подготовки*, в которой туловище выносится вперед, ноги сгибаются и руки отводятся назад;

2) фаза толчка, производимая резким сокращением мышц икры (трицепс) и бедра (четырехглавой);

3) затем руки вытягиваются вперед, и тело развивает *количество энергии* $= MV$ (масса тела, умноженная на его скорость);

4) после того, как произошло *падение*, оно приходит в соприкосновение с почвой пятками;

5) до этого имеем фазу *висения* [1]).

Хронофотографии (рис 136), полученные Рише и Лонде, анализируют периоды этого движения; они показывают, что мышцы ослабляют толчок и подготовляют соприкосновение с почвой;

---

[1]) Особенно ясно эти фазы видны на киноленте, полученной выше, изображающей прыжок; при медленном пропускании ленты улавливаются многие детали, обычно незамечаемые. *Прим. ред.*

падение, ничем не смягченное, может причинить нервные потрясения.

Давление ног (рис. 137) более слабо в первом случае, чем во втором.

Прыжок одной ногой или однобокий более выгоден, чем прыжок двумя ногами, потому что при нем сила, направленная вниз, меньше в момент толчка; горизонтальная скорость тела в это мгновенье также уменьшается, после того как она уступает место скорости вертикальной, результирующей импульса.

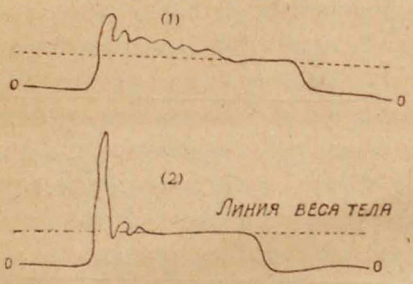


Рис. 137.

Мышцы ног и плеч, на которые падает работа при прыжке, очень развиты у прыгунов. Масса тела есть важнейший элемент при прыжке, так как вышина последнего обратна по величине этой массе; люди с длинными ногами, конечно, прыгают выше, чем люди коротконогие. Что касается оценки работы, соответствующей прыжку, она ведет к изменяющимся результатам. Человек, пущенный, подобно гранате, с начальной скоростью $v$, произведет работу, выраженную следующим образом:

$$\zeta_1 = \frac{1}{2} mv^2$$

В общем, мышечную работу прыжка трудно подсчитать; человек, весящий 65 кгм., покидает почву со скоростью 8 метров в сек.; откуда $\zeta_1 = \frac{1}{2} \times \frac{65}{9{,}81} \times 8 \times 8 = 212$ килограмм-метров.

Если к этому прибавить мышечное усилие для подготовительной фазы, необходимой для «толчка», то получим приблизительно 300 килограмм-метров. Бросаясь под углом в 45°, пробегают расстояние около 6,25 метров; след. получаем $6{,}25 \times 65 = 424$ метр-килограммов (не смешивать с килограмм-метрами!), и 300 килограмм-метров, что даст 0,77 килограмм-метра работы на метр-килограмм.

§ **272.** 4) **Взлезание.** При *взлезании* руки тянут тело кверху; локти более или менее согнуты; работают по преимуществу

сильные мышцы плеч, спины и большие грудные мышцы. Во всяком случае человек менее приспособлен к этому роду движения, чем, напр., обезьяны.

При взлезании принимает участие для замедления скольжения тела большой палец, особенно хорошо развитый у дикарей.

Как известно, руки не обладают такой же силой, как ноги, и потому взлезание очень утомительно; кроме того оно идет вразрез с анатомо-физиологическими данными человека.

§ 273. 5) **Ползание.** Мы подошли к последнему виду наземных движений—к ползанию, состоящему в ходьбе на коленях и руках. Оно применяется в терапии вследствие того, что оно вызывает многочисленные изгибы позвоночника. Ползание очень утомительно; оно не может быть рекомендовано ни при игре, ни при военных упражнениях; оно вызывает образование мозолей на местах, постоянно опирающихся о почву. В Индии, по словам очевидцев, дети, преследуемые волками, ползут с удивительной быстротой.

§ 274. **Движение в воде:** II. *Плавание человека.* Мы не даем деталей этого движения, потому что оно принадлежит более к спортивным видам движения, чем к профессиональным. Влияние среды—воды здесь имеет большое значение и мышечная работа пловца здесь велика. Последний держится на поверхности воды, плотность которой близка к его собственной; так как центр его тяжести ближе к его спине, чем к животу, он переворачивается на спину, помогая себе движениями рук и втягиванием воздуха в легкие. Если выставить совсем голову из воды, то тело погружается, ноги касаются дна и пловец принимает наклонное положение.

Есть два способа неподвижно лежать в воде: первый—на коленях и пальцах, голову погрузив в воду; второй—на спине, голову откинув назад. Чтобы сообщить телу поступательное движение, ноги сгибаются, затем разгибаются и вода отталкивается подошвами ступней; руки при этом разрезают воду, а кисти с ладонями служат в качестве весел.

Работа мышц при плавании очень значительна, и расход энергии повышается благодаря отдаче большого количества тепла окружающей воде, имеющей более низкую температуру.

Знаменитый пловец Бургесс, переплывший Ла-Маншский канал, употребил 23 ч. 40 мин. для расстояния в 36,2 кило-

метров (1,53 километра в час), но при этом ему приходилось лавировать. Жоанвиль-ле-Пон пятью годами раньше сделал 44 километра в 24 часа (1,86 километра в час). При средней скорости в 1,8 километра, и против течения в 2 метра, работа в час равна:

$$73 \times 0{,}035 \times 2{,}50^2 \times 1{,}800 = 28{,}734 \text{ килограмм-метра.}$$

**§ 275. Расход энергии при передвижении человека. Ходьба.** Измерения энергетического расхода состоят в оценке в калориях кислорода, поглощенного идущим человеком, и динамическим расходом будет избыток этого поглощения кислорода над таковым же при покое. Цунц блестяще провел это изучение, и его книга представляет собою результаты измерений энергетического расхода у наиболее рослых солдат. Его опыты были сделаны над пятью субъектами от 1,7 метр. до 1,81 м. роста и от 65 до 80 кгм. весом. Мы выбрали субъекта, весящего 65 кгм., ростом 1,69 метр. и с длиной ноги=0,86 метра.

При скорости от 4,588 метров в час его динамический расход был = 0,574 куб. см. $0_2$ на кгм. его веса и пройденный путь (единица, называемая нами «метр-килограмм», это немного более, чем $^1/_2$ малой калории). Из всех опытов Цунц вывел среднюю 0,518 куб. см. на метр-килограмм при часовой скорости, равной приблизительно 4.500 метров; Амар получил при тех же условиях 0,506.

Скорость значительно изменяет расход энергии. Между 2,9 и 8,9 километра в час. она изменяется от 0,4 куб. см. до 0,9 куб. см. (1 куб. сантиметр); минимум встречается при скорости в 4.500 метров; это для человека не нагруженного, при экономной ходьбе.

Сделаем следующее вычисление: если человек в 65 кгм. весом идет со скоростью 5,14 километра в час, он расходует 0,56 куб. см. кислорода на метр-килограмм; следовательно:

$0{,}56 \times 65 \times 0{,}78 = 28{,}392$ куб. см. на шаг в 0,78 м.; эти условия такие же, что и у субъекта Брауна и Фишера, мышечная работа которого была оценена в 6 килограмм-метров. Оценивая также и расход энергии в килограмм-метрах, мы получим производительность $\frac{6}{28{,}392 \times 0{,}425} = 49\ \%$.

Эта слишком большая цифра для коэффициента производительности заставляет нас отнестись с сомнением к вер-

ности всех вычислений, основанных на подсчетах мышечной работы в передвижении.

Мы поэтому основываемся исключительно на расходе кислорода: человек без нагрузки поглощает от 0,5 до 0,6 куб. см. кислорода на метр-килограмм при нормальных скоростях от 4 до 6 километров в час; наиболее экономичная скорость будет равна 4,5 километра в час.

§ 276. Предыдущие опыты дают довольно однородные результаты и могут быть приняты с доверием; ошибка, вероятно, будет достигать 2% в обозначенных величинах.

Цунц заставлял своих субъектов проходить различные расстояния в 8 или 10 мин.; нужно заметить, что во всех этих опытах человек нес на плечах газовый счетчик, имеющий приспособление для взятия пробы выдыхаемого воздуха.

Амар помещал счетчик в ранец, когда нужна была долгая ходьба, но большей частью обходятся без этого и человек проходит дорожку в 11 метров длины столько раз, сколько нужно для 3-хминутного дыхания. Газообмен же измеряется счетчиком, поставленным на столе; при этом аппарат имеет двойное приспособление, позволяющее брать пробы газа при покое и при ходьбе.

§ 277. Ходьба с тяжестью. Для нагруженного тяжестью человека расход энергии увеличивается. При скорости в 4,5 километра и с тяжестью в 7,3 кгм., общее повышение было около $^1/_5$; по отношению же к метр-килограмму оно изменяется в зависимости от тяжести и скорости. Исследуя грузы от 11 до 53 кгм. и скорости от 3,000 до 6.600 метров, мы получим следующую таблицу (по Кольмеру и Брезину), дающую расход на метр-килограмм:

| Часовая скорость. | Вес субъекта + тяжесть. | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 70 кгм. без нагрузки. | 70 + 11 | 70 + 21 | 70 + 33 | 70 + 43 | 70 + 53 |
| 3.000 | 0,486 cal. | 0,463 cal. | 0,490 cal. | 0,485 cal. | 0,542 cal. | 0,547 cal. |
| 3.600 | 0,508 „ | 0,466 „ | 0,497 „ | 0,484 „ | 0,545 „ | „ „ |
| 4.200 | 0,508 „ | 0,464 „ | **0,454** „ | 0,506 „ | 0,575 „ | 0,673 „ |
| 4.800 | 0,517 „ | 0,474 „ | 0,498 „ | 0,523 „ | 0,600 „ | „ „ |
| 5.400 | 0,537 „ | 0,531 „ | 0,534 „ | 0,575 „ | 0,690 „ | 0,695 „ |
| 6.000 | 0,566 „ | 0,602 „ | 0,605 „ | 0,651 „ | 0,842 „ | „ „ |
| 6.600 | 0,653 „ | 0,688 „ | 0,724 „ | 0,773 „ | „ „ | „ „ |

расход на метр-килограмм.

Наиболее экономичной будет по этой таблице тяжесть в 21 кгм. при часовой скорости в 4,2 километра. Но задача

| Число метр-килограмм в минуту. | Вес субъекта + тяжесть. | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 70 кило без нагрузки. | 70 + 11 | 70 + 21 | 70 + 33 | 70 + 43 | 70 + 53 |
| 4.000 | 0,4999 cal. | 0,463 cal. | 0,4332 cal. | 0,4690 cal. | 0,4957 cal. | 0,7995 cal. |
| 5.000 | 0,4978 „ | 0,4323 „ | 0,5106 „ | 0,5332 „ | 0,5331 „ | „ |
| 6.000 | 0,5093 „ | 0,4469 „ | 0,4618 „ | 0,4440 „ | 0,5560 „ | 0,5340 „ |
| .000 | 0,5640 „ | 0,4990 „ | 0,4757 „ | 0,4920 „ | 0,5465 „ | „ |
| 8.000 | 0,6901 „ | 0,5913 „ | 0,5436 „ | 0,5485 „ | 0,5825 „ | „ |
| 9.000 | 0,7867 „ | 0,6814 „ | 0,5576 „ | 0,4981 „ | 0,5526 „ | 0,5665 „ |
| 10.000 | 0,8652 „ | 0,8804 „ | 0,7252 „ | 0,6060 „ | 0,6959 „ | „ „ |
| 11.000 | „ „ | 0,9185 „ | 0,8717 „ | 0,7012 „ | 0,7995 „ | 0,6907 „ |
| 12.000 | „ „ | „ „ | „ „ | 0,8181 „ | „ „ | 0,7105 „ |

расход на метр-килограмм.

индустрии состоит в том, чтобы найти наибольшую работу в рабочий день при одной и той же усталости. Мы оцениваем эту усталость по расходу энергии. Рассмотрим также таблицу, дающую возможность видеть расход энергии у человека, делающего от 4.000 до 12.000 метр-килограммов в минуту при изменении скорости и тяжести. Хотим мы, например, перенести тяжесть в 43 кгм. По таблице видно, что наиболее экономично будет перенести эту тяжесть, делая 4.000 метр-килограммов в минуту, что соответствует небольшой скорости в

$$\frac{4.000}{70+43} \times 60 \text{ мин.} = 2.124 \text{ метров в час.}$$

Но если, наоборот, необходимо произвести наибольшее напряжение, то для 10.000 метр-килограммов в минуту выбираем тяжесть в 33 кгм.; тогда часовая скорость будет:

$$\frac{10.000}{70+33} \times 60 = 5.825 \text{ метров в час.}$$

Для 11.000 метр-килограммов тяжесть увеличивается до 53 кгм. при скорости равной

$$\frac{11.000}{70+53} \times 60 = 5.366 \text{ метров в час.}$$

Это и есть максимальнейшая работа.

Из всех этих цифр следует, что для развития наибольшего напряжения следует итти с тяжестью в 53 кгм. со скоростью в 5,336 километра в час; при тяжести в 33 кгм. можно итти при той же усталости уже со скоростью в 5,8 километра в час.

§ 273. В постановке этих интересных опытов, однако, есть недостаток: измерение расхода энергии продолжается слишком короткое время, две или три секунды.

| Вес человека + тяжесть. | Часовая скорость. | Общий пробег. | Расход на килограмм-метр. | Время наблюдений. |
|---|---|---|---|---|
| 67,0 + 45кгм. | 4.320 метр. | 24.300 м. | 0,301 с. | август 1908 г. |
| 67,0 + 45 „ | 4.824 „ | 13.568 „ | 0,402 „ | „ „ |
| 66,2 + 45 „ | 4.320 „ | 21.430 „ | 0,305 „ | декабрь „ |
| 64,7 + 45 „ | 4.320 „ | 17.850 „ | 0,297 „ | январь „ |
| 69,4 + 45 „ | 4.824 „ | 18.380 „ | 0,329 „ | „ „ |
| 69,0 + 45 „ | 5.400 „ | 25.930 „ | 0,309 „ | сентябрь „ |
| 71,0 + 45 „ | 4.824 „ | 12.060 „ | 0,267 „ | май „ |
| 71,4 + 45 „ | 4.824 „ | 29.980 „ | 0,289 „ | декабрь (превосходок) |
| 71,0 + 45 „ | 4.824 „ | 25.930 „ | 0,345 „ | сентябрь (превосходок) |
| 71,5 + 45 „ | 4.320 „ | 22.311 „ | 0,277 „ | „ „ |
| 78,0 + 45 „ | 5.400 „ | 21.450 „ | 0,302 „ | январь „ |
| 59,0 + 45 „ | 4.824 „ | 18.900 „ | 0,285 „ | май „ |
| 72,6 + 60 „ | 4.824 „ | 21.146 „ | 0,324 „ | ноябрь „ |
| 74,5 + 60 „ | 4.320 „ | 19.055 „ | 0,335 „ | август „ |
| 75,1 + 60 „ | 4.320 „ | 16.540 „ | 0,310 „ | сентябрь „ |

Мы дополняем эти данные измерениями переноски тяжестей хорошо тренированными людьми, проходившими несколько километров в день в продолжение семи-восьми часов

ежедневно; при этом отдыхи были или от 2 до 5 мин. после каждого километра, или одну-две минуты после 600 метров; одним словом, работы были наивозможно свободными и добровольными. Таблица показывает полученные результаты, относящиеся к наибольшей и наиболее экономичной производительности рабочего, занятого $8^1/_2$ часов в день.

Средний расход энергии в куб. см. поглощенного кислорода, как показывают цифры таблицы, будет равен 0,311 при скорости от 4.000 до 5.000 метров в час.

Нужно заметить, что объектами для изучения ходьбы с тяжестями были люди привычные к переносу тяжестей— хлебопашцы и пастухи Северной Африки, пользовавшиеся «пригибным маршем». Их тренированность известна на примерах почтальонов и курьеров, пробегающих сотни километров хорошим ходом при затрате мышечной работы сравнительно меньшей, чем наша.

Из таблицы ясно, что скорость не должна превышать 5.000 метров в час при переносе больших тяжестей.

«Таким образом человек весом в 71 кгм., идя с тяжестью в 60 кгм. на плечах, при часовой скорости в 4.824 метра, проходил в день 22,311 километра. При скорости же в 5.400 метров в час с той же тяжестью он проходил только 12,140 километра в день, т.-е. половину. Наибольшее расстояние получалось при скорости в 4.824 метра с тяжестью в 45 кгм. Опыты продолжались без усталости и жалоб со стороны испытуемых в течение 8—10 дней последовательно для каждого».

Наибольшая дневная работа равна:

$$(71 + 45)\ 25.930 = 3.007.880 \text{ метр-килограммов.}$$

Это, несомненно, наибольший возможный результат.

**§ 279. Наблюдения и метод Кулона.** Кулон первый определил наибольшую работу человека, переносившего тяжести; он отмечал уменьшение работы в день с увеличением тяжести при нормальной скорости субъекта.

Прилагая к этим результатам вычисление вариаций, он получил: из тяжести в 62,3 килограмма и общего пройденного пути 17,320 километров для человека, весом в 70 кгм. работу: $17.320\ (70 + 62{,}3) = 2.291.436$ метр-килограммов

Работа, полученная Кулоном, слишком мала, но, конечно, нельзя подозревать знаменитого физика в неправильных вычислениях; но тяжесть в 62,3 кгм. слишком велика и утомительна для получения наибольшей работы. Тогда еще не было понятия об оптимальной скорости и тяжести, введенных позже французским физиологом Шово.

**§ 280. Переноска чугунных болванок.** Приступаем теперь к описанию опытов, произведенных американским инженером Фредериком Тэйлором над переноской чугунных болванок— наиболее примитивной работой. Рабочий должен был нагнуться, взять болванку чугуна весом в 42 кгм. и переставить на несколько шагов далее. 80.000 тонн были сложены в стопы вдоль железной дороги. Рабочие брали болванки по одной, на тачку поднимались по наклонной плоскости и складывали их в вагон.

В Вифлеэмовской стальной компании каждый работник нагружал 12,5 тонн в день; Тэйлор увеличил это число до 47 тонн, уменьшив бесполезные движения и найдя оптимальную скорость; последняя им была найдена еще во время службы в Мидвалевской стальной компании в качестве заведующего мастерской. Изучение производилось им следующим образом: «выбирались двое бодрых, способных и сильных рабочих, получавших двойную плату за время опытов: работа время от времени контролировалась и происходила в наилучших условиях».

Метод, употреблявшийся Тэйлором, был заимствован им у Кулона и Шово.

Побуждаемые таким образом и контролируемые рабочие исполняли заданные им работы, при чем *каждое движение* записывалось и отмечалось время, необходимое для его совершения. Найдено было, что человек может развить в день от $^1/_8$ до $^1/_2$ лошадиной силы, т.-е. от 34.000 до 140.000 килограмм-метров; точного отношения между произведенной работой и появлением усталости нет, и большое значение имеет самый выбор рабочих, т.-е. их индивидуальная трудоспособность.

Позднее опыты были повторены много раз, и все многочисленные данные этих опытов были обработаны математиком М. Бартом, выведшим из них закон отношения между работой и усталостью (работа состояла в перетаскивании

тяжести, давлении на предмет, оказывавший сопротивление и т. д.). Прежде всего он нашел, что человек должен быть нагружен точно определенное время, а именно 43% всего рабочего дня при переноске чугунных болванок; остальные же 57% его он должен оставаться с пустыми руками[1]).

Можно быть нагруженным и 58% дня, если переносимые болванки будут иметь вес только 22 кгм. Наконец, существует «предельная» тяжесть, которую человек может переносить «беспрерывно» весь рабочий день.

Эти факты, полученные Бартом и Тэйлором, в той части, которая касается расхода энергии, вполне согласуются с данными опытов Шово и его учеников. Одни и другие взаимно подкрепляют и дополняют друг друга. Но ясно, что американский ученый больше был вдохновлен идеями Кулона, чем Шово.

Он заметил, что «статическое усилие» утомляет мышцы, и должен был прибавить в работе промежутки отдыха, но он не изучал «общую формулу», данную позднее Шово. Тэйлору удалось, наблюдая продолжительность движений, уменьшить число «бесполезных» движений, увеличив тем самым нагрузку до 47 тонн вместо 12,5 на человека в день. Работа представляла нагрузку в вагон 1.156 болванок весом в 41,4 кгм. каждая, и продолжалась 252 минуты при продолжительности дня в 600 минут, т.-е. на одну болванку приходилось 13,2 секунды.

Человек шел по ровной поверхности со скоростью 0,83 метра в секунду (3 километра в час) и проходил 11 метров для того, чтобы дойти до вагона, т.-е. в день, 26 километров, половину которых он шел, неся чугунную болванку.

Этот результат сходен с нашим: при носке тяжестей от 45 до 50 кгм. при общем проходимом за день расстоянии в 30 километров; скорость была 1,34 метра. Небольшое расстояние в опытах Тэйлора (11 метров) заставляло рабочих замедлять их ход, в то время как некоторые могли при скорости в 0,83 метра перенести в день до 58 тонн.

Наибольшее количество метр-килограммов в день с рабочим в 75 кгм. весом будет:

(75 + 44,4). 13.000 = 1.513.200 метр-килограммов (с тяжестью)
75. 13.000 = 975.000 при возвращении

Итого — 2.488 200 метр-килограммов.

[1]) Эти цифры и выводы Тэйлора оспариваются другими авторами. *Прим. ред.*

Этот результат вдвойне интересен; он прежде всего показывает, что человек может повысить свою работу, регулируя скорость и усилие и имея определенные промежутки отдыха, но он также и показывает недостаток опытных методов, состоящих, в данном случае, в том, что приходится основываться на работе «образцового» рабочего.

Нужно также заметить, что переносу тяжестей предшествует их поднятие до пояса, что они затем помещаются в вагон, к которому ведет маленькая наклонная плоскость и что, наконец, рабочий многократно возвращался с пустыми руками. В общем все эти условия отличаются от таковых же при простом отдыхе для восстановления сил.

Таким образом метод Тэйлора, основанный на точном рассчете времени движений, не может считаться физиологически обоснованным. *Он полезен, но не совершенен*

§ 281. **Различные наблюдения.** Амонтон наблюдал у носильщиков *корзин* следующее: вес корзины был равен 14,7 кгм.; расстояние, проходимое ими, было равно 721 метру; люди делали 22 перехода в день, что и составляло их задание. Следовательно, имеем:

$721 \times 22 = 15.862$ метра с тяжестью и столько же порожняком, то-есть:

$15.862\ (70 + 14{,}7) + 15.862 \times 70 = 2.453.851$ метр-килограмм — число, близкое к числу, полученному Тэйлором; а здесь еще тяжесть и скорость недостаточны и плохо скомбинированы.

Различные другие наблюдения над носильщиками и разносчиками дают 4.430.000, 2.257.200 и 2.280.000 метр-килограммов, при тяжести в 85,5 и 44 кгм.

Французский солдат может сделать нормально 30 километров с тяжестью в среднем в 30 килограммов, т.-е.:

$(70 + 30)\ 30.000 = 3.000.000$ метр-килограммов.

В некоторых случаях этот результат повышается. Скорость в общем около 5.500 метров в час.

По свидетельству военного писателя Вегеса, римский солдат мог пройти 36 километров с тяжестью в 29 килограммов.

§ 282. **Шаг на месте.** В пехоте часто употребляется так называемый «шаг на месте» как упражнение, почти заменяющее отдых. В действительности, не делая движений вперед, человек проделывает здесь все качания, характеризующие обыкновенную ходьбу.

Представим, что боковые качания тела сведены к нулю и движутся только ноги, делая «*n*» сгибаний и разгибаний

в минуту. Аппараты для измерения поглощения кислорода и дыхательный клапан помещаются на неподвижной подставке; исследуемый субъект помещается на тяжелой доске с прикрепленными к ней двумя ремнями, совсем около пяток; ремни прикрепляются в свою очередь к кольцам, охватывающим лодыжки, и ограничивают вертикальный подъем голеней.

Человек весом в 65 килограммов поглощает при каждом шаге:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Количество поглощаемого кислорода в кб. с. . . . . | 2.250 | 2.521 | 2.708 | 2.911 | 3.115 |
| Число сгибаний . . . . | 76 | 85 | 94 | 103 | 113 |

Расход вычисляется из формулы

$$d = an + b,$$

где $a$ и $b$ суть две постоянные: $a = 0{,}02$ куб. см.; $b = 0{,}83$ куб. см. Вычисляем из означенных чисел сгибаний и разгибаний тепловые эквиваленты в калориях: 0,16 кал.; 0,178 кал.; 0,191 кал., 0,206 кал. и 0,220 калорий на один шаг и килограмм веса. Таким образом «шаг на месте» поглощает около половины расхода шага при ходьбе с продвижением вперед, и он тем более труден, чем быстрее ритм и чем больше вышина подъема ног; в рассмотренном примере эта вышина равнялась 0,13 метра (она не такова при ходьбе): *шаг на месте противоречит всем законам экономики движений.*

§ 283. **Заключение по поводу ходьбы на ровном месте.** Результат, достигнутый Тэйлором в опытах над переноской грузов, является максимумом для *среднего* рабочего: при расстоянии в 26 километров, из коих 13 пройдено с грузом в 42 килограмма, при скорости 3 километра в час затрачено итого, в среднем, 2.500.000 метр-килограммов в день; это составляет динамическую затрату ровно в 1.348 больших калорий. На килограмм веса человека в час приходится около $\frac{1.348}{75 \times 24} = 0{,}75$ бол. калорий.

Таков, фактически, наивысший коэффициент утилизации мышечной энергии человека. Особая ценность этого вывода заключается в том, что значение его не зависит от различных случайностей в физиологическом состоянии объекта (Цунц, Тэйлор, Амар); конечно, число ударов пульса повышается на 30—50%, но это не вызывает никаких ненормальных

явлений, если только организм не предрасположен к наруше ниям сердечной деятельности. Продолжительность систолы также увеличивается на $^1/_5$—$^1/_4$, в то время как продолжи тельность диастолы сокращается на $^1/_3$, даже иногда на $^1/_2$;

$$\text{отношение } \frac{\text{диастола}}{\text{систола}} \text{ приближается к 1,5.}$$

Ритм дыхания учащается: вместо 16 (состояние покоя) он доходит до 19, 23 и 25, в зависимости от нагрузки.

Жизненная емкость понижается в соответствии со значительностью нагрузки, но точной зависимости здесь установить нельзя. Температура тела испытывает весьма слабые колебания в $^1/_4$—$^1/_2{}^0$. Наконец, как известно, Цунц показал, что упражнения в ходьбе увеличивают мышечную силу рук, измеряемую на эргографе Моссо, равно как и рефлекторную чувствительность, т.-е. человек быстрее реагирует на возбуждение.

Таковы условия нормальной работы; приблизиться к ним можно лишь путем увеличения скорости ходьбы при нагрузке, не превышающей 45 килограммов, и путем укорачивания времени каждого отдыха, с увеличением вместе с тем общего числа передышек. Подобранные Тэйлором рабочие, ходившие таким образом со скоростью в 5 километров в час, могли нагружать 58 тонн за день, что в сумме составляет работу приблизительно в 3.000.000 метр-килограммов.

**§ 284. Ходьба при подъеме.**—Работа мышц при подъеме человека на лестницу равна произведению $P \times h$ (вес тела на высоту подъема). Такой приблизительный подсчет позволяет пренебречь величиной горизонтального смещения, имеющего при этом место. Катценштейн, предпринявший первые точные измерения над затратой энергии при восхождении, получил 8 малых калорий на килограмм-метр. Шово показал, что подъем с полной нагрузкой влечет за собой повышение затраты на килограмм-метр; ускоренный шаг ее понижает; таким образом она обычно колеблется между 12 и 9 калориями. Следует, впрочем, указать на чрезмерную кратковременность опытов Шово.

Цунц и Шумбург, равно как Френтцель и Рич, получили в среднем 7,5 калорий. В измерениях Лоланье затрата на протяжении 75 секунд колебалась, в зависимости от нагрузки, между 9,6 и 15 калориями.

Исследования упомянутых авторов либо производились при нагрузках в 10—30 килограммов, либо ограничивались скоростями в 0,04—0,07 метров в секунду, либо, наконец, длились лишь несколько минут (напр., Шово, Лоланье). Мы в наших опытах стремились установить условие для длительной работы: «Люди поднимались и опускались по лестнице с вышиной ступеней, не превосходящей 0,16 метра и очень крутым наклоном. Нагрузка колебалась между 40 и 60 кгм.; с этой целью применялись наполненные чечевицей или бобами мешки, которые люди несли или на плечах или выше, опирая на затылок. Скорость движения *была предоставлена их усмотрению*, но я следил за тем, чтобы, раз установив ее, они сохраняли скорость неизменной до конца работы. Длительность каждой передышки равнялась 2—3 минутам». В среднем наблюдалась скорость от 0,07 до 0,10 метров в секунду; работа длилась от одного до пяти часов, и исследуемые субъекты, хорошие рабочие, сильные и тренированные, в возрасте 20—40 лет, старались во всю.

Прилагаемая таблица суммирует наши наблюдения:

| Вес человека + нагрузка. | Высота подъема. | Число экскурсий. | Общее время работы. | Затрата на килограмм-метр. |
|---|---|---|---|---|
| 80,2 + 45 кгм. | 4,25 м. | 128 | 4 ч. 30 м. | 5,00 м. кал. |
| 74,5 + 45 „ | 4,25 „ | 134 | 4 „ 30 „ | 5,20 „ |
| 74,5 + 40 „ | 4,80 „ | 46 | 1 „ 00 „ | 5,70 „ |
| 71,3 + 45 „ | 4,25 „ | 141 | 5 „ 00 „ | 6,10 „ |
| 56,6 + 40 „ | 4,80 „ | 45 | 1 „ 00 „ | 6,60 „ |
| 67,7 + 50 „ | 3,78 „ | 158 | 4 „ 00 „ | 8,30 „ |
| 70,5 + 50 „ | 3,78 „ | 124 | 4 „ 30 „ | 8,40 „ |
| 61,3 + 40 „ | 3,78 „ | 52 | 1 „ 25 „ | 9,50 „ |
| 60,4 + 50 „ | 4,80 „ | 112 | 4 „ 00 „ | 9,50 „ |
| 69,2 + 50 „ | 3,78 „ | 50 | 1 „ 30 „ | 9,60 „ |
| 68,0 + 50 „ | 4,80 „ | 100 | 3 „ 00 „ | 10,20 „ |
| 62,7 + 50 „ | 3,78 „ | 105 | 3 „ 30 „ | 10,30 „ |
| 62,3 + 50 „ | 3,78 „ | 120 | 4 „ 00 „ | 10,30 „ |

средняя затрата на килограмм-метр 8,05 кал.

Разумеется, в каждой экскурсии вслед за подъемом на лестницу следовал спуск с нее, так как в последнем случае энергетическая затрата составляет $^{152}/_{100}$ простого восхождения; мы воспользуемся этим безусловно доказанным соотношением для исчисления работы при подъеме: она составит $^{100}/_{152}$ полной и непосредственно измеренной затраты энергии всей экскурсии.

Из результатов этих опытов видно, что число килограмм-метров колеблется от одинарного своего значения до двойного, в среднем равняясь 8 малым калориям. Для объяснения этих колебаний исчислим сумму работы каждого субъекта (при работе спуска равной 52% работы подъема), а также скорость в секундах, и сопоставим с затратой энергии. За редкими исключениями, увеличение количества работы и скорости влечет за собой уменьшение затраты на кгм-м.; увеличение, нагрузки, как показали опыты, не экономно. Что касается, наконец, людей, самостоятельно избиравших скорость ходьбы, то обнаруженная пестрота указывает на наличие персонального коэффициента; кроме того наблюдалось, что некоторые рабочие нагружали свою ношу несовершенным способом, раскачивая и встряхивая ее от времени до времени, с целью сохранить равновесие.

Принимая во внимание, что наибольшая продуктивность— 31.716 килограмм-метров в час—имеет место, при скорости 0,12 метр., у человека, весом около 57 кгм., нагруженного 40 килограммами, мы заключаем, что максимальная работа за восьмичасовой рабочий день составляет:

$$31.716 \times 8 = 253.728 \text{ килограмм-метров.}$$

Следовательно, в наиболее благоприятных условиях возможно выполнение дневной работы приблизительно в 250.000 килограмм-метров при динамической затрате в

$$250{,}000 \times 0{,}008 \text{ кал.} = 2.000 \text{ больших калорий.}$$

Во всяком случае опыт показал, что не следует переходить за 200.000 килограмм-метров в день при переноске больших тяжестей (в 50—60 килограммов).

§ 285. **Прежние наблюдения.** Наблюдения Борда на пике Тенерифе, Кулона, Хашетта, Навье представляют лишь исторический интерес. На опытах же Куанье следует несколько остановиться: управляя земляными работами в Венсене, этот офицер додумался до

подымания снастей по лестницам и спуска их при помощи системы уравновешенных площадок, на одной стороне которых помещались наполненные тачки. Производя таким образом 310 подъемов в день на высоту 13 метров со скоростью в 3,18 метр., он довел максимальную дневную производительность рабочего, весом в 70 кгм., до

$$70 \times 310 \times 13 = 282.000 \text{ килограмм-метров.}$$

При помощи своей системы ему удалось снять 55.000 кубических метров земли с экономией в 75%.

Условия были благоприятны: большая скорость и малая нагрузка (полезный вес равнялся нулю).

А вот неопубликованные еще результаты наших наблюдений, произведенные в 1910 и 1911 г.г.

1) 45-тилетний грузчик, весом в 85 кгм., поднимает 7 мешков дров по 50 кгм. на высоту 12,71 метр. (4-й этаж) со скоростью в 0,17 метр.; он совершает 12 подобных восхождений за день. Имеем

$(50 + 85)\ 12{,}71 \times 12 \times 7 = 144.131$ килограмм-метр при подъеме
$85 \times 12{,}71 \times 7 \times 12 \times {}^{32}/_{100} = 47.189$ „ при спуске.

Итого.....191.320 килограмм-метров.

2) Другой рабочий работал, лишь начиная с полудня, переносил 36 мешков по 50 кгм. на 7-й этаж здания Кассационного Суда вышиной в 22 метра; его скорость равна 0,12 метр. Отсюда:

$$(70 + 50) \times 22 \times 36 \times {}^{132}/_{100} = 144.461 \text{ килограмм-метров.}$$

Прибавляя сюда три утренних доставки, составлявших 42.126 килограмм-метров, и прогулку на расстоянии около 1,5 километра получаем сумму в 200,000 килограмм-метров.

§ 286. **Наклонная плоскость.** Условия ходьбы по наклонной плоскости до сих пор мало изучены, хотя составляют одну из интереснейших, с профессиональной точки зрения, проблем: на какую высоту может за день подняться человек? Каково влияние нагрузки, скорости и наклона поверхности?

Цунц и Шумбург изучали ходьбу по плоскости с наклоном в 0° 6'30" (другими словами, с повышением в 1,8909 миллим. на метр протяжения) и в 3° 44'15" (повышение 65,186 миллим. на метр), но в основе их метода лежало принципиально ошибочное положение, заключающееся в приравнивании ходьбы по наклонной плоскости к ходьбе по горизонтальной плоскости, увеличенной на высоту подъема, соответствующего наклону. Во всяком случае этот принцип (механический, но не физиологический) оправдывался в достаточной мере в их работах.

Затрата энергии при возвращениях (спуск по наклонной плоскости) не измерялась.

Помимо, вообще, трудности постановки подобного рода опытов, они требуют специальных приспособлений, как, напр., устройства сильно наклоненной, разбирающейся плоскости около 200 метров длиной, с изменяющейся по желанию крутизной уклона [1]).

Мы построили плоскость длиной около 12 метров и изменяли ее уклон от 8 до 13 сантиметров на метр протяжения, с целью изучить влияние большой крутизны.

Субъект ходил равномерно то по горизонтальной поверхности, то по наклонной; мы измеряли потребление кислорода как при подъеме, так и при спуске. Скорость равнялась 3,7 клм. в час, при ритме в 100 шагов; вес человека — 66 килограммов, нагрузка состояла из котомки весом в 7,3 килограмма.

Были получены следующие результаты:

| Уклон поверхности. | Вес человека + нагрузка. | Затрата на метр-килограмм. | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Поднятие. | Спуск. | Без уклона. |
| 0,08 метра | 66 кгм. | 1,00 м. кал. | 0,85 м. кал. | 0,41 м. кал. |
| | 66 + 7,3 | 1,50 „ „ | 1,13 „ „ | 0,49 „ „ |
| 0,13 „ | 66 кгм. | 1,80 м. кал. | 1,00 м. кал. | „ „ „ |
| | 66 + 7,3 | 2,20 „ „ | 0,84 „ „ | „ „ „ |

Следовательно, во время подъема затрата при данной нагрузке повышается пропорционально уклону. Вычитая затрату на метр-килограмм при горизонтальном продвижении, имеем:

1,00 кал.—0,41 кал.=0,59 кал. и 1,80 кал.—0,41 кал.=1,39 кал.

Отсюда следует, что на подъем одного килограмма на 8 см. на работу в 0,08 кгм.-м. затрачивается 0,59 м. кал. а один килограмм-метр требует затраты, приблизительно, 7,40 калорий в одном случае и $\frac{1,39}{0,13} = 10,69$ калорий в другом. Ясно, что затрата энергии, при изменении крутизны от 8 до 13 см. на метр не совпадает с исчисленным путем простого суммирования зна-

[1]) Американские исследователи пользуются для этой цели бесконечным полотном, перекинутым через 2 колеса, как это имеет место в тракторах; полотно это движется в сторону противоположную движению идущего человека; угол наклона и скорость движения полотна могут меняться. Установка сложная и дорогая, но универсальная для изучения ходьбы. *Прим. уед.*

чением: горизонтальная плоскость + подъем; к этому же выводу мы пришли и теоретическим путем.

*Спуск* также относится к числу сложных явлений; затрата энергии несколько возрастает с покатостью почвы; с нагрузкой она увеличивается при уклоне в 8 см., но уменьшается при уклоне в 13 см. (!). Вычислим цифры для вертикального спуска.

В одном случае имеем:

$$\frac{0{,}85 - 0{,}41}{0{,}08} = 5{,}50 \text{ мал. калорий на килограмм-метр.}$$

В другом случае:

$$\frac{1{,}00 - 0{,}41}{0{,}13} = 4{,}53 \text{ мал. кал. на килограмм-метр.}$$

Если проделать подобный опыт с человеком, сильно нагруженным, то уменьшение будет еще более резким. Здесь мы имеем дело, очевидно, с экономичной ходьбой, весьма неясной разновидностью движения, ждущей еще своего детального изучения. В настоящее же время представляется очевидным, что переносить тяжести следует, спускаясь по наклонной плоскости, а подъемы совершать без груза, при этом уклон установить следует довольно крутой, равный приблизительно 13 см. на метр. Обозначая через $L$ — расстояние, проходимое по горизонтали, через $i$ — наклон в сотых долях, можно вычислить приблизительное значение $L^1$ — расстояния, пройденного по наклонной плоскости, имеем:

При восхождении:

$$L^1 = \frac{L}{1 + 16i}$$

При спуске:

$$L^1 = \frac{L}{1 + 10i}$$

§ 287. **Ходьба при спуске.** Ряд очень согласованных опытов позволил Шово установить, что работа, затраченная на оказание сопротивления (при спуске), требует меньшего расхода энергии, чем работа, затрачиваемая на передвижение (восхождение). Точное отношение при этом — 52 : 100. Мы же только что убедились, что в случае наклонной плоскости это отношение равно $^{85}/_{100}$ для человека, спускающегося

без груза по уклону в 8 см. на метр; для человека нагруженного оно уменьшается, достигая $^{75}/_{100}$. Если уклон доходит до 13 см. на метр, наступает отношение, близкое к указанному Шово. Происходит как бы вертикальный спуск; но при нагрузке оно видимо уменьшается далее, вплоть до $^{38}/_{100}$.

**§ 288. Сопоставление ходьбы в горизонтальном и вертикальном направлениях.** Мы нашли, что обычная затрата на килограмм веса тела при продвижении по горизонтальной плоскости на 1 метр, равна 0,51 малой калории; при подъеме на лестницу она, в среднем, равна 8 калориям на килограмм-метр.; отсюда отношение между килограмм-метром и метр-килограммом равно

в среднем, $\frac{8}{0{,}51} = 16$.

Однако человек может затратить в день одно и то же количество энергии, затрачивая или 2.220.738 метр-килограммов, двигаясь по горизонтали, или 69.027 килограмм-метров, при поочередных подъемах и спусках по лестнице. Таким образом $^{152}/_{100}$ от 69.022 равноценны 2.220.738 метр-килограммам. Мы приходим, таким образом, к отношению, равному 20; субъект не избирал сам ни периодов работы и отдыха, ни скорости; он нес тяжесть в 45 килограммов.

Кулон, сопоставляя максимальное расстояние, которое может быть пройдено человеком за день, с количеством возможных за тот же срок подъемов, выводит отношение равное 18, а Хогтон, произведший столько любопытных изысканий по механике человеческого тела, установил коэффициент=20.

В огромном большинстве случаев надо принимать отношение 16 к 1 как наиболее близкое к истине,—это есть *отношение Кулона*. Не надо, однако, забывать, что оно может изменяться в зависимости от условий мышечной активности.

Исходя из этого, человек весом в 65 килограммов затрачивает 65 метр-килограммов, или $^{65}/_{16} = 4$ килограмм-метра на метр пути; отсюда следует, что шаг в 0,8 метра соответствует работе в $4 \times 0{,}8 = 3{,}2$ килограмм-метра —число, гораздо меньшее выведенного графическим путем. Этим приемом можно вычислить чистую производительность, как раз равную 32% при нормальной ходьбе.

## ГЛАВА III.

## Профессиональная работа; орудия производства.

**§ 289. Работа человека при помощи инструментов; обучение.** Вышеизложенные результаты не исчерпали вопроса: речь шла о градации двигательного усилия и скорости, а также о наблюдениях над некоторыми неправильностями в положении тела. Эти факторы работы сравнительно легко изолировать и изучить; они немногочисленны.

При работе человека с инструментами дефективные положения умножаются; тупость или неловкость обучаемого, положение тела по отношению к установке машин и инструментов, невызываемые характером работы колебания туловища, отсутствие планомерности в движениях членов, отсутствие постепенности в усилиях при исполнении работы, установление нужной скорости, ритма и промежутков отдыха. Если сюда прибавить личные качества рабочего, его рост, силу, степень его развития, в широком смысле этого слова, то этим исчерпываются, приблизительно, те переменные, которые мы будем квалифицировать, как *физиологические* [1]).

Но иногда набор инструментов характером своего устройства, своими качествами, подбором сильно отражается на продуктивности человека. Имеется, следовательно, известная совокупность элементов, которую также полезно хорошо изучить; это будут переменные *механические*.

Изучение совокупности механических и физиологических переменных и составляет науку об обучении, продукт лабораторий, но лабораторий, находящихся в постоянном соприкосновении с индустрией. Для того, чтобы человек, со всеми его физическими и моральными качествами, со всей его мышечной и интеллектуальной мощью, мог достигать максимальных результатов, нужно снабдить его всеми внешними и внутренними условиями, без которых этот максимум никогда не может быть достигнут. В частности, движения человека и инструмента требуют внимательного отношения: надо осуществлять экономию времени и усилий. Пример переноски тяжестей, основательно изученный Тэйлором, в этом

[1]) Все упомянутые здесь факторы в сильнейшей степени влияют на производительность труда; их систематическое изучение началось лишь в последние годы и уже дало весьма интересные и ценные данные. *Прим. ред.*

отношении весьма поучителен; он демонстрирует влияние нагрузки и надлежащей скорости на продуктивность рабочего. Но этот пример представляет собой упрощенный в некотором отношении случай. При желании достичь тщательной работы, необходимо было бы иметь в виду усилия рабочего, его собственные движения, дабы он не производил излишней затраты; учитывать его быстроту при выборе инструментов, чтобы, при равной утомляемости, он давал бы максимум работы; учету подлежат также промежутки отдыха, их распределение на протяжении рабочего дня в зависимости от часов еды. Как есть наука работы, так есть и искусство работы, искусство, при экономических благах, пышно расцветающее; на нем Тэйлор властно задержал внимание индустриального мира, потребителей и производителей. Но человеческая работа может достигнуть максимума исключительно при условии предоставления рабочему максимума благ.

Остановимся на технической стороне этих новых методов. Вопрос, в конце концов, сводится к подчинению движения, будь то работа человека или машины, нормам экономической затраты при максимуме продуктивности. Известно, что этой цели достигают быстрые движения, которые, делаясь автоматическими, много выигрывают в скорости и точности; но с нерациональными привычками должно бороться не менее, чем с излишними движениями. Из всех движений нужно удерживать лишь такие, целесообразность которых не подлежит сомнению. «Наука грядущей организации,— пишет Джильбрет,—требует, чтобы ремесла были преподаваемы по установленному каким-либо комитетом типу». Тэйлор выражается более категорично: «Мы видим, как исчезают леса, растрачиваются гидравлические силы, почва уносится наводнениями в море; грядет исчерпание мировых запасов угля и железа. Но труднее обнаружить, осязать и учесть ежедневную растрату человеческих усилий по неловкости, плохому приложению или неспособности, растрату, рассматриваемую бывшим президентом Соед. Штатов Рузвельтом, как понижение производительности нации. Легко себе дать отчет в материальных затратах, но с большим трудом поддаются учету те затраты, которые произошли в результате неспособности или неловкости людей».

По средней оценке, бесполезная работа поглощает треть того запаса энергии, которым располагает человек; другими словами, при методической организации, индустриальная производительность может быть приумножена на $^1/_3$; произойдет как бы соответствующее увеличение числа рабочих рук. Было бы возможно тогда увеличить и заработную плату до размеров, определяющих и способствующих социальному миру.

Анализ движений, классификация в порядке полезности, скорость, которую им следует придавать, сочетание их,—все это требует совершенно специальной компетенции, это—проблема кинематики. *Приемы графики и хронофотографии* позволяют установить траэкторию движущегося тела и закон, связывающий пройденное пространство с временем и скоростью или с временем и ускорением. Изучив, таким образом, на работе хорошего, ловкого и усердного рабочего, элементы каждого его движения, можно исключить все бесполезные движения и обучать рабочую молодежь лишь полезным движениям; их можно будет обучить, демонстрируя, напр., кинематографические ленты; для них придется согласовать науку и опыт; с той же целью потребуется ввести кадр инструкторов, которые тактично и с проницательностью должны будут бороться с рутиной и своими знаниями и опытом склонять симпатии на свою сторону; они должны будут показать и объяснить преимущества научного направления в работе. Будут привлечены экспериментаторы для анализа, а затем синтеза движений и для составления *карточки движений*. Тогда, наконец, для рабочего, от ученика до мастера, лабораторный ученый покинет свой заколдованный замок и перенесет на почву производства, в мастерскую, на завод, известный ему секрет волшебного инструмента, остававшегося тайной для первых наблюдателей, для которых человеческий механизм имел загадочное устройство, с постоянно уклоняющимися от законов механики расположением и функцией частей.

§ 290. **Исторический обзор профессиональной работы.** Научное изучение профессиональной работы начато было всего лет 20—25 тому назад. Древность не признавала за рабочими руками какого-либо закона, кроме закона рабства; это, впрочем, отнюдь не дает основания предполагать, что последний разумно использовался.

Механика должна была сложиться в науку о машинах, для того, чтобы подойти к изучению «первичного двигателя»—человека

Это было создано творениями Галилея (1561—1642). Гениальный исследователь установил принципы простых машин (рычага, наклонной плоскости и т. д.) и сопротивления материалов; из любопытства он применил их к одушевленным существам. Особенно пораженный явлением *усталости*, он думал, что нашел объяснение этого явления в том, что тяжелые тела имеют тенденцию перемещаться вниз, а не вверх. Следовательно, подъем на лестницу противоречит естественным законам и влечет за собой усталость. Но почему усталость появляется также при продолжительном спуске с лестницы? Здесь Галилею пришлось изменить свое объяснение и предположить, что мышцы утомляются потому, что передвигают не только свою собственную тяжесть, но также и тяжесть скелета, а иногда и всего тела; последнее имеет место при работе ног. Сердце же, наоборот, по его мнению, неутомимо, ибо оно приводит в движение лишь собственную массу.

В конце XVII века знаменитые физики и геометры: Совер, Филипп де-ла-Хир, Амонтон, расширили наблюдения над механикой человеческого тела. Де-ла-Хир экспериментальным путем показал, что *вес* рабочего есть условие его *физической силы* и способствует подъему больших тяжестей, напр., с помощью блока. Высшим пределом этих тяжестей должно было быть 65 килограммов. С другой стороны, тот же автор пришел к выводу, что для подъема тяжестей по веревке, у человека обнаруживается больше сил в стоячем положении, чем в сидячем. Наконец, он установил другой предел в 75 килограммов для человека, взваливающего груз на плечи и медленно двигающегося по ровной горизонтальной поверхности; и он заключил, что наилучшее использование сил происходит при подъеме по наклонной плоскости. В заключение он не советует применять рабочих для развития усилий тяги.

Амонтон специально интересовался исследованием мощности, заставляя совершать очень быстрые работы в очень короткий промежуток времени «до остановки дыхания»; как мы дальше увидим, он дал некоторые указания по поводу количества дневной работы.

Следует заметить, что, хотя большинство исследований состояло в исчислении статического элемента — *силы*, познанию работы также отводилось не меньшее место в умах; вышеназванные ученые хорошо знали, что усилие, употребленное на преодоление и смещение сопротивления «соответствует грузу, приподнятому на определенную высоту».

В XVIII веке, особенно благодаря гидравлическим исследованиям, много занимались работой или, по тогдашнему выражению, «количеством действий», совершаемых во время деятельности мышц. То была эпоха Бернулли, Бугера, Депарсье, Эйлера, Шультце. В 1785 г. великий французский физик Кулон (1736—1806) сообщил в Институте о своих замечательных изысканиях в области «человеческой силы»; они были опубликованы в «*Мемуарах Института*» лишь в первых числах вантоза VII года (1799 г.). Он задался целью

вычислить сумму действий (работу) в различных профессиях, из числа наиболее трудных, когда утомление человека достигает некоторого предела, превышение которого опасно. Результаты работы Кулона будут рассмотрены ниже.

Одновременно Лазарь Карно, без предварительного экспериментирования, примкнул к главным воззрениям Кулона, и можно сказать, что приблизительно до 1850 года, несмотря на появление энергетики, в изысканиях царила безраздельно физическая точка зрения. Основываясь лишь на степени утомляемости, все эти ученые, тем не менее, проделали полезную работу; они довольно точно установили производительность человека, применяясь к его нормальной трудоспособности. Но лишь Кулон, да еще Бугее и Гравезанд отметили значение *быстроты работы* в дневной продуктивности. Остальные не уделяли этому фактору никакого внимания.

В XIX веке чистые механики сошли со сцены. Ученые, как Навье, Кориолис, Дюпен, Понселе, сделавшие так много в области индустриальных машин, не сдвинули с места, благодаря ошибочным методам, проблемы о двигателях одушевленных. А между тем, более чем когда-либо, они ощущали значение ее разрешения и понимали богатые возможности ее приложения.

В то время, как Дюпен посвятил этому предмету свой курс в Консерватории, Понселе избрал его темой в Метце. Но энтузиазм скоро был исчерпан, не имея дальнейшей пищи для своего существования. С 1855 г., года появления работ Хирна, за 35 лет, благодаря Шово, энергетика стала методом исчисления энергии. Мы не должны забыть, что идея исчисления совершаемой работы при помощи учета потребляемого кислорода была впервые осуществлена и применена Лавуазье. Проделав опыты на своем сотруднике, он пришел к следующему заключению: «Этот способ наблюдения дает возможность сравнивать такие приложения силы, между которыми, казалось бы, не существует ничего общего. Можно узнать, напр., скольким фунтам веса соответствуют усилия человека, читающего лекцию, музыканта, играющего на каком-либо инструменте. Можно было бы даже вычислить то, что есть механического в работе философа при размышлении, писателя при творчестве, музыканта во время композиции. Эти акты, рассматриваемые, как чисто умственные, заключают в себе нечто физическое и материальное, что позволяет сопоставлять их, в этом отношении с физической работой человека. Таким образом, французский язык не без некоторого основания объединил, под общим названием «*le travail*», как умственные, так и физические усилия, кабинетную работу и наемный труд».

Эта прекрасная доктрина достигла во Франции своего полного расцвета лишь в капитальном труде Шово, а в Америке в работах школы Этуотера. Но уже Моссо и Тревес в Италии, Цунц, Дюбуа-Реймонд, Леви и их многочисленные ученики в Германии в короткий срок накопили ряд сведений, которыми воспользовалась наука о профессиональной работе. С другой стороны, Марей и его последователи применили все способы графического метода для реги-

страции мышечных усилий во всех направлениях. Брауне, Фишер и Демени посвятили себя рассмотрению явлений, связанных с передвижениями тела; Амбер, Амар — изучению профессиональных работ. С этой поры *степень усталости* определяется по затрате статической и динамической энергии и приводится в связь со следующими элементами работы: усилием, скоростью, ритмом, длительностью. Когда дело идет о выработке силы, могущей производить значительную механическую работу, эта производительность определяется из отношения затраты энергии в самих мышцах к общей затрате энергии и равняется: 0,30 —в случае работы ножных мышц и, в среднем, 0,25—при работе (достаточно продолжительной) мышц рук.

Из исследований, посвященных изучению профессионального труда в мастерских и на заводе, следует остановиться на работах Тэйлора и его учеников: Гантта и Франка Джильбрета. Их метод основывается, главным образом, на *хронометрировании движений*, с целью определить *оптимум* скорости, и в целесообразном подборе необходимых в работе полезных движений, устраняющих притом бесполезные движения. Определенная на отборном рабочем длительность полезных движений дает возможность вычислить идеальную производительность завода. На практике рабочий приближается к таковой производительности, начав с некоторого минимума; он находит способ увеличить свою заработную плату, все более и более приближаясь к максимальному пределу. Превосходный труд упомянутых инженеров был обнародован во Франции инж. Анри Ле-Шателье, который перевел книгу Тэйлора и написал к ней вступление. Смешанный с удивлением и любопытством успех сопровождал это издание. Однако, когда читатель, пробегая страницы наших *трактатов*, увидит, какая неоспоримая доля участия будет принадлежать нашим ученым в грядущей экономической революции, он пожалеет, что французским идеям приходится так часто сталкиваться с косностью, сомнениями и безразличием. Ибо эти идеи выражают более точно, чем идеи Тэйлора, *главное стремление науки, стремление не допустить превышения физиологического предела человеческой активности.* Но они не были облечены в ту практическую плоть, которой могла бы воспользоваться индустрия. Напротив, американский ученый был проникнут могущественным инстинктом жизни заводов и мастерских; он воспитывался в школе рабочих и был знаком как с их систематической медлительностью, так и с их достоинствами. Он задался целью искоренить первую и найти применение вторым. Для введения системы быстрой работы он подверг анализу все элементы последней. Так, наприм., в манипуляциях при переноске чугуна он различает следующие моменты: «подъем болванки с пола или наковальни, ходьба с грузом по ровному месту или по наклонной плоскости, бросание чугунной болванки на землю или водружение ее на наковальню и, наконец, возвращение без груза». Эти элементы хронометрированы на очень хороших рабочих, принятых за *образец*. И так как выяснилось, что эта максимальная работа доступна лишь одному рабочему из пяти, то Тэйлор

установил принцип *отбора рабочих*. Особенности системы Тэйлора, к которым мы еще вернемся, именно и заключаются в хронометрировании и отборе.

В производимом нами обзоре многочисленных видов человеческой работы, не всегда методы и экспериментальная методика являются неоспоримыми. Это, если угодно, сводка предварительных указаний, которые в один прекрасный день будут заменены научными принципами и точными данными [1]).

**§ 291. Классификация работ.** Мы установим предварительно следующий порядок изложения:

1) работы, где действует исключительно вес человеческого тела,

2) работы, производимые ручными мышцами,

3) работы, производимые ножными мышцами,

4) смешанный тип работ.

Если бы все элементы при этом были изучены, мы могли бы следовать в алфавитном порядке профессий или установить подразделения: *упражнения силы* и *упражнения скорости*. Не имея возможности поступить таким образом, мы решили группировать из этих элементов такие—зачастую весьма неравноценные элементы, которые нам известны.

## А. Действие человеческого веса.

**§ 292. Работа каменоломщика на колесе лебедки.** Лебедка каменоломщиков служит в некоторых каменоломнях для подъема камней из шахт. Вес человека, взбирающегося по ступенькам, составляет силу $P$, и эта сила, в зависимости от приложения ее на уровне или ниже оси, будет иметь плечом рычага или радиус $R$ круга или отрезок $l$—перпендикуляр, опущенный из места его работы на вертикальную плоскость, проходящую через ось. Пусть $Q$ обозначает сопротивление подъему.

---

[1]) Наука об организации труда чрезвычайно разрослась; нет страны, где не было бы институтов, лабораторий или бюро, разрабатывающих проблемы труда, одновременно и интересные и важные; не только широкие инженерные круги уделяют им теперь много внимания, но и общество в целом и государство идет на помощь институтам труда; здесь я не могу за недостатком места изложить более или менее полно современное состояние научной организации труда; поэтому ограничусь приведением в конце книги (см. приложение 2-ое) перечня наиболее важных книг и статей по научной организации труда и по психофизиологии труда; психотехнические учреждения описаны мною в книжке: «Психотехника и выбор профессии», Москва, 2-е издание.

Пишем:

Момент движения $PR$ или $Pl$ = моменту сопротивления $Q \times r$, где $r$ — радиус цилиндра оси вращения.

Отсюда:

$$p = Q \times \frac{r}{R} \quad \text{или} \quad p = Q \times \frac{r}{l}.$$

Рабочий работает, находясь постоянно под осью, потому что, если его собственный момент превысит момент сопротивления, он опустится; если же, наоборот, момент сопротивления окажется более, он поднимется; в этих условиях движение лебедки будет иметь место, когда сила стремится приблизиться к уровню оси, не достигая его вполне. Работа вращения составляет $2\pi R \times P$.

Для $n$ оборотов в день получим:

$$\zeta = 2\pi Rn \times P.$$

Заменяя $P$ его значением, пишем также:

$$\zeta = 2\pi Rn \times Q \times \frac{r}{l} \quad \text{или} \quad 2\pi Rn \times Q.$$

Трение, происходящее на концах оси, увеличивает сопротивление.

Вообще говоря, скорость зависит от точки приложения силы. Навье наблюдал скорость в 0,15 м. в течение восьми часов, когда человек работал на уровне оси вращения. При этом вес его в 60 килограммов утилизировался целиком.

Навье дает:

$$\mathcal{T} = 0{,}15 \times 60 \times 3.600 \times 8 = 259.200 \text{ килограмм-метров.}$$

Скорость при работе человека на 24° (по кругу) ниже оси равна 0,70 м.; тогда утилизируются лишь 12 килограммов; это, за восемь часов, составляет работу:

$$\zeta = 0{,}70 \times 3.600 \times 8 \times 12 = 241{,}920 \text{ килограмм-метров.}$$

Таким образом, по Навье, человек затрачивает 250,000 килограмм-метров в день, поднимаясь по кругу колеса.

Этот способ работы, заслуживающий эпитета варварский, применялся в Англии к арестантам при молотьбе-прядении и проч. Мужчины и женщины приводили в движение «исправительное колесо», выполняя следующую, исчисленную по официальной статистике, работу:

| МЕСТНОСТЬ. | РАБОТА. |
|---|---|
| Пордгэмптон. . . . . | 143.643 килограмм-метров. |
| Поттингэм. . . . . | 174.360 „ |
| Девоншир. . . . . | 195.625 „ |
| Миддльсекс. . . . . | 212.946 „ |
| Кэмбридж. . . . . | 259.690 „ |
| Бостон. . . . . | 281.104 „ |
| Варвик . . . . . | 205.517 „ |
| „ . . . . . | 274.022 „ |
| „ . . . . . | 342.529 „ |
| В среднем . . | 231.000 килограмм-метров. |

## Б. Работы с участием ручных мышц.

**§ 293. Работа на лебедке и вороте.** Лебедка приводится в движение при помощи мышц рук; подобным же образом обстоит дело и в тяге бичевой, при действии ворота для поднятия тяжестей.

Навье исчислял напряжение человека, работающего на вороте со скоростью в 0,6 метра, в 12 килограммов. За 8 часов количество работы составит около:

$$12 \times 0{,}6 \times 3.600 \times 8 = 207.400 \text{ килограмм-метров.}$$

Количество работы в секунду равно $9{,}6 \times 12 = 7{,}2$ килограмм-метра. Изучая условия максимальной работы при действии лебедки, именно, рукоятки ее, Шультце и Лангсдорф получали работу в 10—11 килограмм-метров в секунду. Первая цифра требует напряжения в 13,7 килограмм при скорости в 0,76 метр.; вторая—напряжения в 13,3 килограмм при скорости в 0,757 метр. Восемь часов действительной работы, дадут, следовательно:

$$13{,}7 \times 0{,}76 \times 3.600 \times 8 = 299.865 \text{ килограмм-метров.}$$
$$13{,}3 \times 0{,}757 \times 3.600 \times 8 = 287.081 \text{ » »}$$

Словом, количество работы около 300.000 кгм-м. что превышает на половину обычную норму. И действительно, при развитии такого напряжения и скорости в 0,75 метра, длительность работы падает до шести часов; таким образом, работа за день составляет, вероятно, только $\frac{3.000.000 \times 6}{8} =$ $= 225.000$ килограмм-метров.

Наиболее точные опыты предписывают не уменьшать скорости и напряжения ниже 0,5 метр., и соотв., 15 килограммов. Хашетт, заставляя работать слабо и медленно (3,8 килограм-метра в секунду), за день получил работы едва 110.000 килограмм-метров.

**§ 294.** Мышечная сила, действуя на рукоятку, может развивать различное количество работы; достигается это *не только* работой ручных мышц; здесь принимает участие и вес человеческого тела своей горизонтальной составляющей; обыкновенно рабочий устанавливает направление в 65° по отношению к положению рукоятки и дейсгвует рычагом, имеющим точку опоры на уровне поясницы, на высоте $^3/_5$ человеческого роста; при весе его в 65 килограммов, его усилие равно тогда $\frac{65 \times 3}{5} = 39$ килограммам.

Истинная составляющая будет

$0A = 39 \times sin\, 25°$ (или $cos\ 65°$) $= 39 \times 0{,}423 = 16{,}5$ килограмм.

Если бы рабочий наклонился еще больше, так что его тело находилось бы под углом в 45°, то составляющая была бы больше и равнялась бы:

$$39 \times 0{,}707 = 27{,}6 \text{ килограммам,}$$

но за то его равновесие было бы нарушено.

Один из старейших исследователей, Совер, установил величину в 12,24 кгм. (или 25 французских фунтов) и в 0,51 метра для восьмичасовой рабсты. При подсчете это составит:

$12{,}24 \times 0{,}51 \times 3.600 \times 8 =$ около 260.000 килограмм-метров; это—максимум. Лазарь Карно, приводя этот результат, говорит о скорости в 0,97 метра; это очевидная ошибка, происхождения которой мы не знаем.

Кулон оспаривает даже возможность развития напряжения в 12 килограммов; он считает, что это давление «не может превышать 7 килограммов». Рукоятка подъемного крана описывает при этом круг, равный 2,3 метра по окружности и делает 20 оборотов в минуту. Кулон предполагает действительную продолжительность работы равной 6-ти часам, откуда:

$$7 \times 2{,}3 \times 20 \times 60 \times 6 = 116.000 \text{ килограмм-метров,}$$

при средней скорости в $\frac{2{,}3 \times 20}{60} = 0{,}77$ метра.

Редко когда рабочий переступает за скорость в 0,8 метра. Но, что касается продолжительности работы, то Навье удалось довести ее до 8 ми часов, применяя усилие в 8 кгм. и скорость в 0,75 метра. Получалось у него

$$8 \times 0{,}75 \times 3.600 \times 8 = 172.800 \text{ килограмм-метр.}$$

Опыты Христиана более убедительны, так как они длились непрерывно в течение трех месяцев; при скорости в 0,50 м. при усилии в 14 кгм. и 7-ми часовом рабочем дне, они приводят почти к тому же количеству:

$$14 \times 0{,}5 \times 3.600 \times 7 = 176.400 \text{ килограмм-метров.}$$

К исчисленной таким образом полезной работе нужно прибавить работу сгибания и разгибания верхней половины туловища. Момент инерции при этом равен, в среднем, 0,86. Колебание соответствует угловому перемещению 65° при полуобороте рукоятки в 130°, при полном обороте за $^{60}/_{20} = 3$ секунды, что в секунду составляет перемещение на 43°. Производя исчисление по вышеизложенному, получаем при каждом обороте рукоятки работу в

$$\frac{1}{2} \times 0{,}86 \times \frac{\pi^2 \times 43^2}{180^2} \times \frac{152}{100} = 0{,}368 \text{ килограмм-метра.}$$

За 8 часов работы $20 \times 60 \times 8$ оборотов дадут работу мышц, приблизительно, в

$$9.600 \times 0{,}368 = 3.533 \text{ килограмм-метра.}$$

Некоторые авторы получили значительно большие числа, но их расчеты не подтвердились.

**§ 295. Вертикальная тяга посредством веревки: копер, молот и т. д.** — Каждый раз, как мышечная сила $P$ должна будет действовать на веревку, перекинутую через неподвижный блок, ей придется преодолевать полезное сопротивление, также трение (шейки, твердость веревки). Так, введя в линию тяги динамометр., будем всегда иметь:

$$P > Q.$$

Это будет всегда иметь место, например, при работе с *копром*

В опытах Кулона люди поднимали на высоту 1,1 метра *бабу* (свободно падая вниз, она вбивала колья); баба эта весила от 350 до 450 килограммов, и динамометр показывал, в среднем, 19 килограммов напряжения на каждого человека.

Производим 20 ударов в минуту, при 80 ударах под-ряд (один *подъем бабы*); при трехчасовой действительной продолжительности работа вколачивания выразилась в

$$19 \times 1{,}1 \times 20 \times 60 \times 3 = 75.200 \text{ килограмм-метров.}$$

При постройке Йенского моста (1808 г.) работали по 10 часов в день; высота поднятия бабы составляла 1,45 метра; при помощи бабы в 587 килограм. делали 12 подъемов по 30 ударов в час; работу выполняли 38 человек так, что приходилось по 15,45 кгм. на долю каждого рабочего. Работа, следовательно, равна:

$$30 \times 12 \times 15{,}45 \times 1{,}45 \times 10 = 80.648 \text{ килограмм-метров.}$$

Работа человека в этом случае колеблется вокруг 80.000 килограмм-метров.

Вот другой пример:

При чеканке монет, на парижском монетном дворе, два человека поднимали бабу весом в 38 килограммов на высоту 0,4 метра и производили 5.200 ударов. Кулон заметил, что этот процесс мог бы обслуживаться одним рабочим, развивающим работу в

$$38 \times 0{,}40 \times 5.200 = 70.000 \text{ килограмм-метров.}$$

та работа возможна при усилии, равном 20—30 килограммов

Мы показали, что следующие условия: 13 килограммов — максимальное напряжение рук и 0,75 метров — наибольшая скорость—является наиболее выгодными, и не следует поэтому удивляться тому, что работа с копром представляет из себя одно из самых невыгодных приложений человеческой силы.

**§ 296.** Опыты *с поднимание воды* из колодца подтверждают этот вывод. В самом деле, в одном опыте человек поднимал посредством проходящей через блок веревки груз в 18 килограммов со скоростью 0, 2 метр.; опускалась веревка без груза. Он мог работать продуктивно шесть часов, производя за это время:

$$18 \times 0{,}2 \times 3.600 \times 6 = 77.760 \text{ килограмм-метров.}$$

И здесь та же небольшая величина, фигурирующая у разных авторов. Кулон заставлял поднимать воду из колодца в 37 метров глубины. Напряжение тяги, измеренное посредством безмена, равнялось 16 кгм.; всего было поднято 120 ведер со скоростью 0,2 метров. Работа составила приблизительно:

$$37 \times 16 \times 120 = 71.000 \text{ килограммов.}$$

Это относится к шестичасовой продуктивной работе. Прибавив к работе движения работу сопротивления при спуске пустых ведер, мы приходим к 80.000 килограмм-метров, цифре, близкой к вышеприведенным.

Если, наоборот, человек поднимает груз в 6 кгм. со скоростью в 0,75 метр., то, по наблюдениям Навье, он может проработать 10 часов и произвести работу в 160.000 килограмм-метров, т.-е. вдвое бо́льшую, чем только что приведенные.

$$6 \times 0{,}75 \times 3.600 \times 10 = 162.000 \text{ килограмм.-метров.}$$

Поднимание воды из колодца относится к наиболее примитивным видам труда, где еще непосредственно использовывается человеческая сила; кроме того, это одна из самых тяжелых работ. Человек, вытаскивающий воду из колодца при помощи ведер или лоханей, без применения веревки и блока, производит за восьмичасовой рабочий день всего *от 45 до 50 тысяч килограмм-метров*. Применяя же *черпак*, особенно голландский, он за то же время произведет от 100 до 120 тысяч килограмм-метров.

Ведро, приводимое в движение при помощи блока и веревки, дает работу от 150 до 160 тысяч килограмм-метров. *Огородный топчак*, без сомнения, наиболее экономичен: производительность его составляет около 200.000 килограмм-метров.

Насос, приводимый в действие руками, дает полезный эффект в 150.000 килограмм-метров за 10-тичасовой рабочий день, при чем, по вычислениям Армана Готье, этот эффект требует энергетической затраты в 260.000 килограмм-метров. Среднее напряжение достигает 13 килограммов, скорость— 0,6 метра; условия, как видим, весьма благоприятные.

Вышеизложенные данные по поводу черпания воды ручным способом показывают, что это чрезвычайно утомительный вид труда, который должен быть заменен машинами всюду, где только таковые могут быть установлены.

**§ 297. Работа молотом** [1]). Хубер, изучая работу с молотом, заставлял варьировать лишь скорость и амплитуду движения. Объект мог производить 1.690 ударов в день молотом в 7,065 кгм. весом, описывая полную окружность и производя работу в 65.000 килограмм-метров (о способе исчисления этой работы см. § 219). Если молот описывает лишь дугу окружности и движется с меньшей скоростью, тот же кузнец в состоянии произвести 2.560 ударов в день, и таким образом совершить работу в 67.000 килограмм-метров.

К сожалению, не были строго изучены оптимумы формы, скорости и веса молота. Тем не менее, Хубер определил, что легким молотом, как молот гвоздаря, можно за день производить от 150.000 до 160.000 килограмм-метров работы. Инженер Джильберт, весьма искусно применявший принципы Тэйлора, отмечает, что вес молота имеет большое значение в искусстве каменщика. При раздроблении одной и той же

---

[1]) Работа молотом принадлежит к числу ударных операций и, пожалуй, является типической для них; в этой книге об ударе сказано чрезвычайно мало: лишь слегка намечены пути для исследования. В своей другой книге, «L'organisation physiologique du travail», проф. Амар сообщает дополнительные сведения об ударе в применении, главным образом, к работе инвалидов. Центр. Институт Труда разрабатывает вопрос о рабочих операциях, в частности об ударных, с разных точек зрения: технической, биомеханической, физиологической, психотехнической и педагогической, при чем выяснилось, что удар представляет из себя чрезвычайно интересное и сложное явление. *Прим. ред.*

глыбы гранита, молот в 12 килограммов производит это пятью ударами, молот в 5 килограммов требует сотни ударов. Максимальная производительность при работе дробящим молотом достигается при весе последнего в 1,8 килограмма, при работе молотком для пробивания отверстий в граните — соответствующий оптимальный вес = 1,95 килогр.

Каждое ремесло требует инструментов соответствующей массы и формы. Так, молот плотника весит около 5,5 кгм. и снабжен ручкой длиною, приблизительно, в 0,5 метр. Молоты для ковки очень тяжелы, и таковыми они и должны быть.

Ритм ударов также различен в разных ремеслах. Наблюдается, например, что плотнику требуется произвести 60 ударов для того, чтобы вколотить кол, при чем его рука описывает полукруги с скоростью в *7,5 метров в секунду*.

Этой средней скорости соответствует энергия в

$$^1/_2 mv^2 = {}^1/_2 \frac{5,50}{9,81} \cdot 7,5^2 = 15,75 \text{ кгм.-м.};$$

учитывая же двойные экскурсии молота, получим 31,50 кгм.-м. Рабочий вбил за день 350 кольев; работа потребовала $350 \times 11$ ударов молота, считая по 11 ударов на каждый кол. В сумме получается:

$$31,50 \times 11 \times 350 = 121.276 \text{ килограмм-метров.}$$

Если сюда прибавить небольшие побочные движения, работу передвижения рабочего в пределах рабочего места и, если учесть работу при $350 \times 11 = 3.850$ движениях руки, то получается сумма мышечной работы за день, равная, приблизительно, 130.000 килограмм-метр.

**§ 298. Работа напильником** [1]). Эта работа была специально изучена на опиловке металла. Слесарь производит на металл давящее усилие, с целью на нем укрепиться, и горизонтальное усилие для того, чтобы инструмент скользил по металлу с определенной быстротой. Анализируя эти усилия, мы приходим, в общем, к установлению следующих элементов:

Вертикальная и горизонтальная образующие мышечной усилия правой руки; то же для левой руки; вертикальные

[1]) Работа напильником является типичной *нажимной* операцией; в лабораториях Центр. Института Труда в Москве опиловка изучается с технической, биомеханической, физиологической, психотехнической и

образующие $V$ и $V'$ имеют целью прижать напильник к металлу; горизонтальные образующие $H$ и $H'$ определяют движение и выполняют собственно механическую работу. Обозначим через $l$ — расстояние, проходимое напильником (рабочая длина напильника); эта работа выразится формулой:

$$(H + H') . l.$$

Вся же сумма работы при напоре (движении вперед) составит:

$$(H + H') \times l \times n$$

где $n$ — число движений напильника.

Очевидно, что силы $V$ и $V'$ *в работе не участвуют:* их можно было бы заменить грузом, прижимающим инструмент к металлу, не изменив при этом количества работы.

Но нужно учитывать *возвращения в пустую.* При каждом движении напильника требуется некоторое усилие «$h$», чтобы привести его в исходное положение; это напряжение имеет низшим пределом давление необходимое, чтобы заставить напильник скользить по данному металлу или, другими словами, величину трения.

Вся работа, считая движения напильника туда и обратно, выразится так:

$$(H + H' + h) . l . n,$$

если за рассматриваемое время произведено $n$ движений напильника.

Рядом с этим динамическим значением, мы приведем величину мышечного усилия, развиваемого каждой рукой, вычисленной по принципу параллелограмма.

Это сопоставление необходимо потому, что затрата энергии происходит не только на *полезную работу,* — на преодоление сопротивления, а является следствием мышечных сокращений, как статических, так и динамических.

---

педагогической точек зрения; опиловка у Амара исследована лучше всего и все-таки его результаты недостаточны, односторонни, а иногда даже неверны; опиловка, на первый взгляд такая простая операция, на деле оказывается весьма сложной; только изучение ее совокупности методов психологии и физиологии может значительно ее рационализировать: ни наблюдением, ни хронометражем здесь много достичь нельзя. *Прим. ред.*

**§ 299. Методика изучения.** В своих исследованиях мы измеряли составляющие усилий слесаря, т.-е. значения $V$, $H$, $V'$, $H'$, $h$. Напильники обычно бывают различных формы и веса; у одних глубокие и острые *насечки*, другие, как у *средних напильников*, для металлов, насечки более тонки. Мы избрали так наз. *полумягкий напильник № 2*, с прямоугольным сечением; насечки нанесены на двух лицевых плоскостях и одной боковой; ширина ее равномерна, но толщина постепенно уменьшается по направлению к свободному краю, придавая этим ей известную выпуклость:

| | |
|---|---|
| Длина полумягкой пилы . . . . . | 34 см. |
| » *утилизируемая* в работе . . | 26 » |
| Ширина всюду . . . . . | 3,2 » |
| Частота насечки убывает от . . . | 1,00 до 0,55. |

Инструмент изготовлен из хорошей стали и не обнаруживает никаких следов порчи.

Для измерения усилий применялся метод графической записи Марея. В принципе дело сводится к следующему: мышцы производят давление на довольно упругие пружины, очень мало изменяющиеся в условиях опыта, и каждая из этих пружин давит находящимся на ее конце кружком на маленький каучуковый барабанчик. Последний соединяется с записывающим барабаном Марея, при чем перу придают требуемую для достаточной ясности начертаний длину. Эти динамографические приспособления прикрепляются к ручке инструмента, с того края, где расположена левая рука, и под обрабатыв. предметом.

Это дает возможность зарегистрировать общее давление $(V+V')$ обеих рук, вычислив, предварительно, вертикальную составляющую усилия правой руки $V$ по известному $V'$. Отдельно определяется $H$ и $H'$.

Общий вес напильника, снабженнаго таким механизмом, возрос до 1.850 грамм.; производя наши вычисления, мы должны будем прибавить его к давлению $(V+V')$.

При «возвращениях в пустую» напильник скользит по обрабатываемому металлу—бруску латуни—под давлением в 550 гр.: это минимальное усилие при возвращении инструмента; при нем коэффициент трения:

$$\frac{0{,}550}{1.850} = \text{около } 0{,}3.$$

Итак, рабочий становится перед тисками на определенной высоте, устанавливаемой при помощи скамейки, подставляемой под ноги; эта высота, обусловливающая больший или меньший наклон туловища рабочего, влияет на работу и на утомляемость, как это рассмотрено будет далее.

Что касается затраты энергии, соответствующей производимой работе, то таковая исчисляется по потреблению кислорода и по термическому эквиваленту литра этого газа. Известно, что анализ газов, выдыхаемых за одинаковый промежуток времени при отдыхе и при работе, дает возможность установить потребный для этой работы избыток кислорода; с другой стороны, известно, что *дыхательный коэффициент* $\frac{CO_2}{O_2}$ дает калорический эквивалент этого излишка, другими словами, *динамическую затрату*.

Ритм дыхания и длительность опытов графически отмечались на-ряду с усилиями рабочего. Что же касается числа движений, то это или представлялось *усмотрению* рабочего или устанавливалось *метрономом*.

Мы впредь не будем останавливаться на способах, которыми определялся газообмен; необходимая часть при этом— *двустворчатый клапан*.

Клапан поддерживается при помощи металлической дуги, укрепленной на голове; таким образом он не требует ни усилий, ни надзора.

*Запись усилий*. Мышечные усилия, будучи записаны в виде вертикальных черточек, градуируются нами (в килограммах). С этой целью на местах приложения рук укрепляются непосредственно или при помощи шнурков определенные нагрузки; они служат в качестве эталонов отметок. При таких условиях становится известным, что один сантиметр ординаты соответствует стольким-то килограммам. Градуирование должно быть произведено для каждой динамографической установки, для каждой категории усилий отдельно, так как очень трудно согласовать все воспринимающие барабаны так, чтобы они допускали общую единицу измерения. На рис. 138 изображена проградуированная запись, соответствующая вышеизложенным указаниям. Одному сантиметру ординаты соответствуют 20, 17, 10 и 11 килограмм, как они следуют по рассматриваемой сверху вниз кривой. Поль-

зуясь этим, мы рассчитываем многочисленные графики, полученные при наших опытах.

Заметим, однако, что руки рабочего за время движения напильника развивают неодинаковое в различные моменты давление; представленные ординаты соответствуют лишь максимуму последнего; но этот максимум так быстро устанавливается, что его можно счесть за среднее давление без большой погрешности.

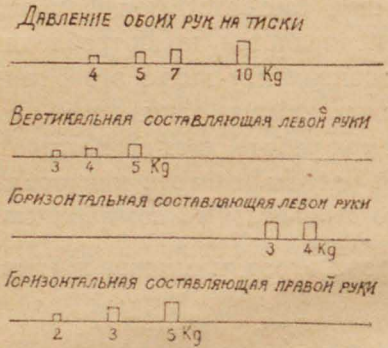



Рис. 138.

Прибавим, что брусок металла до и после каждого опыта взвешивается с точностью до миллиграмма; таким образом определяется вес опилок, т.-е. количество работы.

§ 300. **Опыты и вычисления.** Испытуемыми были: А. С., рабочий механик, тридцати восьми лет, весом в 74 кгм., ростом 1,72 метра, сильный и хорошо сложенный, имеющий двадцатилетний навык.

Х. П., ученик-механик, 16 лет, весом в 55 килограмм, ростом 1,65 метр., весьма подвижной, но не сильный; в выучке находился два года. Эти два субъекта служили регулярно в многочисленных (57) опытах, растянутых, в общем, на протяжении восьми месяцев.

Другие лица использовывались случайно (Ж. А., А. М., Х. Р. Е. А., С. Ж.) и в различной степени, ввиду того, что опиловка не была их специальностью.

Всего было произведено 62 эксперимента в вышеописанных условиях, при чем испытуемый без особого усилия работал в комнате, где поддерживалась температура в 17°; вдыхаемый воздух проникал свободно снаружи. Вот протокол одного из опытов над рабочим А. С. (опыт № IX):

а) *При отдыхе*, субъект *сидел:*

Выдыхаемый газ за 3 мин. 30 сек. . . . 30,25 литров.
Ритм дыхания в минуту . . . . . 18 дыханий.
Температура помещения. . . . . 17,5°.
Атмосферное давление . . . . . 758 миллиметров.

Эвдиометрический анализ газа дал:

$CO_2$ в % . . . . . 3,15
$O_2$ в % . . . . . 17,4, поглощено (21—17,40) = 3,60%.

Дыхательный коэффициент. $\frac{CO_2}{O_2} = \frac{3,15}{3,60} = 0,875.$

Объем газа, приведенный к 0° и 760 миллиметрам равен 28,41 литрам. Потребление кислорода работником при отдыхе за 3 мин. 30 сек. составляет:

$$\frac{28{,}41 \times 3{,}6}{100} = 1{,}022760 \text{ литра.}$$

при 0° и 760 милли., или *за час*

$$\frac{1{,}02276 \times 60}{3{,}5} = 17{,}533 \text{ литров.}$$

б) *При работе*, в следующей обстановке: субъект выбрал такое положение тела и ног, которое представилось ему наиболее удобным, и сохранял это положение в течение всех опытов. Место постановки ног отмечено, высота расположения тисков постоянна, положение тела также точно установлено и неизменно. Субъект А. С. работает беспрерывно в течение 3 мин. 30 сек. при ритме 54 в минуту (случай эксперимента № IX). Вычислим, прежде всего, затрату энергии:

| | |
|---|---|
| Выдыхаемого газа за 3 мин. 30 сек. . . | 70 литров |
| Дыхательный ритм в минуту . . . . . | 28 дыханий |
| Температура помещения . . . . . | 17,5° |
| Атмосферное давление . . . . . | 758 миллиметров. |

Эвдиометрический анализ газов дал:

| | |
|---|---|
| $CO_2$ в % . . . . . | 3,7 |
| $O_2$ в % . . . . . | 17,2 |
| поглощено (21—17,2) = | 3,8% |

Дыхательный коэффициент $\frac{CO_2}{O_2} = \frac{3{,}7}{3{,}8} = 0{,}973$.

Объем газа, приведенный к 0° и 760 милли., равен 64,455 литрам.

Потребление кислорода составляет:

$$\frac{66{,}45 \times 3{,}80}{100} = 2{,}52531 \text{ литра,}$$

а *в час*, при 0° и 760 мм.

$$\frac{2{,}52531 \times 60}{3{,}5} = 43{,}291 \text{ литра.}$$

Чтобы исчислить потребление кислорода в больших калориях, мы примем 4,9 кал. и 5,05 кал. в качестве окислительной силы литра кислорода при отдыхе субъекта и во время его работы; на это нам дает указание дыхательный коэффициент. Упомянем тут же, что все наши опыты имели место около 9 часов утра и, что с момента пробуждения в семь часов, человек выпивал лишь большую чашку слабого и сильно подслащенного кофе. Итак, энергетическая затрата за час выразится в калориях так:

| | |
|---|---|
| При отдыхе . . . . | 17,533 × 4,9 = 85,911 бол. кал. |
| При работе . . . . | 43,291 × 5,05 = 218,621 бол. кал. |

Отсюда *чистая динамическая затрата:*

$$218{,}621 - 85{,}911 = 132{,}71 \text{ калорий.}$$

§ 301. Определим теперь работу мышц.

1) Ординаты, выражающие *давление обеих рук на тиски*, нанесенные посредством циркуля на одну прямую и перечисленные на килограммы, дают 1.580 килограммов на 158 движений напильника. Отсюда—среднее давление обеих рук или

$$V = V' = \frac{1.580}{158} = 10 \text{ килограммам.}$$

На чертеже нулевая точка определяется напильником, покоящимся на металле без приложения рук; но общее давление на тиски слагается из давления обеих рук ($V + V'$) и веса напильника, равного 1,85 килограмма. В нашем опыте это составит:

$$10 + 1{,}85 = 11{,}85 \text{ килограммов.}$$

2) Подобные же расчеты позволяют вычислить *горизонтальную составляющую правой руки*:

$$\frac{348 \text{ кгр.}}{158} = 2{,}2 \text{ кгм., т.-е. } H = 2{,}2 \text{ килограмма.}$$

3) По отношению к усилиям левой руки имеем:

Горизонтальная составляющая . . $H' = \frac{395}{158} = 2{,}5$ килограмма.

Вертикальная составляющая. . . $V' = \frac{1.075}{158} = 6{,}8$ „

Следовательно:

$$V = 10 - 6{,}8 = 3{,}2 \text{ килограмма.}$$

Принимая во внимание, что утилизируемая, „рабочая" длина напильника, определенная при помощи *двух резиновых ползунов* составляет 0,26 метра во всех наших экспериментах и, что напряжение при продвижении напильника вперед равно:

$$H + H' = 2{,}2 + 2{,}5 = 4{,}7 \text{ килограмма,}$$

и усилие *при возвращении*:

$$h = 0{,}55 \text{ килограмма,}$$

Работа одной экскурсии напильника выразится:

$$0{,}26 \cdot (4\,7 + 0{,}55) = 1{,}365 \text{ кгм.}$$

Подобных экскурсий в минуту производилось 54, что дает часовую работу в:

$$1{,}365 \times 54 \times 60 = 4.422{,}6 \text{ кгм.}$$

Собранные за час *опилки* весили 45,57 грамм.

Если мы подсчитаем мышечные усилия $F$ и $F_1$ правой и левой руки, мы убедимся, что, вследствие их наклона по отношению к инструменту, они значительно превосходят полезные усилия. Принимая во внимание углы наклона и выражая $F$ и $F'$ через $V$, $V'$, $H$ и $H'$, получим:

$$F = \sqrt{3{,}2^2 + 2{,}2^2} = 3{,}88 \text{ кгм.}$$

$$F' = \sqrt{6{,}8^2 + 2{,}5^2} = 7{,}24 \text{ кгм.}$$

Усилие правой руки (и только ее) увеличивается на 0,55 кгм., необходимых для возвращения напильника. Но, вообще, оно ниже усилия, производимого левой рукой. В общем, получается:

$$3{,}88 + 6{,}24 + 0{,}55 = 11{,}67 \text{ кгм.,}$$

против 5,25 кгм. *полезных усилий*. Таким образом *коэффициент производительности* составляет:

$$\frac{5{,}25}{11{,}67} = 44{,}9\%.$$

Другими словами, более 55% мышечной силы уходит на давление, заставляющее напильник брать металл.

*Вся работа поэтому утомительна и неэкономна.*

Отметим также тот любопытный факт, что мышечные усилия нарастают *постепенно*, а не сразу. Зарегистрируем три таких усилия, помещая концы записывающих перьев по одной образующей закопченного цилиндра, вращающегося с большой скоростью; записывающие барабаны возьмем насколько возможно более схожими друг с другом, а резиновые трубки—одинаковой длины; при этом обнаружится, что в *самом начале* поднимается давление обеих рук на тиски; затем, через интервал в 0,01 секунды следует нарастание усилия левой руки, спустя еще 0,11 секунды — усилие правой руки для толкания напильника. Отсюда следует, что *раньше всего* рабочий *прижимает* свой напильник к тискам и лишь через некоторый, около 0,1 секунды, промежуток времени начинает его продвигать вперед.

Зная, с одной стороны, точную затрату энергии за час, равную 132,71 бол. кал., с другой стороны, действительную работу 4.422,6 кгм-м., мы можем подсчитать затрату на килограмм-метр:

$$\frac{132{,}71 \text{ кгм.}}{4.422{,}6} = 0{,}03 \text{ больших калории,}$$

а чистая производительность = 8%.

В только что описанном опыте, любая точка напильника пробегает пространство в

$$54 \times 0{,}26 \text{ м.} \times 2 = 28{,}08 \text{ метров}$$

в минуту, что дает среднюю скорость (туда и назад) в

$$\frac{28{,}08}{60} = 0{,}468 \text{ метр. в секунду.}$$

Наконец, если мы высчитаем расход энергии на грамм опилок, мы получим:

$$\frac{132{,}71 \text{ кал.}}{45{,}57} = 2{,}91 \text{ бол. кал.}$$

С физиологической точки зрения заметим, что ритм дыхания повысился с 18 до 28 (произошло повышение на 10 дыханий) или на 35,7%; вдохи стали продолжительней, чем в норме. Частота пульса дошла с 72 до 89; прирост выражается в

$$\frac{89 - 72}{89} = 19{,}10\%.$$

Помимо того, работа, длящаяся 3,5 минуты, вызывает явления *усталости*, вначале локализованные на triceps brachii правой руки на всем предплечьи и в частности в области локтевого сустава. Затем наступает очередь пальцев правой руки. Левая рука утомляется мало. Повидимому, работа *разгибателей* весьма невыгодна с экономической точки зрения, и очень неблагоприятна с точки зрения отдыха; при отдыхе правая рука находится в согнутом состоянии, не допускающем расслабления, истинного отдыха мышц. Ясно, что мышцы этой руки напрягаются, хотя и меньше, но дольше и утомляются быстрее левой руки. При продолжительной работе, с промежутками отдыха, усталость становится общей: она переходит на плечи, затем на бедра, голень и все туловище в целом.

**§ 302. Различные влияния на работу опиловщика.** Мы рассмотрим большое число опытов с целью выделения некоторых факторов, которые могут в желательном или нежелательном смысле изменять работу опиловщика. Существуют факторы внутренние, как питание, моральное и физическое самочувствие, телосложение (рост, левша) и т. д.; но особенно важны факторы внешние; сюда относятся: *положение ног*, туловища, способ держания инструмента, обращение с ним, сообщаемая ему *скорость*. Движения человека не должны быть стеснены узким платьем, наваленными кругом предметами, периодическими шумами, сбивающими ритм, и т. д.

Рассмотрим таблицу (приложение 2-е), где собраны почти все наши опыты. Из нее явствует:

1) *Влияние ритма.* По мере увеличения числа движений напильника в минуту, увеличивается, обычно, и механическая работа; следует возрастание количества исполненной работы, выражающееся между прочим в увеличении количества опилок. Эта прогрессия наблюдается до тех пор, пока число движений напильника не перешло за 80 в минуту, после чего наступает перелом — работа падает. Очень трудно уже работать при ритме в 85 взмахов и почти невозможно при 90; в последнем случае, например, работа может длиться не более двух минут.

При медленном ритме в 33 и 35, человек развивает почти 2.200—2.400 килограмм-метров, или от 20 до 26,5 грамм опилок. Удваивая ритм, т.-е. доводя его до 66 и 70, повышают производительность более чем в три раза: от 7.000 до 8.000 килограмм-метров (68—81 грамм опилок).

Рассматривая результаты опытов под №№ 1—39, заметим, что наивысшая производительность работы за час достигается при ритме 79 в минуту.

Влияние ритма сказывается в наилучшем использовании мышечной силы. Прежде всего значительно усиливается давление рук на тиски; обе руки вместе развивают вместо 12—около 18 кгм, из коих около двух третей приходится на левую. Кроме того, те составляющие этих усилий, что выполняют работу в точном смысле, повышаются в интенсивности от 4 до 8 кгм. Следовательно, последнее возрастание происходит быстрее возрастания всего мышечного напряжения—значит, последнее утилизируется совершенней. Коэффициент производительности увеличивается от 35 до 50%. Затем следует рассмотреть:

2) *Влияние наклонения рук.* Для одного и того же суммарного усилия таблица (см. стр. 456) в некоторых случаях указывает различные коэффициенты производительности; это происходит из за большего или меньшего наклонения рук рабочего по отношению к инструменту. Так было, напр., в опытах XII и XXIX, где полезное напряжение возросло от 4,4 кгм. до 5,6 кгм., а коэффициент от 35,5 до 43,7%. Однако, такое изменение полезного напряжения у одного и того же рабочего редко обязано своим существованием изменению положения рук. Оно происходит из-за увеличения общего напряжения и ритма работы.

Для точного учета вляния других переменных, как колебаний туловища, продолжительности и частоты передышек, положения ног, наклонного или прямого держания туловища, у нас нет более верных свидетельств, чем показания количества энергетической затраты, исчисленного по количеству потребленного кислорода. Здесь мы констатируем следующее:

3) *Энергетическая затрата на килограмм-метр, или на грамм опилок, уменьшается по мере учащения ритма* (см. столбцы 9 и 10). Она достигает минимума при 70 движениях напильника в минуту; при этом она составляет 0,025 бол. кал. на килограмм-метр, или 2,70 бол. кал. на грамм опилок. Таким образом экономичными условиями работы являются: ритм, равный 70 в минуту, при производстве 80—82 грамм опилок в час, и работа около 8.800 килограмм-метров. Правая рука производит, в среднем, напряжение в 7 кгм., левая—в 9 кгм. Полезное напряжение при каждом взмахе напильника (туда и назад) достигает 8 килограмм, так что коэффициент производительности равен 50%. Все же и эти условия поддаются дальнейшему усовершенствованию.

4) *Влияние положения рабочего.* В 39 только что описанных опытах рабочий слегка наклонялся над тисками, так что его туловище составляло с вертикалью угол в 20°. В опытах №№ 40 и 41 (см. XXXIX и XL) корпус держался прямо, без напряжения, при чем ноги оставались в прежнем положении. При экономическом ритме в 70, получилось, в среднем, уменьшение затраты на 4%. Коэффициент производительности повысился на 2—3%, но полезное напряжение понизилось на 3,5% первоначального значения. Во всяком случае количество работы не уменьшилось и достигалось с большей экономией. Следует заметить, что прямое и ненапряженное положение туловища вносит регулярность в работу.

Другим фактором, увеличивающим усталость (на субъекте А. С. мало выявлялся), являются периодические колебания туловища. После наклонения над инструментом при поступательном движении является необходимость выпрямиться для приведения напильника назад в исходное положение. Это колебание, которое производит, при повышенном ритме, значительное количество бесполезной работы, большею частью зависит от положения ног, от расстояния между-

человеком и тисками, а также от отношения высоты последних к росту рабочего.

Будем устанавливать рабочего на изменяющихся от 15 до 30 см. дистанциях от тисков, помещенных на уровне пупка (рис. 139); руки опираются на напильник, как при работе. В этом положении, при отдыхе, потребление кислорода за 3,5 мин. составляло:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Дистанция . . . . . | 0,15 м. | 0,20 м. | 0,25 м. | 0,30 м. |
| Потреблено $O_2$ . . . | 1,045 л. | 1,030 л. | 1,036 л. | 1,070 л. |

Оптимальная дистанция от тисков, повидимому, равна 0,20 метр., как обозначено на рис. 139 [1]).

Мы придавали также много различных положений ногам; самое экономное, по крайней мере для изучаемого нами субъекта А. С., достигается открытым углом в 68° и расстоянием в 0,25 метр. между пятками [1]). Надо сказать, что рабочие редко стоят в таком положении; они заносят левую ногу слишком далеко вперед и мало отставляют ее от правой. Если при этом туловище их и не колеблется, то это происходит по причине их навыка, который заставляет их слегка склоняться над тисками и сохранять такое положение. Мы увидим в дальнейшем, что наши наблюдения корректируют определенные данные профессиональных навыков.

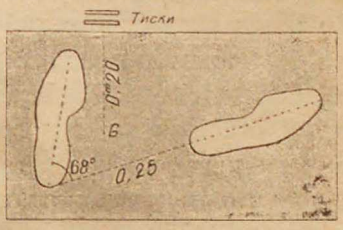


Рис. 139.

**§ 303. Способ экономной работы опиловщика.** Приучив рабочего А. С. держаться совершенно прямо, установив ноги в положении, изображенном на рис. 139, опирать корпус на левую ногу, держа в правой руке ручку напильника, в то время как ладонь левой опирается на свободный конец, мы приняли все меры к тому, чтобы возвращения инструмента совершались без усилий и свелись к простому скольжению по обрабатываемому предмету. Опыты 42—46 (XII—XIV) установили очень ясно, что при таких обстоятельствах ритм напильника в 70 взмахов становится наиболее экономным, работа более равномерной, усталость менее всего выражена, уси-

[1]) По нашим наблюдениям, расположение ног совершенно иное, а именно, левая нога впереди, а правая сзади; угол тот же. *Ред.*

лия лучше распределены, дыхание равномернее; словом, механические и физиологические условия, очевидно, более благоприятны, а продуктивность рабочего повышена. Килограмм-метр и грамм опилок оцениваются, соответственно, не выше 0,023 бол. кал. и 2,50 бол. кал. в среднем. Остается рассмотреть другие интересные переменные: вес напильника, длину, утилизируемую в работе и форму обрабатываемой поверхности. Превращение, которое претерпел инструмент чтобы быть в состоянии отмечать производимую работу, подняло его вес с 1.000 до 1.850 грамм. С другой стороны, проходимое напильником пространство равно 0,26 метра; эти два обстоятельства требуют изменения техники, которое мы уже предусмотрели.

**§ 304. Влияние возвращений впустую и промежутков отдыха.** — Изучение ритма движений установило, что наиболее экономно работа производится при ритме в 70 взмахов в минуту, это составляет около $^1/_4$ максимального ритма плечевого сустава (см. § 79). При каждом взмахе, вслед за рабочим движением (с давлением), тотчас же следует возвращение впустую; мы знаем, что при этом возвращении правая рука затрачивает усилие в 0,550 кгм., обычно пренебрегаемое по сравнению с общим напряжением. Таким образом, при возвращении впустую, отдых не полон; кроме того он изменяется в зависимости от быстроты движений. На графиках можно точно измерить промежутки отдыха (возвращения впустую), разделяющие между собой движения вперед, сопровождающиеся мышечными усилиями.

Найдены следующие средние величины:

Взмахов в минуту:

| Ритм . . | 32 | 40 | 44 | 48 | 54 | 70 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Вперед . | 0,722 сек. | 0,592 сек. | 0,579 сек. | 0,510 сек. | 0,358 сек. | 0,438 сек. |
| Назад . . | 1,153 „ | 0,908 „ | 0,784 „ | 0,740 „ | 0,772 „ | 0,419 „ |

или в %-тах:

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Вперед . | 38% | 39% | 42% | 41% | 32% | 51% |
| Назад . . | 62% | 61% | 58% | 59% | 68% | 49% |

Несмотря на неравномерность этих колебаний, ясно стремление к выравниванию обоих колебаний во время экономной работы при ритме в 70.

*Промежутки полного отдыха все же необходимы.* В вышеизложенных условиях производилась работа, продолжавшаяся 3,5 мин. Для ритма в 70 этого было не мало; усталость правой руки давала себя знать сильной болью. При ритме в 54 усталость несколько слабее, настолько, что ее практически можно избежать. Опыт нам показал, что в этом последнем случае 10 минут работы следует чередовать с 2—3 минутами отдыха. Оптимальное движение при 70 взмахах напильника требует минутного отдыха после 5 минут работы. Вообще, отношение продолжительности отдыха к работе равно отношению 1 к 5. Тогда можно быть уверенным, что после часовой работы человек находится в нормальном состоянии, весьма близком к состоянию при отдыхе: число дыханий повышается лишь на 20—25%, частота пульса, в среднем, на 20%. И кроме того, не наблюдается никаких изменений в физиологических отправлениях организма.

Опыты и наблюдения на нескольких больших заводах Парижа показали нам, что человек может работать напильником в течение $8^1/_2$ часов, из коих $\frac{8{,}5 \times 5}{6} = 7$ часов идет на продуктивную работу и 1 час 30 мин. на промежутки отдыха. Исходя из часовой работы в 8.800 килограмм.-метров, это составляет дневную работу в

$$8.800 \times 7 = 61.600 \text{ килограмм-метров}$$

с производительностью в

$$82 \times 7 = 574 \text{ грамма опилок}$$

и при энергетической затрате в

$$61.600 \times 0{,}023 \text{ кал.} = 1.417 \text{ больших калорий, в среднем.}$$

§ **305. Работа ученика.** — У ученика механические и физиологические условия работы несовершенны.

Все же тот *Х. Р.*, которого мы наблюдали, имел двухлетний опыт. Регистрация его усилий указывает на очень большую неравномерность в движениях; быстрое и порывистое движение меняется внезапной остановкой. Утомление наступает быстро и по временам проявляется склонность к одышке. Впрочем, в общем, если бы работа могла долго продолжаться в таком состоянии, она составила бы значитель-

ную величину: 10.000 до 12.000 килограмм-метров в час, или производительность в 80—85 грамм опилок. Но напряжение неравномерно, колеблясь от простого до утроенного и учетверенного; оно ускорено: от 71 до 79 взмахов в минуту. Оно исчерпывается через полторы—две минуты. И эта неравномерность влечет за собой расстройства в дыхании: стрелка газовых часов перемещается резкими скачками и в некоторые моменты указывает на полные остановки.

Принимая во внимание возраст субъекта—шестнадцать лет, надо признать, что взятый в работе ритм, конечно, был высок; давление мышц обеих рук, равное 19—20 кгм., было плохо распределено и, вероятно, несколько велико. Неспособность поддерживать его в течение трех минут и очень широкие колебания коэффициента производительности указывают на то, что ученик не был обучен работе в экономичиих условиях. Затраты на грамм опилок и килограмметр также соответственно составляют, в среднем, 4,9 бол. кал. и 0,035 бол. кал. вместо 2,50 бол. кал. и 0,025 бол. кал. у обученного (см. табл. стр. 415).

Мы не имеем возможности проследить на этом субъекте успехи профессионального образования вплоть до уровня рабочего А. С., подчиняющегося законам экономичной работы. Но мы в несколько приемов приучили нашего ученика к работе, выполняемой в следующих условиях: совершенно прямое положение туловища, вместо прежнего совершенно согнутого, постановка ног, соответствующая изображенной на рис. 139, и ритм в 70 взмахов напильника.

За короткий срок эта техника дала ему возможность лучше распределять свои усилия и приблизиться к условиям работы хорошего рабочего. Затрата на грамм опилок и килограмм-метр понизилась, в среднем, до 4,12 кал. и соответственно в 0,30 кал., что составляет значительную экономию—около 16%. Весьма возможно, что обучение завершилось бы быстро, если бы регулярно следили за работой молодого рабочего и исправляли его позу и движения. Была бы значительно уменьшена его утомляемость; напр., частота дыханий и пульса возрастала бы за 2—3 минутный период работы, самое большее, на 30 и 20%, в то время как предоставленный самому себе, этот ритм жизненных функций повышается на 54 и 35% соответственно по отношению к состоянию по-

# ТАБЛИЦА II.

**Ученик Р. Х. Полумягкий напильник на латуни (длительность 2 мин.).**

| Порядковые номера. | Число движен. напильника в м. | Мышечное усилие: правая рука. | Мышечное усилие: левая рука. | Полезное усилие обеих рук. | Коэффициент производительн. | Работа в час. (кгм-м.) | Количество опилок в час. | Затрата на килограмма мет. в б. кал. | Затрата на один грамм в б. кал. | Усиление: дыхания. | Усиление: пульса. | Разные замечания. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 47 — XVI | 71,42 | 8,05 к. | 10,90 к. | 10,41 кг. | 54,9 % | 11.598,3 | 80,60 гр. | 0,034 к. | 4,89 к. | 46,2 % | 31,4 % | Сильное балансирование туловища; положение наклоненное, усталость и склонность к одышке. |
| 48 — XVII | 73,39 | 7,62 „ | 11,00 „ | 10,85 „ | 58,2 „ | 12.422,0 | 85,12 „ | 0,032 „ | 4,67 „ | 49,8 „ | 32,2 „ | |
| 49 — XVIII | 75,10 | 8,20 „ | 10,45 „ | 9,37 „ | 50,2 „ | 9.897,5 | 78,27 „ | 0,036 „ | 4,93 „ | 53,0 „ | 35,1 „ | |
| 50 — XIX | 76,20 | 7,10 „ | 12,53 „ | 8,95 „ | 45,5 „ | 10.530,6 | 81,17 „ | 0,038 „ | 4,93 „ | 51,9 „ | 30,8 „ | |
| 51 — LI | 78,00 | 8,20 „ | 11,45 „ | 9,67 „ | 49,2 „ | 11.766,4 | 84,05 „ | 0,035 „ | 4,90 „ | 65,1 „ | 42,0 „ | |
| 52 — II | 78,90 | 7,81 „ | 10,10 „ | 9,04 „ | 50,4 „ | 11.126,8 | 79,50 „ | 0,035 „ | 4,91 „ | 59,9 „ | 40,0 „ | |
| Среднее . . . | 75,5 | 7,83 к. | 11,07 к. | 9,71 кл. | 51,6 % | 11.223,6 | 80,45 гр. | 0,035 к. | 4,87 к. | 54,3 % | 35,2 % | |
| 53 — III | 70,00 | 8,45 к. | 10,85 к. | 9,80 кл. | 50,7 % | 10.702,8 | 77,36 гр. | 0,030 к. | 4,15 к. | 36,6 % | 20,1 % | Легкое балансирование туловища; но усталость менее выражена и дыхание регулярное. |
| 54 — IV | 70,00 | 8,90 „ | 10,40 „ | 9,15 „ | 47,4 „ | 9.991,8 | 74,63 „ | 0,031 „ | 4,15 „ | 30,9 „ | 17,9 „ | |
| 55 — V | 70,00 | 8,85 „ | 10,20 „ | 9,98 „ | 47,1 „ | 9.806,2 | 72,89 „ | 0,031 „ | 4,17 „ | 24,8 „ | 16,8 „ | |
| 56 — VI | 70,00 | 9,10 „ | 9,86 „ | 8,88 „ | 46,8 „ | 9.696,9 | 70,10 „ | 0,030 „ | 4,15 „ | 37,9 „ | 22,3 „ | |
| 57 — VII | 70,0 | 8,74 „ | 10,49 „ | 9,34 „ | 48,5 „ | 10.199,2 | 74,44 „ | 0,030 „ | 4,11 „ | 45,0 „ | 27,7 „ | |
| Среднее . . . | 70,00 | 8,81 к. | 10,36 к. | 9,23 кл. | 48,1 % | 10.079,4 | 73,88 гр. | 0,030 к. | 4,14 к. | 35,0 % | 21,0 % | |

коя. А мы видели, что в этих условиях ему было трудно работать *безостановочно* более *115 секунд* и едва ли двух минут.

Произведя анкету о работе учеников, мы убедились, что она изобилует многочисленными, слишком частыми перерывами; каждый период длится 25—30 секунд, в зависимости от объекта, при работе плоским и полумягким напильником. Отдых продолжается 10—15 секунд. Если мы приравняем отношение между длительностью паузы и производительной работой к отношению 1 : 3, и если, как нам известно, дневная работа длится 8 ч. 50 мин., то мы придем к выводу, что ученик работает продуктивно 6 часов. Даже, принимая средние силы субъекта Х. Р., это представляет:

$$11.222 \times 6 = 67.332 \text{ килограмм-метра за день,}$$

$$80{,}45 \times 6 = 482{,}70 \text{ гр. опилок}$$

и энергетическую затрату в:

$$482{,}70 \times 4{,}87 \text{ кал.} = 2.356{,}75 \text{ калорий.}$$

В общем, количество работы приблизительно на 15% меньше количества, вырабатываемого хорошим рабочим, но механическая и мышечная работа значительней, и затрата энергии больше на 66%.

Излишне добавлять, что эти условия работы противоречат законам науки и неблагоприятны ни для здоровья рабочих, ни для прогресса индустрии, которая их трудами пользуется.

§ 306. **Индивидуальные изменения.** — Все этапы ученичества соответствуют различным методам работы; один и тот же рабочий, по мере того как его опыт обогащается, совершенствует положение своего тела, приобретает сноровку, т.-е. при той же продуктивности уменьшает затрату своей энергии. Можно сказать, что ловкость, главным образом, обнаруживается в выборе быстрого ритма. Многочисленные графики, которые нам удалось собрать, исчерпывают этот вопрос.

Но эти графики обнаруживают также, что для данного ритма величина и распределение напряжений различны у разных субъектов, и причиной тому являются колебания туловища и постановка ног. Во всяком случае, при прочих

равных условиях, *элементы* движения напильника изменены: один рабочий толкает инструмент гораздо сильней левой рукой, чем правой, другой в одинаковой мере, третий производит нажим почти исключительно левой рукой и производит ею самую незначительную тягу. У нас не было субъекта, который являлся бы *левшой*, но мы очень склонны думать, что они распределяют свои усилия более равномерно, чем работающие правой рукой.

*Мышечные атрофии, параличи* характеризуются более или менее выраженной ассиметрией напряжения. Напр., на графике субъекта Е. А., почти не владеющего правой рукой, горизонтальная составляющая напряжения правой руки незначительна по амплитуде, в то время как горизонтальная составляющая левой достигает 6 или 8 кгм. То же относится и к графикам вертикальных составляющих. Несмотря на это, после продолжительных упражнений с напильником, работа у Е. А. выравнялась.

*У близоруких* постоянный недостаток—их наклонное над работой положение, следствием чего является излишняя усталость.

Ко всем этим указаниям надо прибавить неравномерность в действии одной и той же мышечной группы или иррегулярность ординат, представляющих определенное напряжение. Это—показатель плохой работы, показатель отсутствия *нормального режима* в жизни одушевленного механизма. И это самый важный недостаток, ибо при этом плохая продуктивность рабочего усугубляется обесценением организма, неспособного уже восстановить свои силы вследствие сильной изношенности. Как мы уже указывали выше, следует с большой тщательностью заботиться о дыхательном обмене и свободе, непринужденности движений. Поэтому необходимо заботиться об этом, если рабочие выполняют работу на заводах, организованных на вышеописанных основаниях.

**§ 307. Общие заключения.**—Данные научного экспериментирования, а не теория, в средствах удовлетворить основному требованию индустрии: определить условия максимальной суточной работы, учитывая физические и физиологические переменные. Те, что мы только-что определяли, относятся к случаю работы с инструментом, форма, вес и длина кото-

рого точно предусмотрены; они применимы, вероятно, также к напильникам того же размера, но с более острыми и глубокими насечками. Но они неприменимы к случаям работы с малыми напильниками, требующими очень быстрых движений в среднем 150, с трехчетвертным треугольником, 17 см. длиной.

С плоским прямоугольным напильником в 34 см., «рабочая длина» которого = 0,26 м., дневная работа достигает приблизительно 65.000 килограмм-метров за 8,5 часов, из коих 7 часов идут на производительную работу; эта работа соответствует, самое большее, 600 граммам латунных опилок; затрата энергии равна 0,023 калории на килограмм-метр, что составит чистую производительность в

$$\frac{1 \text{ кгм.}}{0{,}023 \times 425} = 12{,}3\%.$$

Столь слабая производительность указывает на то, что работу напильником нельзя причислить к рациональным способам использования мышечной силы.

Тело рабочего должно быть расположено вертикально и ненапряжено, отстоять на 20 см. от верстака, а этот последний должен быть на уровне пупка; постановка ступней должна быть такова, чтобы открытый угол составлял 68°, а расстояние между пятками—0,25 метр.; левая рука должна быть совершенно вытянутой и нажимать на инструмент сильнее правой: 8,5 кгм. и 7,5 кгм. при полезном напряжении в 8 килограмм. Возвращения напильника должны быть сведены к простому скольжению, без нажима руками. Наконец, ритм движений должен достигать 70 в минуту.

После того, как все эти условия соблюдены, следует чередовать пять минут работы с минутой полного отдыха, во время которого руки должны быть вытянуты по швам. Дыхание и пульс претерпевают периодически возрастания на 20 и 25%, по отношению к состоянию покоя. Местное утомление правого предплечья терпимо, и общая усталость едва заметна.

Максимальная работа по меньшей мере вдвое больше обычной работы большинства рабочих.

Равномерность записи, т.-е. мышечной деятельности была уже подмечена Эмбером [1]) у хороших рабочих; напро-

[1]) Работа Эмбера по изучению опиловки была опубликована в „Revue générale des Sciences“ в июне 1911 г.

тив, в работе новичков и учеников наблюдаются неравномерности и случайности.

§ 308. **Работа с пилой.** Ножовки (пилы) служат для распиливания металлов, дерева или камня. Опытов с этим инструментом не производилось, но наблюдения в мастерских показали, что работающий пилой развивает усилие от 3 до 6 килограмм при скорости от 0,30 метра до 0,60 метра в секунду. Переменные в этой работе, по крайней мере, столь же многочисленны, как и в работе с напильником. Дневная производительность колеблется между 30000 и 100.000 килограмм-метрами за семь часов продуктивной работы. Некоторые наблюдатели отмечали, однако, что пильщик досок производит за день работу, равную 160,000 килограмм-метрам (Понселе), и что такая работа требует равномерного движения и умеренной скорости. Распиливатели досок работают по-двое; при движении вниз усилие равно 15 кгм., при подъеме — 1,80 кгм.; пробег равен 0,45 метра, ритм=80 взмахам в минуту. Дневная работа за восемь часов составляет:

$(15+1{,}8)\ 0{,}45\times 80\times 60\times 8=290{,}304$ килограмм-метра, или по 145,152 килограмм-метра на человека (Амар).

Утомляемость значительна вследствие согнутой, колено преклоненной позы.

§ 309. **Работа металлиста.** Внешние факторы, повышающие производительность рабочего (инструменты, быстрота), были тщательно изучены Тэйлором в металлообрабатывающей промышленности; этот ученый исследовал глубину *резания металлов* при различных скоростях, регулируемых изменением трансмиссий, и дал такие формы резцов, которые наиболее отвечают задаче повышения производительности. Следуя этим данным, он констатировал, что производительность «повышается в 2,5 раза в самом неблагоприятном случае и в 9 раз—в лучшем». Само собой разумеется, что достижение подобных результатов требует известной выучки человека и хорошего знания резания металла; скорость перемещения инструмента приближается к установленной.

Опыты Тэйлора заключались в хронометрировании работы станков, в изменении формы последних, в установлении тех или иных преимуществ, в ознакомлении со свойствами обрабатываемого металла и проч., а также в вычислении наивысшей производительности, основываясь на этих

*механических переменных*. Специальные *правила вычисления* были установлены с этой целью математиком К. Бартом[1]).

Следствием этого изменения методов работы явился удивительный подъем экономической жизни американских фабрик.

*Работа на токарном станке* также находится в зависимости от подбора инструментов и ловкости рабочих; дело сводится к определению поступательного движения, к регулированию хода станка в зависимости от толщины удаляемой стружки и от природы металла (легкоплавкий металл, кованое железо, сталь). Сила и скорость должны быть в этом случае особенно идеально скомбинированы. Никогда не следует забывать, что при всех этих условиях физиологические законы должны ревностно соблюдаться, и, думается, даже больше, чем это делал сам Тэйлор. Этот знаменитый ученый, стоявший, прежде всего, на индустриальной точке зрения, потратил двадцать шесть лет на исследование проблемы наиболее экономичного использования оборудования путем введения самых усовершенствованных инструментов. По его словам, во всякой механической мастерской, безразлично, посвящена ли она работам токарным, сверлильным или фрезерным, имеют место 12 *переменных:* 1) качество обрабатываемого металла, 2) диаметр куска, 3) глубина резания, 4) толщина стружки, 5) эластичность объекта и инструмента, 6) профиль резца, 7) химический состав стали, 8) охлаждение, 9) продолжительность резания, 10) давление стружки на инструмент, 11) быстрота продвижения, 12) сила тяги станка.

Из большого числа опытов были установлены численные значения для отдельных членов формул, вычисление которых велось далее по обычным правилам посредством правил вычисления. И тот же, к сожалению, недостаточный опыт указал автору, чего он может требовать от своих рабочих, не надрывая их сил.

---

[1]) Ф. Тэйлор затратил много усилий и времени, пытаясь найти связь между этими переменными; лишь с привлечением в 1899 году математика Carl G. Barth, окончившего высшую техническую школу в Horten'e, удалось не только получить формулы, связывающие между собой ряд величин, относящихся к резанию металлов, но и сконструировать (в 1901 г.) счетные линейки, позволяющие быстро находить нужную цифру, напр., скорость резания. *Прим. ред.*

Не поддается сомнению, что правила работы, установленные Тэйлором, по существу своему способны повысить в значительной мере производительность рабочих заводов, арсеналов, артиллерийских парков, при условии применения их с большим тактом и в меру, а также при условии соблюдения рабочими своих выгод.

## ГЛАВА IV.

## Профессиональная работа.

*(Продолжение.)*

**§ 310. Работа с садовыми ножницами.** А. Эмбер измерил усилие, необходимое для разрезания садовыми ножницами виноградных лоз на черенки при работе одной рукой; эта работа выполняется на юге Франции женщинами. Он получил, при помощи уже описанного выше способа, след. результаты:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Толщина виноград. лозы. | 3,50 мм, | 4.,00 мм., | 6,75 мм., | 10,50 мм. |
| Усилие (в килограммах). | 2,00 » | 3,40 » | 4,40 » | 13,00 » |

Хорошая работница нарезает в день, в среднем, 3.000 черенков; на это затрачивается, по меньшей мере, 27.138 килограммов мышечной силы; затрата энергии не определялась.

Продуктивность работниц может удваиваться как от толщины виноградных лоз, так и от профессиональной ловкости, сберегающей время; опытная работница ставит лозы на расстоянии руки от себя, чтобы не нагибаться и не производить движений с большим размахом; инструмент и место приложения работы расположены таким образом, что работа прерывается лишь на необходимое для перестановки лозы время; график является в этом случае совершенно правильным; график одной начинающей показывал работу неправильную, прерывистую и очень расточительную.

**§ 311. Работа по дереву. Обработка дерева.** Работа со столярными инструментами, работа токаря по дереву не были еще никем исследованы; научное изучение машин-инструментов, каковыми являются строгательная машина, дриль, находится в забросе; кажется, что к этому вопросу проявлено меньше всего интереса, однакоже, методическая постановка этой работы могла бы не только повысить производительность,

но и сократить время пребывания в мастерских среди порой ядовитых газов, выделяющихся при обработке дерева.

**§ 312. Работа по полировке стекол.** Амонтону пришла мысль увеличить количество работы, совершаемой за день полировщиками. Эти последние перемещают род деревянной дуги «длиной в 1,5 фута в 0,5 секунды, что соответствует длительному поднятию тяжести в 25 фунтов при 3 футах в 1 секунду». Этот выдающийся физик сделал, пользуясь безменом, необходимые измерения и, основываясь на его данных, мы можем вычислить, что полировщик работает с силой в 12,24 кгм. и быстротой в 0,97 метра в течение 10 действительных часов; вся же дневная работа оценивается в 205,109 килограмм-метров. Это, конечно, очень большая величина.

**§ 313. Работа с лопатой.** Прежде, чем знакомиться с этим вопросом по старым исследованиям, посмотрим, что говорит об этом Ф. Тэйлор: «Кажется, с первого взгляда, что достаточно от 15 до 20 часов размышления, чтобы открыть основные принципы работы с лопатой. Однакоже научное освещение этого вопроса до такой степени заслонялось эмпирическими навыками, что автор никогда не встречал ни одного предпринимателя по земляным работам, могущего представить себе, что существует наука о работе с лопатой».

«Существует для каждого работника определенная нагрузка лопаты, соответствующая его максимальной производительности. Выбирая 2-х или 3-х работающих лопатой, получающих премию за добросовестную работу, и меняя груз, положенный на лопату, можно, после многих недель наблюдения работы и ее побочных условий, открыть, что хороший работник лопатой достигает своего максимума производительности с грузом приблизительно в 10,25 кгм. Чтобы определить некоторые другие элементы, составляющие науку о работе лопатой, были произведены многочисленные наблюдения с секундомером; изучалось, с какой скоростью работник, снабженный лопатой определенного типа, может углубить свой инструмент в кучу и вытащить его оттуда достаточно наполненным. Эти наблюдения над втыканием лопаты в кучу были произведены сначала на неровной почве, затем на досках, наконец, на подстилке из кровельного железа. Было точно изучено количество времени для перевер-

тывания лопаты, для перенесения груза на данное горизонтальное расстояние, на данную высоту при различных сочетаниях высоты и горизонтального расстояния».

Теперь перейдем к вычислению работы с лопатой. Кулон сообщает данные относительно разрыхления земли. Исследуемый субъект разрыхлял в день 45,250 куб. метров земли; он подымал лопатой, весящей 1,7 кило, груз в 6 кгм., что вместе составляет 7,7 кгм. (ниже веса, указанного Тэйлором). Кубический метр земли весит, в среднем, 1,898 кгм. Таким образом число поднятий лопаты равно

$$\frac{45{,}25 \times 1{,}898}{6}.$$

Так как работник подымал лопату на высоту 0,4 метра, то вся работа (только для поднятий) составляет:

$$\frac{45.25 \times 1{,}898}{6} \times 7{,}7 \times 0{,}4 = 43{,}000 \text{ килограмм-метров.}$$

Рабочий втыкает лопату в кучу на глубину в 0,25 метра при сопротивлении (измеренном безменом) в 15 кгм. След., работа при втыкании:

$$\frac{45{,}25 \times 1{,}898}{6} \times 15 \times 0{,}25 = 53.600 \text{ килограмм-метров.}$$

Итак, Кулон допускает возможность работы в 100,000 килограмм-метров в день, что является довольно низкой оценкой.

В работе выравнивания поверхности земли, лопата, недостаточно нагруженная (от 1,5 до 2,0 кгм.), подымалась приблизительно на высоту 1,6 метра для наполнения воза или для бросания в вертикальном направлении. Работа продолжалась 10 часов, в течение которых снималось от 15 до 20 кб. метров земли. Возьмем наибольшие цифры: число лопат:

$$\frac{20 \times 1{,}898}{2} = 18.98.$$

Совершенная работа:

$$18{,}98 \times 1{,}6 \times 3{,}7 = 112.362 \text{ килограмм-метров,}$$

считая вес лопаты в 1,7 кгм.

Несмотря на значительную продолжительность работы, это далеко не максимум, принимая во внимание недостаточное наполнение лопаты.

У работающего лопатой очень устают руки и поясница, вследствие производимых им нагибаний и выпрямлений туловища.

Эта мышечная работа очень высока. К тому же рабочий должен во время работы перемещаться, используя, следовательно, и сокращения мышц нижних конечностей.

**§ 314. Работа с тележкой и тачкой.** Этот род работы вызвал исследования механического и мышечного, но не энергетического характера, со стороны А. Эмбера; они весьма интересны.

Перевозка земли производится часто при помощи тачки; перевозка же тесаного камня—при помощи особой тележки.

В данном случае работа ног не менее важна, чем работа рук.

При работе с тележкой механическая работа заключается в нагрузке, толкании или тяге и разгрузке. Регистрируются силы, направленные перпендикулярно к ручкам (поддержка, нагрузка, разгрузка) и силы, параллельные ручкам (толкание). Техника была приведена выше (§ 199).

Заключения исследователя: нагрузка мешка в 50 кгм. требует:

1) со стороны правой ноги затраты силы, равной той, какая производится при восхождении на одну ступеньку вышиной в 12 см.

2) со стороны разгибательных мышц туловища и мышц правой руки затраты сил приблизительно в 30 кгм.

Последнее обстоятельство является довольно тяжелым для молодых субъектов (15—16 лет). Лица высокого или среднего роста устают немного менее, чем другие.

При вычислении работы погрузки и перевозки на расстоянии 24 метров 62-х мешков в час, А. Эмбер нашел следующие цифры:

Работа, выполняемая в течение часа с тележкой, при перевозке мешков весом в 60 кило по горизонтальной цементированной дороге, соответствует, по меньшей мере, сумме следующих слагаемых:

1) вертикальное восхождение на 62 ступеньки или напряжение от 25 до 30 кгм., повторенное 62 раза.

2) горизонтальное продвижение на расстояние приблизительно в 3 километра,

3) полное напряжение в 1.862 кгм. произведенное мышцами руки (30 кгм. по V).

Работа, вычисленная при ходьбе в килограмм-метрах для субъекта в 70 кило, равна

$$\frac{2000 \times 70}{16} = 13.125 \text{ килограмм-метров;}$$

за 10-тичасовой день это составляет 131.259 килограмм метров.

§ 315. Перевозка при помощи тележки требует некоторых объяснений; в самом деле, груз может иметь центр тяжести в плоскости, проходящей вертикально через ось $O$; следовательно, в том случае, когда рабочий держит ручки так высоко, что тяжесть груза направлена вертикально через точку $O$, то ему остается лишь преодолеть трение почвы и пассивное сопротивление колес (рис. 140). Но, если груз расположен таким образом, что проекция центра тяжести проходит впереди линии $GO$, или позади нее, то он будет действовать впереди или позади $O$; допустим, что проекция проходит позади $GO$; в этом случае сила тяжести будет действовать отчасти на ось, отчасти на руки рабочего; пара этих сил стремится все время опустить ручки тележки. Если проекция центра тяжести проходит через $G_1$, то надо, напротив, надавливать на ручки, чтобы противостоять паре сил; при движении по наклонной плоскости условия перевозки усложняются; если проекция центра тяжести проходит через точку $O$ (ось колес), сила $P$ будет иметь одной из составляющей силу перпендикулярную к почве и производящую трение о последнюю; в данном случае это трение будет слабее, чем на горизонтальной плоскости; другая составляющая, действующая против направления движения, будет затруднять работу толкания тележки; эта составляющая пропорциональна наклону земли. Очевидно, что для того, чтобы поднять ручки достаточно высоко и поместить проекцию центра тяжести через точку $O$, необходимо, чтобы работник был высокого роста. С этой точки зрения невыгодно применять для этой работы людей низкого роста, так как они бывают вынуждены затрачивать бо́льшие усилия.

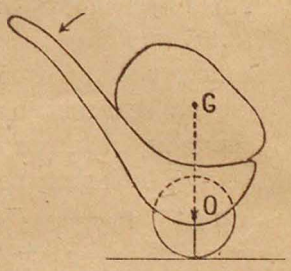


Рис. 140.

В этих опытах Эмбер не вычислял работы поступательного движения; тем не менее он указывает, что на горизонтальной, цементированной дорожке при передвижении тележки на колесах достаточно усилия от 3 до 4 кгм., чтобы получить поступательное движение (мера аналогичная мере, приведенной выше для напильника). Следовательно, при усилии, равном в среднем 3,5 кгм., работа мышц рук после 10-часовой работы будет равна:

$$3{,}5 \times 3.000 \times 10 = 105.000 \text{ килограмм-метров,}$$

а вся дневная работа:

$$131.250 + 105.000 = 236.250 \text{ килограмм-метров.}$$

Характер поверхности почвы в значительной мере изменяет эту величину, вызывая большое трение.

Здесь интересно отметить, что при нормальной работе, как и в случае с напильником, ритм дыхательных движений увеличивается, сообразно с особенностями исследуемого субъекта, на 25—40%, а число ударов пульса на 17—20%. Общая усталость мало заметна, но усталость мышц рук достаточно заметна и исчезает лишь после довольно долгого промежутка времени. Для правой ноги усталость менее заметна вследствие бóльшей силы ее мышц, и это является правилом, главным образом, для субъектов взрослых и обладающие большим весом.

**§ 316. Перевозка на тачке**, изученная при помощи тех же методов, имеет ту особенность, что груз мало поднят над поверхностью земли и что тачка имеет одно колесо; сила, затрачиваемая на поддержку больше, чем в случае тележки, и усталость при работе с тачкой более заметна. В случае тачки, весящей 29 кгм. с грузом, положенным в средине ящика, мы имеем полный вес $P$, которому пропорциональна сила, затрачиваемая на поддержку. Из вычислений А. Эмбера мы выводим, что эта сила равна $\frac{42}{100}$ веса $P$; это составит 12 кгм. при движении порожняком, т.-е.:

$$\frac{29 \times 42}{100} = 12 \text{ килограммов (приблизительно).}$$

Можно вычислить для одинаковой затраты сил величины груза, несомого на руках и перевозимого на тачке. Эта величина равна

$$x = \frac{(29 + x) \cdot 42}{100}.$$

Отсюда $x = 21$ килограмму.

Следовательно, только начиная с 21 килограмма, употребление тачки становится выгодным. Результат интересен в связи с тем обстоятельством, что сила руки ограничена и близка к 20 кгм. В согласии с величиной, приведенной выше, груз в 21 кгм., несомый непосредственно рукой, стоит на границе экономной работы рабочего.

При движении тачки рабочий редко пользуется только своей мышечной силой; достаточно увидеть его идущим с наклоненным туловищем, чтобы убедиться в том, что и его вес играет известную роль. Отсюда следует сделать вывод, что, с точки зрения затрачиваемой силы, человек бо́льшего веса имеет преимущество над человеком меньшего веса.

Эмбер вычисляет силу толкания наполненной тачки, движущейся по обыкновенной почве; мы уже знакомы с его методом; он приходит к следующему отношению, которое мы берем из его цифровых данных:

$$F = P \times \frac{43}{1.000}$$

Полный вес нагруженной тачки достигает приблизительно 110 кгм. На почве, размякшей от дождей и к тому же липкой, усилие, необходимое для тяги, почти утраивается:

$$F = P \times \frac{132}{1.000}$$

Отложив на время рассмотрение статических сил, вычисляем, что прохождение одного километра по обыкновенной почве требует двойной затраты сил для взрослого весом в 70 кгм. С нагрузкой в 20 кгм. мы получим только:

$$(20 + 29)\frac{43}{1.000} \times 1.000 + \frac{70 \times 1.000}{16} = 6.482 \text{ килограмм-метра.}$$

Если же, как и в случае с тележкой, рабочий проходит 30 километров в день, то его работа равняется:

$$6.482 \times 30 = 194.460 \text{ килограмм-метров.}$$

Следует прибавить к весу рабочего вес, соответствующий давлению ручек тачки на руки; рабочий с тачкой, так сказать, будет нагружен более, чем с тележкой (при одинаковом весе груза); на одинаковом расстоянии и с грузом в 60 кгм. мы получим работу, равную:

$$(29 + 60)\ \frac{43}{1.000} \times 30.000 + \frac{(70 + 36) \cdot 30.000}{16} =$$

$$= 332.310 \text{ кгм.-м.,}$$

прибавляя 36 килограммов для веса, падающего на руки ($^{42}/_{100}$). Таким образом работа с тачкой больше, чем работа с тележкой при прочих равных условиях.

Эмбер наблюдал, что работа с тачкой, по сравнению с работой с тележкой, вызывает более усиленную дыхательную деятельность и бо́льшую работу органов кровообращения (от 40 до 25%) и упорную местную (в руках) мышечную боль. Предыдущие опыты дают нам несколько бо́льшие цифры, так как обычная работа продолжается около 8 с половиной часов. Кроме того, следует принять во внимание влияние быстроты работы и величины отдыха.

**§ 317. Опыты старых исследователей.** Кулон определил при помощи безмена силу тяги тачки во время работы выравнивания площадей на сухой и ровной почве, при чем тачка весила 30 кгм., груз же (земля) 70 кгм. Он получил $F$ равным 2,5 кгм. или коэффициент

$$\frac{2,5}{100} = \frac{25}{1.000}$$

Вобан же в своих «Инструкциях или Общем руководстве к фортификации» указал, что один человек может перенести 14,79 кб. метров земли на расстояние 29,226 метров, совершив 500 прогулок при общем пройденном расстоянии в 14,613 километра при условии возвращения тачки пустой к месту работы. В этом случае работа равна:

$$14{,}613 \times 2{,}5 + \frac{70 \times 14{,}613}{16} = 97.964 \text{ килограмм-метра}^1).$$

Сила же тяги при возвращении равна только:

$$\frac{30 \times 25}{1.000} = 0{,}75 \text{ кгм.},$$

а работа:

$$14.613 \times 0{,}75 + \frac{70 \times 14{,}613}{16} = 82.392 \text{ килограмм-метра}^1).$$

Кулон нашел, что усилие на поддержку равно $^{19}/_{100}$ или 19 кгм. при отправлении с грузом и 5,5 кгм. при возвращении; условия вдвое более выгодные, нежели условия, найденные Эмбером.

Среднее усилие на одну экскурсию

$$\frac{19 + 5{,}5}{2} = 12{,}25 \text{ кгм.:}$$

Оно прибавляется к весу человека для получения добавочной работы, равной:

$$\frac{12{,}25 \times 14{,}613 \times 2}{16}$$

Соединив вместе все эти количества, мы получим дневную работу, равной 202.730 килограммо-метрам.

**§ 318. Случай с двухколесной тачкой.** — Изыскивая условия максимальной работы при перевозке кирпичей на небольшие расстояния, Франк Джильбрет наблюдал, что двухколесная тачка вызывает меньшую усталость, нежели одноколесная, вследствие своей лучшей уравновешенности; максимальная работа получается при перевозке 480 — 490 кгм. или же 216 кирпичей в один конец. Этот факт, проверенный неоднократно автором, является неоспоримым. Однако мы думаем, что груз в 500 кгм. вызывает бо́льшую усталость, и что этот случай требует физиологического исследования.

Все же ясно, что перевозка на 2-хколесной тачке легче. Гениво определил силу тяги в 3 кгм. при перевозке груза

---

[1]) Привожу без изменения цифры Амара, хотя они и неверны. *Ред.*

в 100 кгм. на двухколесной тачке, весящей 30 кгм., и в 0,9 кгм. в случае, если тачка пуста; в день проходят, таким образом 18 километров (возвращаясь порожняком). Вычитая силу затрачиваемую на поддержку, мы получаем работу:

$$18.100\,(3+0,9)+\frac{18.000\times 2\times 70}{16}=230.700 \text{ километров.}$$

В заключение можем сказать, что, приняв, в случае одноколесной тачки, путь в 30 километров (за день) и груз от 60 до 80 кгм., мы получим максимальную производительность рабочих. В случае двухколесной тачки вес груза может изменяться от 100 до 500 кгм., но в этом случае мы должны давать рабочему отдых в течение некоторого времени, а также изменять скорость и проходимое в день пространство, в отношении пока нам еще неизвестном. В случае двухколесного экипажа разница лишь та, что человек не толкает его, а тащит, впрягаясь в него. Коэффициент тяги достигает в среднем $^{25}/_{1000}$.

Изучение этого рода работы показывает, что работник действует, главным образом, своей тяжестью; он нагибается тем сильнее, чем более вес перевозимого груза. Джильбрет наблюдал также очень часто ходьбу в согнутом положении, о преимуществах которой мы уже говорили: уменьшение вертикальных качаний и увеличение быстроты ходьбы.

**§ 319. Работа велосипедиста.** — Велосипедист может ехать без груза или же тащить за собой повозку. Обозначив силу давления на педаль буквой $P$, а силу, перенесенную на цепь—$p$, получим:

$$p=P\cdot\frac{OO'}{OA},$$

где $OO'$ — радиус педали и $OA$ — радиус зубчатого колеса. Опыт показал, что $OO'$ не должно быть более 19 см., чтобы не мешать правильной работе ног, и что число оборотов педали не должно превышать 90 в минуту.

Для данного пространства число ударов педалью обратно пропорционально расстоянию, проходимому двигающим колесом при каждом ударе педали; из этого следует, что сила ног пропорциональна окружности движущего колеса; кроме

того, скорость увеличивает пассивное сопротивление и требует большого усилия; не следует увеличивать в одинаковой мере окружность колеса для лиц различной силы и разного возраста.

Лео Цунц вычислил трату энергии при езде на велосипеде в течение 5 или 6 минут, употребляя метод Н. Цунца, описанный выше (с газовым счетчиком весом в 7,5 кгм., помещенным на руле).

Приняв вес человека в 65 кгм., мы получим для общего веса:

$$65 + 7{,}5 = 72{,}5 \text{ кило.}$$

При скорости в 15 километров в час, пройденный метр вызывает, в среднем, затрату в 27 малых калорий или же немного более $^1/_3$ малой калории на метр и килограмм веса. Следовательно, езда на велосипеде более выгодна в смысле затраты энергии, чем ходьба. При более продолжительных поездках она уменьшается до 0,26 калорий; при скорости же в 21 километр в час она возрастает до 0,37 калорий. В общем же езда на велосипеде в 2 раза экономнее, нежели ходьба. Она требует лишь особой осторожности при выборе машины и в манере сидеть, ибо при неправильной посадке или при наклонении в сторону руля усталость наступает гораздо скорее.

Сопоставляя работу и затрату энергии, Лео Цунц вывел отсюда производительность в 33%.

В случае велосипедной езды особенно замечательной является сила могучих мышц ног и незначительное усилие, потребное для вращения колес; с другой стороны, возможность достижения больших скоростей приводит к выгодному использованию человеческой силы.

**§ 320.** Работа ног используется также в движении педалей различных машин (токарных станков, сверловочных, точильных станков и пр.) и является по своему характеру периодической; скорость изменяется в зависимости от требований работы; сила же зависит от устройства машины; таким образом можно встретить точильщика, дающего 25 ударов педалью в минуту, и другого, дающего 80; эта разница в числе ударов педалью создает в пользу последнего более значитель-

ные скорость и силу, и потому работа исполняется быстрее. Во время точки точильщик прижимает лезвее к камню и развивает значительную работу руками; в те моменты, когда он отнимает лезвее от камня, чтобы его повернуть или осмотреть, он не прекращает вращения ногой и таким образом сохраняет достигнутую скорость и не прерывает нормального хода работы: он дает машине работать впустую, чтобы избежать многократных пусков в ход.

**§ 321. Различные работы.** — *Дактилография* и др. Большинство изученных нами работ требуют затраты *силы*; есть также работы, требующие, по преимуществу, *скорости*; такими являются резанье, вышиванье, работа на пишущей и счетной машинах, игра на рояли и на струнных инструментах, танцы.

Элемент быстроты, входящей в эти упражнения, вызывает то, что мы называем:

*личным уравнением*, носящим, преимущественно, индивидуальный физиологический характер, приобретенный или унаследованный;

*материальный фактор* — состояние сочленений ладони, пальцев руки или ноги, удовлетворяющее условию быстрой работы; эти сочленения имеют, как известно, много факторов, стесняющих свободу их движений;

*динамический фактор* должен также удовлетворять этому. Однако не все люди имеют его в одинаковой степени; к этому следует присоединить *тупоподвижность* и *неловкость*, столь характерные для начинающих обучаться какому-либо ремеслу, неспособность некоторых людей приводить сразу свои мышцы в покойное состояние и неодинаковую способность реагировать на возбуждение; поэтому следует различать субъектов с быстрыми и с медленными движениями и назначать их на соответственную работу.

Лучше всего была изучена работа машинисток.

Различные опыты, произведенные над пятью различными субъектами, показали, что при изменении количества слов в минуту от 57 до 115, затрата энергии возрастает по отношению к отдыху с 30 до 70%; на тысячу слов производят добавочную затрату энергий, соответствующую 7 бол. калориям (в среднем); на 1.000 ударов пальцев по клавишам пишущей машины затрачивается 1,6 бол. калорий и по мере того,

как работа прогрессирует, по мере того, как пальцы устают, кажется, что работа производится экономнее.

Мы нашли, что сила, необходимая для *выбивания* одной клавиши (цифры или буквы), равна 90 граммам и перемещение — 1,5 см; в секунду производят 7 ударов; механическая работа в час выражается следующим образом:

$$0{,}090 \times 0{,}015 \times 7 \times 3{,}600 = 34{,}02 \text{ кгм-м.}$$

Каждый удар требует сгибания и разгибания пальцев и, следовательно, мышечная работа имеет двойную величину: *68 килограмм-метров* или $^1/_6$ бол. калории. Считая по 1,6 калории на 1.000 ударов, вычисляем затрату энергии в час:

$$\frac{1{,}6 \times 7 \times 3.600}{1.000} = 40{,}32 \text{ бол. калории.}$$

Отсюда вывод, что затрата энергии не пропорциональна полезной работе вследствие значительного количества движений и пусканий в ход. Однако легко признать, что машинистка может без труда выполнить 10-часовую работу в день. Карпентер сделал очевидной роль профессиональной ловкости и положения тела в экономии энергии; надо держать туловище прямо, предплечье — на весу и наносить быстрые и легкие удары. Пианист производит работу аналогичную работе на пишущей машине; число его движений равно, самое большее, от 6 до 8 в секунду.

Вязальщицы работают в 2 раза более медленно; то же самое и в работе с крючком.

В заключение можно сказать, что усталость является результатом быстроты, внимания, а наиболее часто следствием неправильной посадки или положения туловища и конечностей.

**§ 322. Спорт.** Различные виды спорта использовывают замечательным образом скорость и для достижения этой цели исключают движения большой амплитуды. Примером является отражение удара шпагой (отбой); между мгновением, когда удар шпаги угрожает противнику, и мгновением, когда он отражен, протекает приблизительно $^{18}/_{100}$ секунды; исключив время, потребное на то, чтобы увидеть удар, отбой продолжается только 0,1 секунды. Скорость шпаги в правой

руке равна (по Марею) 3,12 метра в секунду. В общем она колеблется между 2 и 3 метрами в секунду. Положения тела фехтовальщика благоприятствуют быстроте передвижений тела; однако эти положения утомительны, особенно при фехтовании с обращением внимания на силу ударов, а не на быстроту.

Гимнастика без аппаратов в нормальных условиях является превосходным спортом и замечательным гигиеническим упражнением. Она способствует увеличению массы мышц и приучает человека к лучшим способам работы.

Гребля вызывает большую усталость. Произведенные над 5-ю гребцами одной и той же лодки динамометрические измерения показали, что, при быстроте в 5 метров, работа каждого достигала 22 килограмм-метров или для продолжительности в 3 часа—237.000 килограмм-метров.

Особенно трудным спортом, требующим в одно и то же время и силы, и скорости, является *бокс*. Удар кулаком очень быстр: 6—8 метров в секунду, но полная продолжительность его такого же порядка, как и при ударе шпагой.

Вообще, спортивные и военные упражнения изучаются тщательно с целью улучшения их действия; они достигли в этом серьезного прогресса. Упражнения мирного характера, являющиеся источниками благосостояния в свете, не пользуются еще подобным вниманием; в этой области не заметно такого упорства, такой заботы об экономии человеческой силы; бесплодное расточение человеческой силы не является признаком изобилия ее, а лишь *следствием плохой экономической организации ее*.

**§ 324. Доля участия нервной энергии.**—*Пример*: энергия, утилизируемая человеком, не является исключительно мышечной и бессознательной, как это обычно представляют. Ремесленная работа требует умственной деятельности и вызывает значительную нервную затрату; профессиональная ловкость является следствием внимания и образованности; с течением времени эта ловкость становится автоматичной; приобретенные, таким образом, свойства не особенно уменьшают долю нервной работы, но обнаруживаются в профессиональной ловкости, позволяющей быстро работать.

Подбор лиц, обладающих этими свойствами, позволяет усилить темп работы мастерской. С. Томсон дает следующий пример: работницы заняты проверкой велосипедных шари-

ков; они помещают их на тыльную поверхность левой руки и катят их между сближенными пальцами, выискивая при ярком свете специальной лампы царапины, трещины и иные дефекты на гладко полированной стали; негодные шарики ими удаляются при помощи магнита, находящегося в правой руке. Эта работа требует от контролерши длительного и напряженного внимания, и их нервная усталость весьма велика даже при удобной посадке. Уменьшая постепенно продолжительность работы, равной раньше 10 с половиной часам, и подбирая контролерш или руководительниц (надзирательниц), Томсон сумел свести их работу к 8 с половиной часам, *увеличив* их дневную производительность. Он принимал во внимание, главным образом, их «личное уравнение» и перемещал всех неудовлетворявших условию быстрой работы, а так же болтливых. Произведенное им научное обследование показало, что 10-тиминутный перерыв должен соответствовать 75 минутам работы и что в течение дня необходимо устроить 4 перерыва, чтобы дать возможность работницам погулять и поговорить друг с другом. В очень короткое время 35 из них удалось исполнить работу, которую раньше выполняли 120 человек, и при наиболее быстрой работе отделка (законченность) работы была на $^2/_3$ выше, нежели раньше.

**§ 324. Пример организации работы: искусство каменщика.** — При разборе работы с напильником, мы показали, что наука о профессиональных движениях ведет к искусству экономной работы или к увеличению производительности. Применение Джильбретом принципов научной организации к искусству каменщика оказалось также поучительным; приведем несколько подробностей: Джильбрет употреблял математический метод, состоявший в изучении влияния на работу различных переменных условий (внешних и внутренних). Вот положения, выведенные для каменщика:

1) Если каменщик—левша, следует соответственно переместить стопку кирпичей и известковый раствор; вообще говоря, следует так располагать их, чтобы избежать препятствий быстрому исполнению работы. Леса должны быть равной величины, и их стойки не должны мешать работнику брать в одно и то же время и кирпич, и известковый раствор.

2) Тяжесть при переноске стопки кирпичей не должна превышать 40 кгм. для сильного человека (первая категория)

и 27—31 кгм. для человека средней силы (вторая категория).

3) Помощник каменщика (дешевле оплачиваемая работа — неквалифицированный труд) помещает кирпичи и известковый раствор под рукой каменщика, и этому последнему остается только их перемещать на стену; так как верхушка кирпича находится на уровне руки каменщика, то движение при кладке кирпича производится с экономией, ибо происходит по направлению силы тяжести и без сокращения (рис. 141).

4) По мере подъема стены должен соответственно подниматься и каменщик, который *ни в коем случае не должен нагибаться ни для того*, чтобы взять материал, ни для того, чтобы работать.

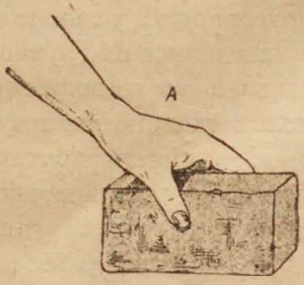



Рис. 141.

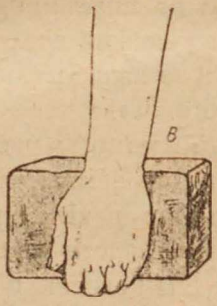



Рис. 142.

Ведь, в самом деле, смешно приводить в движение все тело, чтобы поднять кирпич в 2 килограмма. В качестве демонстрации подобного нерационального использования силы, укажем на случай переноски булыжников на мостовой; один из них собирает их на земле один на другой, затем передает их одному из своих компаньонов, перебрасывающему их, в свою очередь, третьему; последний сбрасывает их в огороженное место. Трудно представить себе более неэкономные и неловкие движения.

5) Даже быстрая работа в описанных выше условиях требует только коротких периодов отдыха, но отдыха фактического.

6) Платформа лесов должна быть на 0,65 м. ниже уровня стены, за исключением того случая, когда уровень стены превзойдет высоту, до которой можно достичь рукой; тогда вместо 0,65 м. берут 0,85 м.

7) Каменщик имеет возле себя подставку, к которой он может прислонить или к которой он может подвесить свою лопатку; известковый раствор, которым он пользуется, надлежаще приготовлен; в нем нет ни обрезков, ни камней; лопатка каменщика специального типа, позволяющая распределить известковый раствор сразу на несколько кирпичей. Джильбрет указывает на лопатку, предложенную Фонтен Трауэллем, позволяющую распределять известковый раствор сразу на 21 кирпич.

8) С помощью двухколесной тачки можно перевести 12 стопок по 18 кирпичей, т.-е. 216 штук, уставая не более, чем при перевозке на одноколесной—60 кирпичей. Кирпич имеет следующие размеры: $22 \times 11 \times 5{,}5$ см.

9) Вес инструмента не является безразличным элементом (и зависит от назначения инструмента). Так, при работе молотком больший вес, конечно, в известных пределах, дает большую работу, в противоположность работе лопатой. Нужны: молоток в 1,8 кгм. для разбивания, в 1,95 кгм. для вырывания ямочек, лопата в 9,75 кгм., чтобы ворочать материалы; для кирпичей из каменных пород (сцементированные каким-либо веществом куски) нужна и бóльшая, чем для обычных кирпичей, лопата.

Быстрота работы не зависит исключительно от ее условий. На нее влияет ряд факторов внутреннего характера, как питание, состояние здоровья, моральное состояние человека и т. п. Рассматривая проблему экономии движений, Джильбрет отмечает далее следующее:

10) Ноги каменщика должны быть расположены таким образом, чтобы перемещение кирпичей производилось быстро и раскачивания туловища были бы возможно меньше; работа рук должна быть симметрична и соответствовать ритму громкого счета движений; следует избегать сотрясений, толчков и комбинировать движения так, чтобы они удовлетворяли одновременно нескольким целям; упавший известковый раствор не подбирается в течение всей работы; выгоднее заполнить цементом промежуток между двумя кирпичами, меньший половины кирпича, нежели искать подходящего куска кирпича или приготовить таковой.

11) Следует возможно больше ограничить движения каменщика, чтобы избежать качаний туловища и рук, лиш-

них остановок, переноса кирпича или инструмента на большое расстояние, избегать лишних движений при опоражнивании мешка с цементом; одним ударом лопаты разрывается бумага в основании мешка, и он опоражнивается поднимание за другой конец.

12) Быстрота движений есть фактор, важный для достижения лучшей производительности. Рассмотрев методически недостатки, обычно встречающиеся в работе каменщика, составляют «инструкционную карточку». Эта карточка указывает каменщику: 1) каких движений он должен избегать, 2) необходимые для того или другого момента работы положения, 3) наиболее удобные и полезные движения и т. п. При точном соблюдении правил Джильбрета, *достаточно бывает 5 движений на переноску кирпича вместо обычных 18.* Ясно также, что подбор соответствующих инструментов, правильное устройство лесов влияют на производительность каменщика так же, как и профессиональная ловкость и искусство пользоваться мышечными движениями.

В качестве примера и для доказательства преимущества научного метода кладки кирпичей, Джильбрет приводит следующий случай: надо было построить заводскую стену толщиной в 0,30 м. из 2-х сортов кирпичей; при старом методе укладки, каждый рабочий клал 120 кирпичей в час, при научном же методе—350 штук, т.-е. *каждый каменщик развивал тройную производительность.*

**§ 325.** Американские инженеры, применявшие эти правила, единогласно признают, что наилучшая работа получается при соблюдении следующих четырех условий:

1) правильное определение законов и условий работы, так же как и набора (достаточно полного) наиболее совершенных инструментов,

2) удаление неподходящих и обучение годных работников,

3) контроль со стороны сведущих агентов с целью поощрения (премии) хороших работников и удаления дурных.

4) Различное распределение работы и ответственности между лицами, назначающими работу и ее выполняющими, и создание между ними согласия и солидарности, что всегда является чрезвычайно важным.

Первое условие является, безусловно, самым важным, но не менее важно, чтобы работник получал все время соответ-

ствующие указания, так сказать, дрессировался, ибо одних инструкционных карточек недостаточно: он, подчиняясь рутине, скоро перестанет считаться с ними; необходима постоянная проверка и указания, чтобы рабочий ясно сознал целесообразность и пользу от применения инструкционных карточек для себя и для работодателя. Наконец, следует всегда назначать человеку ту работу, для которой он наиболее полезен, и не следует им жертвовать из-за жадности.

В заключение мы приведем 2 факта, наглядно показывающие, с одной стороны, характер научного метода, с другой—внимание, которое требует он по отношению к себе.

1) В почтовых конторах Industrial Engineering служащие ежедневно отправляли до 20.000 писем в день, которые они складывали и запечатывали. Внимательное изучение этой работы заставило ее изменить таким образом, что ее исполнение стало требовать в 4 раза меньшего времени. Одна из девушек ухитрялась штемпелевать от 100 до 120 конвертов в минуту, уставая не более, чем обычно. Она складывала письма кучками таким образом, что ей были видны адреса; марки же были нарезаны в виде полосок и одна марка сменяла другую по горизонтальной линии. Указательным пальцем правой руки она прикасалась к маленькой губке, смоченной водой, и взяв полосу марок той же правой рукой, передвигала их большим пальцем одновременно увлажняя их и приклеивая на конверты. Левая рука оттаскивала готовые конверты; ее большой палец доканчивал наклейку марок и отделял их от полосы; письма же падали в корзину, соответствующим образом расположенную, *только благодаря силе тяжести.*

2) Один из друзей Джильбрета показал однажды последнему во время посещения Англо-Японской выставки в Лондоне одну японку, которая с поразительной быстротой обертывала коробки с башмаками. Джильбрет, вглядевшись внимательно в ее работу и отметив по своему секундомеру, что она завертывала 24 коробки в 40 секунд, указал ей, что она работает неправильно. Японка вначале обиделась, но, заинтересованная возможностью повысить свой заработок, согласилась исполнить указания Джильбрета. Выбросив ряд движений, оказавшихся лишними при измененном ходе работы, она стала завертывать 20 коробок сначала в 26, а за-

етм и в 20 секунд. А так как ей теперь приходилось делать меньше движений, то она и меньше уставала. Может ли быть лучший пример в пользу введения научной организации работы?

Также и наше нынешнее письмо Джильбрет считает неэкономичным, так как в нем масса лишних движений. Есть, безусловно, значительная доля правды в этом утверждении. Система Тэйлора по своему общему характеру применима во многих областях жизни, особенно же в промышленности. Им были введены в практику положения, формулированные Шово и неизвестные американскому ученому. Он не отрицает также необходимости нахождения критерия для определения степени усталости и перегрузки.

**§ 326. Работа при произношении слов.** — У говорящего человека мышечная деятельность проявляется так же, как и у того, который совершает физическую работу, напр., перемещение тяжестей. Но работа речи сложна: она включает работу образования голоса в прямом смысле слова, которая заключается в удалении некоторого объема воздуха, изменяющегося в зависимости от быстроты речи и от интенсивности звука. Работа дыхательного механизма при вдыхании и выдыхании воздуха, сбъем которого=$V$ при давлении $H$ будет равняться

$$\zeta = V \times H;$$

$H$ можно измерить при помощи манометра, соединенного с трахеей трубкой, а $V$ при помощи спирометра, приняв, конечно, во внимание температуру легких и барометрическое давление для данного момента. Каньяр-Латур первый произвел наблюдение подобного рода над одним 32-хлетним мужчиной, гортань которого имела отверстие в 0,8—0,9 см. в диаметре. Водяной манометр показывал при выдыхании +4 см. и от —5 до —6 см. при выдыхании; по абсолютной оценке среднее дыхательное давление равнялось 5 см. Обмен воздуха у взрослого мужчины за час равен 500 литров. Значит:

$$\zeta = 500 \times 0{,}05 \times 2 = 50 \text{ килограмм-метров.}$$

«Отсюда видно,—заключил Каньяр-Латур,—что усилия, приводящие в колебание голосовые связки, далеко не так малы,

как это может показаться по видимой легкости, с которой образуется голос».

Тот же ученый наблюдал давление в 0,3 метра при игре на кларнете; так как смена воздуха в этом случае повышена, то работу образования голоса можно расценивать в 550—600 килограмм-метров. Мараж, производивший свои опыты в 1904 году, описал два интересных случая: первый касается человека, у которого была полностью удалена гортань, и трахея была соединена гибкой трубкой с каучуковой мембраной, укрепленной на искусственном небе; манометр, соединенный с трубкой, показал давление от 0,1 до 0,2 метра во время *обыкновенного разговора*, а газовые часы—2.070 литров воздуха, выдыхаемого в час, откуда

$$\zeta = 2.070 \times 2 \times 0{,}15 \text{ (в среднем)}$$

$$\zeta = 621 \text{ килограмм-метров.}$$

Второй субъект имел трахеальную канюлю, позволявшую измерять $H$; опыт показал, что значение $H$ изменяется от 0,1 до 0,16 метра или в среднем 0,13, а $V = 300$ литров; следов., *при отдыхе имеем*:

$$\zeta = 300 \times 2 \times 0{,}13 = 78 \text{ килограмм-метров.}$$

Условия в опытах с искусственной гортанью не соответствуют нормальным условиям; в этом случае наблюдаются затруднения в дыхании и анормальные усилия; объем воздуха, участвующий в дыхании (2.070 литров в час) очень велик: это—условия, вызывающие усталость, и они не позволяют субъекту говорить в большой зале; в то же время другой дал: $V = 1.440$ литров и $H$ от 10 до 20 см. или же $\zeta = 288$ и 576 килограмм-метров, в среднем же 437 килограмм-метров. Принимая во внимание только нормальную гортань, мы будем иметь работу, изменяющуюся от 50 до 500 килограмм-метров.

Величина этой работы изменяется в зависимости от усилия, необходимого для того, чтобы голос был слышен даже в обширных помещениях. Минимум подобной работы был определен при воспроизведении одной и той же ноты $fa_2$ басом, баритоном и тенором; для этого применялась искус-

ственная гортань или сирена для гласных. Сравнительные результаты получились следующие:

| ЗАЛЫ: | Тенор. | Баритон. | Бас. |
|---|---|---|---|
| Сорбонна (амфитеатр Ришелье) . . | 1,00 | 0,24 (?) | 7,14 |
| „ ( „ Шапелль) . . | 4,19 | 5,71 | 42,38 |
| Медицинская академия . . . . . | 4,42 | 4,28 | 12,38 |
| Трокадеро . . . . . | 4,19 | 5,71 | 66,66 |

Таким образом работа, затраченная на образование голоса, больше у баритона и еще больше у баса, нежели у тенора. У первых двух мы находим расточение энергии. Обычно оратор переходит указанные нами выше минимальные цифры, так как для него важно не только то, чтобы *голос его был слышим*, но, главным образом, чтобы его хорошо слышали все его слушатели. Совершенная дикция увеличивает «выход» голоса; и на практике следовало бы постепенно увеличивать энергию своего голоса до того момента, когда оратор явственно слышал бы свой голос, отраженный стенами, людьми и предметами (*резонанс*). Если сравнивать мужчин, женщин и детей между собою, то окажется, что при одном и том же полезном эффекте, женщины устают *в 4 раза меньше*, нежели мужчины, благодаря своим более коротким голосовым связкам; еще большее преимущество имеют дети, которые, как всякий знает, говорят невероятно много.

Границы человеческого голоса:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Бас . . . . | от $fa_1$ | до $fa_3$ | соответствуют | 174—696 | простым колебаниям |
| Тенор . . . | „ $ut_2$ | „ $ut_4$ | „ | 261—1.044 | „ „ |
| Альт . . . | „ $fa_2$ | „ $fa_4$ | „ | 348—1.392 | „ „ |
| Сопрано . . | „ $ut_3$ | „ $ut_4$ | „ | 522—1.044 | „ „ |

Что же касается границ слуховой чувствительности, то они соответствуют *минимуму звуковой интенсивности* или минимуму звуковой энергии, падающей на поверхность, нормально расположенную к ее распространению. Чувствительность уха достигает максимума, когда произведенный звук соответствует (приблизительно) 500 колебаниям в секунду или же энергии в 0,00000001 эрга в секунду на квадратный сантиметр; это количество энергии настолько незначительно, что одним килограмм-метром можно было поддерживать звук

в течение многих миллионов лет. Прибавим, что «остаточное» ощущение (после того как звук прекратился) продолжается тем дольше, чем звук ниже, и, наконец, акустика зал зависит от их вместимости и от поглощения звука стенами, людьми и предметами; хорошая зала должна обладать резонансом, продолжающимся от $^1/_2$ до $^2/_3$ секунды. Обозначив через $C$ вместимость залы, $A$—поглощение звуков стенами, $N$—число лиц, выводим продолжительность $T$ резонанса из следующего отношения:

$$T = \frac{0{,}17C}{0{,}44N + A}.$$

Усталость оратора есть функция многих переменных, некоторые из коих мало известны.

**§ 327. Затрата энергии оратором.** — Измерение энергии, затрачиваемой оратором или певцом, может производиться только с помощью комнаты, подобной комнате Этуатера и Бенедикта, ибо дыхательный клапан, надевающийся на лицо и собирающий выдыхаемые газы, а также определяющий расход кислорода, позволяет только говорить, да и то с трудом. В качестве примера, мы приведем опыт, проделанный при этих условиях с клапаном, приставленным ко рту при помощи каучуковой мембраны:

Субъект 30-ти лет, весом в 69 килограмм.

Обмен газов во время отдыха в течение часа . . . . . { 565,3 литра при 0° и 760 мм. $CO_2 = 2{,}55\%$; $O_2 = 3\%$;

$$\frac{CO_2}{O_2} = 0{,}855.$$

Потребленный в течение часа кислород: $\frac{565{,}3 \times 3}{100} = 16{,}96$ лит.

После чтения с быстротой в 150 слогов в минуту, чтения, ясно слышимого в комнате объемом в 250 кб. метров на расстоянии 6 метров, нашли:

Обмен газов в час: { 799,5 литра., измеренных при 0° и 760 мм. $CO_2 = 3{,}1\%$; $O_2 = 3{,}6\%$.

$$\frac{CO_2}{O_2} = 0{,}86.$$

Количество потребленного в течение часа кислорода равно:

$$\frac{799{,}5 \times 3{,}6}{100} = 28{,}78 \text{ литров.}$$

Следовательно, затрата энергии при образовании голоса равна:

$$28{,}78 - 16{,}96 = 11{,}82 \text{ литров кислорода,}$$

или же в больших калориях:

$$11{,}82 \times 4{,}9 = 57{,}92 \text{ калории в час.}$$

Мы знаем, что человек, поднимающийся в гору, затрачивает 4 калории по 425 килограмм-метров (средняя производительность равна 25%). Эквивалентом работы громкого чтения (без других движений) в течение часа будет:

$$\frac{57{,}92}{4} \times 425 = 6.154 \text{ килограмм-метра,}$$

или же восхождение на 100 метров при скорости в 100 метров в час.

Однако, надо отметить, что оратор, певец, артист совершают ряд мышечных движений, энергетический эквивалент коих следует присоединять к уже рассмотренной затрате энергии. Для того, чтобы произвести «впечатление» артисту, приходится приводить в движение все свои члены и все свои мышцы настолько интенсивно, что работа образования голоса по сравнению с этой работой становится уже незаметной.

Ритм дыхания, равно как и глубина входа и выхода увеличиваются от упражнения в произношении речей; вдох становится более продолжительным, нежели выдох, почти в отношении 2:1. Кажется, что наполнение груди поддерживается в течение всего времени, когда говорят, и лишь незначительно уменьшается при коротком выдохе. Наконец, дыхательные кривые случайны и неправильны.

**§ 328. Умственная работа.** — Выше уже было указано, что многочисленные эксперименты школы Этуотера не смогли установить того факта, что даже самая сильная умственная работа *может быть измерена в калориях*. Таковой была работа одного физика, заключенного в течение 3 дней

в калориметр и занятого изучением немецкого трактата по физике, не давшая, несмотря на большую умственную работу, прироста энергии над статической. И, однакоже, мы знаем, что умственная деятельность уменьшает мышечную силу, ведет к образованию в организме токсических веществ и вызывает общую усталость. Если она продолжается от 8 до 10 часов, то кровообращение замедляется, свойства нервного вещества изменяются: оно хуже реагирует на возбуждения, личное уравнение увеличивается, и, вообще, умственная энергия уменьшается.

Если умственная работа не может быть исчисленной в калориях, если она может продолжаться дольше, нежели работа мышечная, тем не менее очевидно, что в отношении *усталости* лишь простой вопрос степени отделяет их одну от другой, и что необходимо установить степень той умственной усталости, которая неизбежно сопровождает всякую профессиональную работу в большей или меньшей степени.

Деятельность мысли, подобно мышечной деятельности, доступна науке и методу. Иногда умственная деятельность большой силы может проявляться беспорядочно и чрезмерно. Подобное расточение силы является результатом антинаучного воспитания и образовавшейся привычки к неправильному образу мышления. Деятельность нежного механизма мозга не должна нарушаться или превышать определенную норму. Но эта область *психо-физики* покрыта еще спиритуалистическим туманом.

**§ 329. Пищевые рационы по профессиям.** — Величина мышечной и нервной работы различна в зависимости от профессии; соответственно же различны и затраты энергии, а потому, значит, должны быть различны и *пищевые рационы*. Для выяснения этого вопроса были предприняты анкеты.

При *свободном режиме*, при неизменных жизненных привычках, рацион, необходимый для пропитания взрослого человека, равняется 1,57 большой калории на кило веса и на час; Арман Готье находит 1,60 калории, Гирн—1,63; по данным же американцев, эта величина равна (правда, при температуре в 20°) — 1,32 калории; повидимому, средней величиной для обыкновенных условий является 1,5 калории.

Эта цифра выражает собою *статическую затрату* на килограмм и в час.

Общая затрата человека (*валовая динамическая затрата*) покрывает затраты энергии на работу, величина которой изменяется в зависимости от субъекта. Для выяснения потребления целой семьи были предприняты в различных странах анкеты. Результаты получились однородные, если принимать во внимание коэффициенты для женщин и детей, согласно следующей таблицы:

| | | | |
|---|---|---|---|
| мужчина . . . . . | 1,00 | дети от 10 до 13 лет . . . . | 0,60 |
| женщина . . . . . | 0,80 | „ „ 6 „ 9 „ . . . | 0,50 |
| юноша или девушка (от 14 до 16 лет) . . . . . | 0,75 | „ „ 2 „ 5 „ . . . . | 0.40 |
| | | „ менее 2 х лет . . . . | 0,30 |

*Пример*: семья, состоящая из мужа, жены и мальчика 15-ти лет, расходует в 2,55 (1 + 0.80 + 0,75) раз больше, нежели один человек.

Анкета, произведенная в Париже, дала Шарлю Рише след. результат: средний рацион в 3.262 калории на взрослого человека в сутки в рационе было:

| | |
|---|---|
| белков . . . . . | 17,5% |
| жиров . . . . . | 11,5% |
| углеводов. . . . . | 71,0% |

А. Готье принимает эти пропорции, но для энергетической оценки пищи получает более низкую и, вероятно, более соответствующую действительности цифру в 2.567,8 калорий или

$$\frac{2.567,8}{65 \times 24} = 1,65 \text{ калории на кил. веса и на час.}$$

К этому же числу пришли: Ляпик, изучавший абиссинцев и малайцев (средняя величина — 1,6 калорий) и Тагара и Мори, исследовавшие пищевые рационы в Японии (средняя— 1,65 калорий).

Три последних автора имели дело с пищей, содержащей в изобилии рис и овощи.

Разница в 0,15 калорий между 1,65 и 1,50 представляет собою *динамическую затрату* на килограмм веса и на час в условиях обыкновенной жизни или же для всего человека в течение 10 часов:

$$0,15 \times 65 \times 10 = 97.5 \text{ калорий.}$$

Считая, в среднем, производительность в 25%, получим для дневной работы:

$$97{,}5 \times 0{,}25 \times 425 = 10.400 \text{ килограмм-метров.}$$

Для работы в 70.000 килограмм-метров Амар и Этуотер получили, в среднем, 1,9 калории. По мере возрастания производительности растет и затрата энергии. Американцы распространили свою анкету на слишком 14.000 лиц, живущих в Соединенных Штатах Северной Америки и исчисляли рационы по потреблению коллективов, как-то пансионов, мастерских и т. п.; они нашли, что в изученных странах злоупотребляют *белковой пищей*; этот излишек белковой пищи увеличивает мышечную массу человека и создает «тип быка» (Тэйлор). В среднем, американцы потребляли:

| Вещества: | Белки. | Жиры. | Углеводы. |
|---|---|---|---|
| Животного происхождения . . . . | 72,0 | 118,4 | 24,3 |
| Растительного „ . . . . | 51,0 | 14,0 | 363,30 |
| | 123,0 | 132,4 | 387,6 |

§ 330. Институт Сольве (Брюссель) произвел анкету в хозяйствах рабочих, снабдив их записными книжками, куда они заносили по полумесяцам израсходованные продукты; при этом было сделано допущение, что рабочие съедают все, что они покупают. Анкета, касавшаяся 1.250 хозяйств, охватила, в общем, 6000 человек бельгийского происхождения. В анкету попали сведения о шахтерах, хлебопашцах, ткачах, работающих в каменоломнях и т. д. людях, развивающих определенную мышечную силу; однако, потребление белков не превышало, в среднем, 90 грамм, несколько повышаясь в трудных ремеслах, а также в случаях хорошо оплачиваемого труда и понижаясь до 30—35 граммов в легких и плохо оплачиваемых ремеслах.

Энергетическая затрата равнялась, приблизительно, 50 калориям на килограмм в сутки и происходила, главным образом, за счет жиров и углеводов; это дает по 2 калории на килограмм — час.

Ученые, предпринимавшие анкету, нашли как качественную, так и количественную разницу в рабочем питании; она им показалась «неверной, малопонятной, плохо примененной

для той физиологической цели, для которой она была предназначена, и вообще недостаточной».

Можно к этому прибавить, что все анкеты относительно рабочих привели с маленькими различиями к тем же результатам.

1) Анкеты относительно пищи имеются уже в большом количестве:

Большой интерес представляют данные, полученные для различных профессий:

| ПРОФЕССИИ: | Белки. | Жиры. | Углеводы. | Калории [1]). |
|---|---|---|---|---|
| Строители . . . . . | 204,0 грам. | 264,0 грам. | 714,0 грам. | 6.166,2 |
| Моряки . . . . . | 140,0 „ | 145,0 „ | 558,0 „ | 4.181,3 |
| Бурлаки . . . . . | 171,0 „ | 171,0 „ | 460,0 „ | 4.143,0 |
| Механики . . . . . | 153,0 „ | 139,0 „ | 528,0 „ | 4.057,0 |
| Плотники . . . . . | 151,0 „ | 154,0 „ | 459,0 „ | 3.902,4 |
| Помощники . . . . | 142,0 „ | 142,0 „ | 444,0 „ | 3.694,8 |
| Торговцы фруктами и овощами . . . | 141,0 „ | 164,0 „ | 377,0 „ | 3.616,2 |
| Удобрители . . . . | 139,0 „ | 119,0 „ | 345,0 „ | 3.067,3 |
| Печники . . . . . | 104,0 „ | 129,0 „ | 344,0 „ | 3.010,7 |
| Ювелиры . . . . . | 101,0 „ | 106,0 „ | 296,0 „ | 2.592,3 |
| Ночные сторожа . . | 87,0 „ | 96,0 „ | 296,0 „ | 2.443,9 |
| Красильщики . . . | 72,0 „ | 98,0 „ | 314,0 „ | 2.474,4 |
| Моряки на пенс. сод . . . . . | 96,0 „ | 129,0 „ | 181,0 „ | 2.309,6 |
| Резчики по дереву . | 87,0 „ | 89,0 „ | 262,0 „ | 2.240,8 |
| Домашняя прислуга. | 57,0 „ | 41,0 „ | 237,0 „ | 1.578,5 |
| В среднем . . | 123,0 грам. | 132,4 грам. | 387,6 грам. | 3.298,3 б.кал. |

[1]) Калорическая стоимость продуктов исчислена нами при помощи наших коэффициентов: 4,1, 9,1 и 4,1; Этуотер пользуется цифрами Рубнера: 4,1, 9,3 и 4,1.

Тигерштедт, сделав сводку данных всех этих анкет, подразделил, с точки зрения энергетической стоимости, пищевые режимы рабочих на *семь* классов:

1) от 2.000 до 2.500 калорий
2) „ 2.500 „ 3.000 „
3) „ 3.000 „ 3.500 „
4) „ 3.500 „ 4.000 „
5) от 4.000 до 4.500 калорий.
6) „ 4.500 „ 5.000 „
и 7) „ 5.000 и выше

В след. таблице приведен состав и калорическая стоимость каждого режима, при чем через *t* обозначены цифры Тигерштедта, а через *a*—цифры американских ученых; энергетическая стоимость приведена в расчете на килограмм—час:

| Классы. | Углеводы. | Жиры. | Белки. | Энергия. | На килогр.—час. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 t | 295 | 81 | 86 | 1.921 | 1,13 |
| 1 a | 362 | 44 | 82 | 2.007 | 1,21 |
| 2 t | 345 | 108 | 88 | 2.501 | 1,50 |
| 2 a | 464 | 60 | 104 | 2.600 | 1,54 |
| 3 t | 409 | 125 | 103 | 2.936 | 1,75 |
| 3 a | 466 | 85 | 127 | 2.900 | 1,71 |
| 4 t | 476 | 137 | 125 | 3.364 | 2,00 |
| 4 a | 556 | 93 | 136 | 3.332 | 2,00 |
| 5 t | 538 | 158 | 116 | 3.672 | 2,25 |
| 5 a | 569 | 135 | 162 | 3.827 | 2,29 |
| 6 t | 557 | 195 | 145 | 4.223 | 2,50 |
| 6 a | 737 | 106 | 182 | 4.277 | 2,54 |
| 7 t | 666 | 235 | 145 | 4.954 | 2,92 |
| 7 a | 952 | 156 | 166 | 5.433 | 3,25 |

Здесь бросается в глаза тот факт, что условия деятельности рабочего связаны с чрезмерным потреблением белков. Пфлюгер и некоторые из его учеников поддерживали тот взгляд, что оно *необходимо* для организма; но их аргументы нельзя признать в достаточной мере доказательными. Анкеты к тому же не являются безусловно надежным материалом для выводов. Различные народы предпочитают углеводы белкам (Тироль, Африка, Япония, Китай и т. д.); финляндцы потребляют в пищу едва 40 грамм альбумина в день.

Однако из анкет можно сделать 2 важных вывода:

1. *Валовая динамическая* затрата может подниматься при большой работе до 80 калорий на килограмм в сутки или же до 80 : 24 = 3,33 калорий на килограмм — час; кажется, что в норме невозможно превысить подобную затрату в течение многих дней под-ряд. Для взрослого это будет: 80×65=5.200 больших калорий в сутки. Раньше мы имели: 1,5×24×65=2.340 калорий для статической затраты; из этого следует, что самая большая работа за день соответствует: 0,25 (5.200—2.340)=716 калорий, или же 300.000 килогр.-метр.

2. Второй вывод тот, что не следует изменять обычного пищевого режима; он, конечно, лучше ассимилируется. Нужно удовлетвориться улучшением качества пищи и давать ее рабочему в достаточных пропорциях.

**§ 331. Напитки.** Отметим также потребление содержащих алкоголь напитков; вот цифры, относящиеся к Франции (в гектолитрах):

| Годы. | Различные вина. | Сидр грушев. медов. | Вино из сухого винограда. | Пиво. | Спиртные напитки. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1907 . . | 69.107.201 | 3.333.151 | 2.692 | 11.349.098 | 2.514.810 |
| 1908 . . | 65.158.962 | 19.956.279 | 1.207 | 11.748.796 | 2.538.030 |

Эти количества ниже действительных, принимая во внимание, что во многих городах не существует акциза. Статистика Министерства Финансов дает по данным акциза таблицы потребления спирта в больших городах в год на человека (таблицы).

Приведем здесь наиболее интересные данные:

Рассматривая рост потребления алкогольных напитков за многие годы, Жак Бертильон нашел, что спирт все более и более вытесняется *винами*. Это происходит, главным образом, в больших городах, много меньше в деревнях. Сидр и пиво не играют той роли, которая принадлежит вину по отношению к спирту.

Причиной этого интересного явления, вытеснения спирта вином, является закон 29 декабря 1900 года, обложивший налогом от 156 франков 25 сантимов до 220 франков гектолитр чистого спирта. Это обложение, введенное как средство для поднятия доходов казны, сыграло роль меры, оздоровляющей население. Много данных в этой области дал Бер-

## Спиртные напитки. Потребление на жителя (в 1908 году).

| Города. | Вина. | Сидр. | Пиво. | Спиртн. напитки. | Общая сумма. |
|---|---|---|---|---|---|
| | В литрах. | | | | |
| Париж | 235 | 2 | 16 | 4,44 | 257,44 |
| Марсель | 180 | 2 | 11 | 4,07 | 195,07 |
| Лион | 205 | 2 | 11 | 3,41 | 219,41 |
| Бордо | 255 | 2 | 4 | 3,03 | 262,03 |
| Лилль | 31 | 1 | 338 | 4,42 | 374,42 |
| Тулуза | 265 | 1 | 10 | 2,81 | 277,81 |
| Сант-Этьен | 318 | 1 | 11 | 3,45 | 332,45 |
| Ницца | 222 | 1 | 16 | 2,76 | 240,76 |
| Нант | 222 | 11 | 5 | 2,82 | 240,82 |
| Гавр | 71 | 44 | 18 | 12,33 | 145,33 |
| Рубэ | 19 | 1 | 323 | 3,97 | 346,97 |
| Руэн | 75 | 113 | 13 | 12,3 | 313,30 |
| Нанси | 202 | 113 | 85 | 2,87 | 289,87 |
| Реймс | 165 | 6 | 51 | 4,72 | 226,72 |
| Тулон | 195 | 6 | 8 | 4,63 | 207,63 |
| Амьен | 53 | 17 | 70 | 7,84 | 147,84 |
| Лимож | 247 | 4 | 7 | 2,39 | 260,39 |
| Брест | 107 | 7 | 17 | 5,78 | 136,78 |
| Анжер | 173 | 7 | 4 | 2,74 | 186,74 |
| Туркуан | 15 | 1 | 278 | 4,15 | 298,15 |
| Ним | 308 | 1 | 8 | 2,63 | 318,63 |
| Монпелье | 439 | 1 | 7 | 2,82 | 448,82 |
| Ренн | 51 | 440 | 23 | 6,18 | 520,18 |
| Дижон | 174 | 440 | 7 | 3,04 | 184,04 |

| Города. | Вина. | Сидр. | Пиво. | Спиртн. напитки. | Общая сумма. |
|---|---|---|---|---|---|
| | В литрах. | | | | |
| Гренобль | 224 | 440 | 10 | 2,90 | 236,90 |
| Орлеан | 187 | 1 | 5 | 3,46 | 196,46 |
| Тур | 251 | 3 | 10 | 3,14 | 267,12 |
| Кале | 32 | 1 | 182 | 8,03 | 223,03 |
| Ле-Ман | 47 | 21 | 5 | 5,90 | 78,90 |
| Сан-Дени | 279 | 4 | 24 | 4,67 | 311,67 |
| Леваллуа-Перре | 264 | 4 | 16 | 4,48 | 288,48 |
| Клермон-Ферран | 266 | 4 | 12 | 3,35 | 281,35 |
| Безансон | 259 | 4 | 31 | 3,67 | 293,67 |
| Версаль | 201 | 8 | 17 | 4,52 | 230,52 |
| Труа | 215 | 7 | 20 | 4,09 | 246,09 |
| Сан-Кантен | 51 | 16 | 235 | 6,52 | 308,52 |
| Безьер | 439 | 16 | 7 | 2,11 | 448,11 |
| Булонь примор. | 42 | 5 | 177 | 11,64 | 235,64 |
| Булонь на Сене | 274 | 4 | 21 | 4,49 | 303,49 |
| Авиньон | 196 | 4 | 51 | 4,24 | 251,24 |
| Лориан | 96 | 92 | 6 | 6,36 | 200,36 |
| Каен | 66 | 92 | 6 | 11,48 | 175,48 |
| Бурж | 114 | 92 | 4 | 2,68 | 120,68 |
| Шербург | 13 | 125 | 4 | 8,50 | 150,50 |
| Клиши | 275 | 6 | 13 | 4,31 | 298,31 |
| Нюилли на Сене | 194 | 3 | 19 | 3,59 | 219,59 |
| Пуатье | 219 | 3 | 16 | 2,20 | 237,20 |
| Перпиньян | 340 | 3 | 7 | 4,49 | 351,49 |
| Дюнкерк | 36 | 1 | 291 | 7,05 | 335,05 |
| Сан-Уэн | 287 | 3 | 19 | 4,49 | 313,49 |

| Города. | Вина. | Сидр. | Пиво. | Спиртн. напитки. | Общая сумма. |
|---|---|---|---|---|---|
| | В литрах. | | | | |
| Ангулем | 253 | 1 | 7 | 2,16 | 263,16 |
| Рошфор | 200 | 1 | 5 | 2,58 | 208,58 |
| Асниер | 223 | 5 | 18 | 4,05 | 255,05 |
| Монтрей-су-буа | 269 | 2 | 12 | 4,01 | 287,01 |
| Сан-Назер | 277 | 15 | 8 | 5,15 | 305,15 |
| Роанн | 294 | 15 | 5 | 2,48 | 301,48 |
| По | 228 | 15 | 9 | 3,27 | 240,27 |
| Бельфор | 227 | 15 | 66 | 3,58 | 296,58 |
| Монлюсон | 248 | 15 | 8 | 2,13 | 258,13 |
| Венсенн | 219 | 3 | 20 | 3,60 | 245,60 |
| Обервилльер | 286 | 3 | 20 | 5,03 | 314,03 |
| Сетт | 226 | 3 | 4 | 5,24 | 235,24 |
| Ля Рошелль | 246 | 3 | 5 | 2,22 | 253,22 |
| Ле Крезо | 212 | 3 | 9 | 4,43 | 225,43 |
| Дуэ | 46 | 1 | 482 | 5,27 | 534,27 |
| Иври на Сене | 289 | 1 | 482 | 4,34 | 294,34 |
| Пантен | 277 | 3 | 18 | 4,74 | 302,79 |
| Валансьни | 47 | 2 | 476 | 4,60 | 529,60 |
| Периге | 249 | 2 | 4 | 2,31 | 257,31 |
| Курбевцы | 252 | 2 | 19 | 4,37 | 281,37 |
| Каркассон | 390 | 6 | 14 | 1,53 | 405,53 |

тильону город Труа. Подробные статистические данные дают приблизительно одни и те же результаты для ряда городов. И, наконец, приведенная таблица показывает меньшее потребление спирта как раз в тех городах, где в большом употреблении *вино*, а не сидр или пиво (Дюнкерн, Ренн).

Уменьшение потребления спирта, специальная гигиена питания являются условиями национального процветания.

**§ 332. Общий взгляд на силу человека.** Сила человека есть величина переменная, так как и виды мышечной деятельности и их продолжительность также могут варьировать. К тому же эта деятельность не может продолжаться слишком долго. При самых благоприятных условиях число килограмм-метров, затраченных в день, за 8 часов действительной работы, достигает 300.000. На одну секунду приходится:

$$\frac{300.000}{8 \times 3600} = 10{,}4 \text{ килограмм-метра}$$

или же $^1/_7$ Н.Р. (не более). Увеличение продолжительности работы является делом невыгодным. Этуотеру едва удалось довести работу до $^1/_7$ Н. Р., продлив рабочий день до 16 часов и то лишь в одном случае (§ 121), в котором было затрачено очень много энергии; наиболее же часто работа не превышала 0,1 Н.Р.

Для человека тренированного, напр., в подъемах в гору, Жюль Лефевр нашел для ежедневной работы число $^1/_4$ Н.Р.; это число кажется нам чрезмерным.

Однакоже, сокращая продолжительность работы, мы увеличиваем ее силу: так, напр., человек поднимает при помощи веревки и блока тяжесть в 25 фунтов (12,24 килограммов) на высоту в 71,465 метра в 145 секунд. В этом случае мощность равна:

$$\frac{12{,}24 \times 71{,}467}{145} = \text{или } ^1/_7 \text{ Н. Р.}$$

Пильщик по дереву делает 200 движений пилой от себя и столько же к себе в течение 145 секунд; при каждом движении его рука проходила 0,48276 м. с силой в 12,24 килограмма. В конце этого времени он настолько запыхался, что не мог продолжать работы более 3 минут, не вздохнув.

Работа его достигала:

$$\frac{0{,}48276 \times 12{,}24 \times 200}{145} = 8{,}22 \text{ килограмм-метра.}$$

Вводя в расчет и обратные движения пилы, мы получим 12,5 килограмметров или $^1/_6$ Н.Р.

Еще пример: человек, весящий 65 кгм. поднялся на 20,15 м. в 24 секунды и уже стал задыхаться. Работу, им развитую, легко вычислить: она немного превышает $^1/_2$ Н.Р. Эта цифра является наиболее высокой, но продолжительность этой работы чрезвычайно мала.

Двухчасовое восхождение в гору дало Лефевру работу в 0,45 Н.Р. Мы могли бы привести еще много примеров, характеризующих человеческую работу и доказывающих, что в сущности эта мощность не характеристична для живого двигателя, но скорее является средней из всех переменных, входящих в уравнение дневной работы.

Работа, исчисленная для очень короткого времени, лишена всякого практического значения; быстрота в беге на 100 метров по ровной дорожке, равняющаяся 32 — 33 километров в час, не является доказательной, в то время как быстрота в «Марафонском беге» (на 40 и 100 км.) свидетельствует о выдержке и выносливости.

В качестве *максимальной* были отмечены скорости:

42,18 км. в 9443 секунд (Генрих Сире, Лондон, 1908) и 40 км. в 9330 секунд (Генрих Сире, Париж 27/VIII—11).

Это скорость—приблизительно в 16 км. в час.

100 км. были пройдены в 9 часов, что соответствует 11 км. в час (Литльвуд в 1884 г., Жак в 1909). Повидимому, для одного и того же бегуна скорость бега обратно пропорциональна квадратному корню из длины пробега; скорость бега иногда бывает удивительно правильна и постоянна. Жан Буин (24 лет, вес 69 килограмм.) пробежал 9,721 километра в 30 минут (7/XI — 11), и эта часовая скорость в 19,442 была почти постоянной, судя по отметкам делавшимся каждые 169 секунд.

В различных видах атлетики и спорта возможно развить в течение короткого времени работу, которая была бы необыкновенной, если бы продолжалась долгое время.

*Приложение 1-ое.*

| №№ по порядку. | № опыта. | Число движений напильника в минуту. | Мышечное усилие на одно движение напильника. | | Полезное усилие обеих рук. | Коэффициент производительности. | Работа в течение часа. | Вес опилок (за часы). |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Правая рука. | Левая рука. | | | | |
| | | | В килогр. | | Кгр. | В % | Кгрм.-м. | Гр. |
| 1 | IV | 33,14 | 4,87 | 7,42 | 4,35 | 35,4 | 2.247,33 | 20,57 |
| 2 | XII | 35,14 | 6,96 | 5,55 | 4,44 | 35,5 | 2.436,96 | 26,57 |
| 3 | VIII | 36,28 | 3,72 | 7,75 | 4,07 | 35,4 | 2.301,23 | 27,14 |
| 4 | XXIII | 36,28 | 8,23 | 7,03 | 5,52 | 36,2 | 3.124,63 | 30,45 |
| 5 | XX | 36,85 | 6,40 | 8,54 | 6,65 | 44,5 | 3.823,54 | 35,53 |
| 6 | XV | 38,00 | 5,91 | 7,89 | 5,72 | 41,5 | 3.390,81 | 31,90 |
| 7 | XVIII | 38,85 | 6,25 | 8,42 | 6,20 | 42,2 | 3.757,57 | 34,25 |
| 8 | V | 39,43 | 4,97 | 7,26 | 4,27 | 34,9 | 2.625,27 | 22,28 |
| 9 | XIII | 41,43 | 5,33 | 7,42 | 4,56 | 35,8 | 2.947,16 | 25,15 |
| 10 | VI | 41,71 | 5,06 | 7,51 | 4,48 | 35,7 | 2.916,33 | 25,71 |
| 11 | XIX | 42,28 | 5,76 | 6,20 | 4,30 | 36,0 | 2.861,19 | 30,68 |
| 12 | VII | 42,57 | 3,04 | 8,05 | 4,04 | 36,4 | 2.679,10 | 31,58 |
| 13 | III | 43,71 | 5,28 | 9,72 | 6,37 | 42,50 | 4.317,33 | 50,25 |
| 14 | XVII | 45,71 | 5,00 | 8,79 | 6,11 | 44,30 | 4.356,89 | 51,14 |
| 15 | XXI | 46,00 | 5,60 | 8,24 | 5,75 | 41,50 | 4.126,20 | 48,20 |
| 16 | XXIX | 48,28 | 4,95 | 7,86 | 5,60 | 43,70 | 4.217,74 | 49,70 |
| 17 | XXII | 50,00 | 4,70 | 8,17 | 5,94 | 46,20 | 4.633,20 | 54,04 |
| 18 | I | 51,42 | 5,60 | 8,85 | 6,34 | 43,90 | 5.085,64 | 56,07 |
| 19 | XXVIII | 53,14 | 4,03 | 7,64 | 3,13 | 44,00 | 4.152,63 | 50,60 |
| 20 | IX | 54,00 | 4,43 | 7,24 | 5,25 | 44,9 | 4.422,60 | 45,57 |
| 21 | L | 57,14 | 6,17 | 9,76 | 7,08 | 44,5 | 5.273,57 | 48,86 |
| 22 | XXIV | 58,00 | 5,48 | 8,87 | 5,68 | 39,5 | 5.140,25 | 48,20 |
| 23 | XXX | 60,00 | 4,90 | 9,14 | 5,70 | 40,6 | 5.336,13 | 52,93 |

| Чистая часовая затрата. | Стоимость килограм.-метра. | Стоимость грамма опилок. | % увеличения числа. | | Различные наблюдения. |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Дыхания. | Пульса. | |
| Бол. кал. | в бол. калориях. | | в % | | |
| 105,04 | 0,046 | 5,10 | 21,4 | 16,8 | |
| 111,97 | 0,045 | 4,21 | 23,8 | 19,0 | |
| 112,13 | 0,048 | 4,13 | 20,6 | 25,1 | |
| 110,04 | 0,035 | 3,61 | 34,2 | 31,7 | |
| 117,26 | 0,030 | 3,30 | 35,0 | 30,9 | |
| 115,28 | 0,034 | 3,61 | 29,7 | 26,1 | Небольшая усталость в мышцах предплечья. Никаких следов боли. Туловище несколько наклонено; качаний нет. |
| 127,75 | 0,032 | 3,73 | 33,1 | 24,8 | |
| 111,84 | 0,042 | 5,01 | 22,4 | 19,6 | |
| 123,78 | 0,042 | 4,92 | 28,8 | 17,4 | |
| 124,77 | 0,042 | 4,85 | 28,8 | 22,5 | |
| 119,58 | 0,042 | 8,89 | 26,4 | 20,4 | |
| 117,83 | 0,043 | 3,73 | 20,9 | 17,3 | |
| 138,15 | 0,032 | 2,75 | 35,4 | 26,9 | |
| 139,42 | 0,032 | 2,72 | 36,8 | 25,7 | |
| 136,16 | 0,033 | 2,82 | 34,9 | 24,8 | |
| 139,18 | 0,033 | 2,80 | 35,0 | 26,1 | |
| 143,69 | 0,031 | 2,66 | 34,8 | 29,0 | |
| 167,82 | 0,033 | 2,99 | 38,9 | 28,9 | Усталость всего предплечья до локтя. Небольшая боль. Легкие колебания туловища. |
| 137,04 | 0,033 | 2,71 | 33,6 | 24,2 | |
| 132,71 | 0,030 | 2,91 | 36,9 | 27,1 | |
| 151,48 | 0,028 | 3,10 | 45,2 | 31,7 | |
| 149,07 | 0,029 | 3,08 | 45,0 | 29,3 | |
| 149,41 | 0,028 | 2,82 | 48,1 | 29,9 | |

| №№ по порядку. | № опыта. | Число движений напильника в минуту. | Мышечное усилие на одно движение напильника. | | Полезное усилие обоих рук. | Коэффициент производительности. | Работа в течение часа. | Вес опилок (за часы). |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Правая рука. | Левая рука. | | | | |
| | | | В килогр. | | Кгр. | В % | Кгрм. | Гр. |
| 24 | XXV | 63,00 | 5,10 | 8,17 | 6,12 | 46,1 | 6.018,35 | 57,45 |
| 25 | XXVI | 66,00 | 4,97 | 9,34 | 6,90 | 48,2 | 7.100,30 | 68,66 |
| 26 | II | 67,00 | 5,25 | 8,92 | 7,45 | 52,5 | 7.736,74 | 70,25 |
| 27 | X | 70,00 | 7,08 | 8,99 | 8,00 | 50,0 | 8.736,00 | 80,93 |
| 28 | XIV | 72,00 | 7,26 | 8,80 | 7,55 | 47,0 | 8.480,16 | 82,30 |
| 29 | XI | 74,00 | 7,00 | 9,15 | 8,11 | 50,0 | 9.362,18 | 85,75 |
| 30 | XVI | 76,00 | 6,95 | 9,66 | 8,05 | 50,8 | 9.544,08 | 89,8 |
| 31 | XXVII | 79,00 | 7,15 | 9,82 | 8,01 | 49,5 | 9.871,52 | 93,76 |
| 32 | XXXI | 70,00 | 7,09 | 8,88 | 7,98 | 49,9 | 8.714,16 | 81,28 |
| 33 | XXXII | 70,00 | 7,00 | 8,97 | 8,13 | 50,9 | 8.877,96 | 82,01 |
| 34 | XXXIII | 72,00 | 7,41 | 9,84 | 8,00 | 46,3 | 8.985,60 | 81,97 |
| 35 | XXXIV | 72,00 | 7,19 | 9,37 | 7,77 | 46,9 | 8.727,26 | 78,64 |
| 36 | XXXV | 75,00 | 7,12 | 9,45 | 8,10 | 48,9 | 9.477,00 | 86,08 |
| 37 | XXXVI | 80,00 | 6,88 | 8,90 | 7,45 | 47,2 | 9.297,60 | 85,42 |
| 38 | XXXVII | 84,00 | 5,90 | 8,42 | 6,01 | 41,9 | 7.875,50 | 69,18 |
| 39 | XXXVIII | 88,00 | 5,26 | 8,00 | 4,48 | 33,7 | 6.150,14 | 49,96 |
| 40 | XXXIX | 70,00 | 6,05 | 8,65 | 7,78 | 52,9 | 8.495,76 | 77,86 |
| 41 | XL | 70,00 | 8,31 | 3,59 | 7,81 | 52,4 | 8,611,40 | 78,40 |
| 42 | XLI | 70,00 | 6,96 | 7,95 | 7,92 | 53,10 | 8.648,64 | 78,63 |
| 43 | XLII | 70,00 | 7,71 | 7,89 | 8,10 | 51,9 | 8.835,20 | 83,81 |
| 44 | XLIII | 70,00 | 7,00 | 8,02 | 7,96 | 53,0 | 8.692,32 | 78,71 |
| 45 | XLIV | 70,00 | 7,56 | 8,37 | 8,35 | 52,4 | 9.118,20 | 80,56 |
| 46 | XLV | 70,00 | 7,12 | 8,49 | 8,07 | 51,7 | 8.812,44 | 84,59 |
| Среднее из последних 5 опытов. | | 70,00 | 7,27 | 8,14 | 8,03 | 52,4 | 8.821,3 | 81,26 |

| Чистая часовая затрата. | Стоимость килограммметра. | Стоимость грамма опилок. | % увеличения числа. Дыхания. | % увеличения числа. Пульса. | Различные наблюдения. |
|---|---|---|---|---|---|
| Бол. кал. | в бол. калориях. | | в % | | |
| 178,80 | 0,029 | 3,11 | 46,9 | 30,7 | |
| 213,28 | 0,030 | 3,10 | 51,3 | 30,8 | |
| 218,10 | 0,028 | 3,10 | 47,7 | 31,9 | |
| 218,50 | 0,025 | 2,70 | 36,1 | 27,7 | Заметная усталость. |
| 228,97 | 0,027 | 2,78 | 39,9 | 32,3 | |
| 252,78 | 0,027 | 2,94 | 40,6 | 31,4 | |
| 248,14 | 0,026 | 2,76 | 48,2 | 32,2 | Усталость и небольшая боль. |
| 256,70 | 0,026 | 2,73 | 48,7 | 31,9 | |
| 217,85 | 0,025 | 2,68 | 38,1 | 29,7 | |
| 221,95 | 0,025 | 2,70 | 33,9 | 30,1 | |
| 233,65 | 0,026 | 2,85 | 37,4 | 21,9 | Усталость и небольшая боль. |
| 226,10 | 0,026 | 2,87 | 35,9 | 25,4 | |
| 255,90 | 0,027 | 2,97 | 39,3 | 29,9 | |
| 251,20 | 0,027 | 2,94 | 43,7 | 35,2 | |
| 253,00 | 0,032 | 3,80 | 52,1 | 36,3 | Сильная боль, мешающая работе. |
| 211,47 | 0,034 | 4,23 | 54,7 | 35,9 | |
| 204,01 | 0,024 | 2,62 | 30,1 | 21,9 | |
| 204,62 | 0,024 | 2,61 | 29,4 | 22,3 | |
| 198,93 | 0,023 | 2,53 | 27,9 | 19,4 | |
| 212,05 | 0,024 | 2,53 | 25,8 | 20,8 | Небольшая усталость. Никаких следов боли. Отсутствие качаний туловища. |
| 199,93 | 0,023 | 2,54 | 26,4 | 22,1 | |
| 200,60 | 0,022 | 2,49 | 26,9 | 20,9 | |
| 211,49 | 0, 24 | 2,50 | 25,3 | 21,4 | |
| 204,60 | 0,023 | 2,51 | 26,4 | 20,9 | |

*Приложение 2-ое.*

## Важнейшая литература по психофизиологии труда.

### Научная организация труда.

*Taylor, F. W.* Shop magement, есть русский перевод: „Административно-техническая организация промышленных предприятий". Петерб. 1912.

*Taylor, F. W.* The principles of scientifique management, есть русский перевод: „Научные основы организации промышл. предприятий". Петерб. 1912.

*Thomson, C. B.* The Taylor System of Scientifique management. London, 1916.

*Arnold,* The Ford Shops and Ford Methods.

*Drury, H.* Scientific Management. A History and Criticism. № 7, 1918.

Многочисленные статьи в журналах: „Industrial Management", „Betrieb", „Technik und Wirtschaft", „Organisation" и ряд монографий по научной организации труда, в которых затрагиваются, между прочим, вопросы психофизиологии труда.

„Труды 1-й Всероссийской Конференции по научной организации труда". Изд. Н.К.П.С. 6 выпусков.

„Организация Труда", орган Центр. Института Труда В.Ц.С.П.С., содержит ряд статей по всем вопросам научной организации труда и богатую хронику; вышло 3 номера.

*Ерманский, О. А.* „Научная организация труда и система Тэйлора" М. 1922 г. Книга написана инженером, но уделяет много места вопросу о професс. утомляемости; изложение не беспристрастное.

### Психотехника.

*Münsterberg, G.* „Grundzüge der Psychotechnik". Leipzig, 1920, есть русский перевод I части в издании „Русский Книжник".

*Münsterberg, G.* „Psychologie und Wirtschaftsleben", в русском переводе вышла в издании „Современные проблемы", под названием: „Психология и экономическая жизнь". М. 1912.

*Parsons, F.* Choosing a vocation. Boston. 1909.

*Aurenche et Loucheux.* Contribution à l'étude des réactions physiologiques de la fatigue. „Biologika", III, Paris. 1914.

*Ameline.* Une loi numerique entre la durée du travail intellectuell et l'intensité de la fatigue cérébrale. „Journal de Psychologie". 1911, № 2—4.

*Binet.* Recherches sur la fatigue intellectuelle scolaire. „Année psychol". XI.

*Chauveau, A.* La vie et l'énergie chez l'animal.

*Chauveau, A.* Статьи в „Journ. de Physiologie" и в C. R. de l'Akad. des Sciences".

*Fromont, Ch.* Une experience industrielle de reduction de la journée de travail. Bruxelles. 1906.

*Imbert, A.* De la mesure du travail musculaire les profession dans manuelles. Rapport au Congrès international d'hygiène alimentaire. Paris. 1906.

*Imbert, A.* L'étude scientifique expérimentale du travail professional. „Année psychologique", 1907.

*Joteiko, J.* La fatigue. Paris. 1920.

*Laufer, R.* L'organisation physiologique du Travail. Paris. 1907.

*Lagrande, F. et Grandmaison, F.* La Fatigue et Repos. Paris. 1912.

*Querton, L.* L'augmentation du rendement de la machine humaine. Bruxelles. 1905.

*Slosse.* Pourquoi mangeons nous? Principes fondamenteaux d'alimentation. Bruxelles, 1908.

*Trèves.* Le travail, la fatigue et l'effort. „L'année psychol.". 1906.

*Waxweiler.* Les conditions du travail humain dans l'industrie moderne. Bullet. de l'Institut de Sociologie. 1912.

*Frois Marcel.* Physiologie du Travail. 104 p. Paris. 1920. 2-e édition.

*Lapique Louis, Frois Marcel, Magne Henry.* Physiologie du Travail. II Série. p. 107, Paris. 1921.

*Lefevre, J.* Traité de Bioénergétique.

*Gautier, A.* L'alimentation et les regimes. Paris. 1908.

*Solvey, E.* Formules d'Energétique, Bruxelles. 1906.

*Rubner, M.* Archiv für Hygiene. 1892 и след. годы.

---

*Gantt, G. L.* Training Workmen in Habits of Industry and Cooperation. 1908.

*Goldmark, J.* Fatigue and Efficienty. New-York. 1917, с предисловием проф. Lee (вышло 2 издания).

*Lee Fr.* (проф. физиологии Колумбийского Университета). The Human Machine and Iudustrial efficienty.

*Vernon, M. H.* The Influence of hours of work and of ventilation on output in tinplate manufactures.

*Myers, C. S.* A study of improved methods in an iron foundry.

*Loveday.* Preliminary notes on the Boot and Shoe industry. „Industrial Efficiency". Public Health Reports, № 448, 1918, I.

*Atwater, Benedict and Carpenter.* Ряд работ, главным образом, по энергетике и питанию.

---

*Bernays, M.* Zur Psychophysik der Textilarbeiter. Arch. f. S—W и S—P, Bd. 32.

*Bucher, K.* Arbeit und Rythmus. Leipzig. 1909.

*Bloomfield.* The vocational guidance of jouth. Boston. 1911.

*Schlesinger, G.* Psychotechnik und Betriebswissenschaft (вышла в русском переводе инж. Л. А. Левенстерна и Н. П. Тихонова, под редакцией К. Х. Кекчеева).

*Tramm, K. A.* Psychotechnik und Taylor-System. I. Band. Arbeitsuntersuchungen, 89 рис., 140 стр. Berlin. 1920, II Band—Berlin. 1921.

*Moede, W.* Experimentelle Massenpsychologie. Leipzig, 1921.

*Moede, W.* Psychotechnische Eignungsprüfungen in der Industrie. „Praktische Psychologie", August. 1920.

*Piorkowski, C.* Die psychologische Methodologie der wirtschaftlichen Berufseignung. Beihefte zur „Zeitschr. f. angew. Psych.". 1921, № 11.

*Giese, Fr.* Psychologie und Berufsberatung. Die Bücher der Zeit. H. 15.

*Ulrich, M., Piorkowski, C., Nenke, O., Wolff G.,* und *Bernhardt. E.* Berufswahl und Berufsberatung. Eine Einführung in die Praxis. Berlin. 1919. 223 S.

*Christiansen, G.* L'orientation professionelle des enfants. Bruxelles. 1914.

*Amar, J.* L'orientation professionelle. Paris. 1917.

*Рыбников, Н. А.* Психология и выбор профессии. М. 1917.

*Кекчеев, К. Х.* Психотехника и выбор профессии. 2-е изд. М. 1923 г.

*Кекчеев, К. Х.* Психотехника и профессиональный подбор. „Организация Труда". № 2.

*Шпильрейн, И. Н.* О методах психологического профессионального подбора. „Организация Труда", № 3.

*Баумгартен, Фр.*, д-р фил. Психотехника. Берлин. 1922 (на русском языке).

**Физиология труда.**

*Amar, J.* Le rendement de la machine humaine. Paris. 1910.

*Amar, J.* L'organisation physiologique du travail. Paris,

*Amar, J.* Lignes respiratoires de la fatigue. „Comptes Rendus de l'Acad. des Sciences", 1913.

*Amar, J.* Cardiogrammes de fatigue: Там же, 1914, т. 158.

*Amar, J.* L'utilisation rationelle de l'énergie humaine. Genie Civil, $19^{13}/_{14}$, № 19.

*Amar, J.* Effets physiologiques du travail et degré de fatigue „C. R. de l'Acad. des Sciences", 1913.

*Kochmann, W.* Ueber das Verhältniss von Arbeitszeit und geistiger Aufnahmefähigkeit der „Arbeiter". Arch. f. S—W. und S—P.". Bd. 37, H. 3.

*König, J.* Chemie der menschlichen Nahrungs—und Genussmittel. Berlin, I—1903; II—1904; III—1910—1912.

*Offner, Max.* Die geistige Ermüdung Berl. 1910.

*Schuler.* Der Normalarbeitstag in seinen Wirkungen auf die Production. „Arch. f. Sociale Gesetzgebung-Statistik". Bd. IV.

*Weber, Max.* Zur Psychophysik der industriellen Arbeit. „Arch. f. S—W. u. S—P.". 279.

*Woldt, R.* Maschine und Arbeiter im industriellen Productionsprozess. „Der Kampf.". 1914.

---

*Ефимов, В. В.* К вопросу о динамических условиях физической работы.

„ „ „ Новые идеи в области питания. „Организ. Труда", № 3.

*Кекчеев, К. Х.* Живая машина. М. 1922 г., 2-е изд.

*Левицкий, В.* Умственный труд и утомляемость. „Наука и Техника", 1922 г.

*Лейтейзен, Г.* Возможна ли физиологическая регламентация труда? „Обществ. Врач", 1911, № 7.

*Чекин, А.* Проблема индустриальной усталости в Англии в связи с военной промышленностью. „Общественный Врач", 1918, № 13—14.

---

**Изучение движений.**

*Fischer, Otto* Der Gand des Menschen.

*Gilbreth, Fr.* Motion Study, имеется русский перевод: „Изучение движений, как способ повысить производительность труда".

*Gilbreth, Fr.* Fatigue Study. New-York.

*Gilbreth, Fr.* Briklaying System. New-York.

*Кекчеев, К. Х.* Изучение рабочих движений методом циклограмм. „Организация Труда", № 1, 1921 г.

*Кекчеев, К. Х.* Хроноциклографический метод. „Журнал психологии, неврологии и психиатрии". Первое приложение 1922 г.

*Таунсенд, Р.* Волшебство в изучении движений. Петр. 1918 г.

---

# ОГЛАВЛЕНИЕ.


Стр.

Введение . . . . . 6

## ЧАСТЬ ПЕРВАЯ.

### Основные понятия общей механики.

### ГЛАВА I.

§ 1. Общая часть . . . . . 21
§ 2. Кинематика: движение. . . . . 22
§ 3. Изображение и запись движения . . . . . 26
§ 4. Уравнение и диаграммы . . . . . 28
§ 5. Графический метод . . . . . 31
§ 6. Хронофотография . . . . . 33
§ 7. Движение тел . . . . . 35
§ 8. Сложение движений . . . . . —
§ 9. Коленчатые системы . . . . . 37
§ 10. Время . . . . . —
§ 11. Изучение сил . . . . . —
§ 12. Сложение и разложение сил . . . . . 38
§ 13. Равновесие сил: статика . . . . . 40
§ 14. Уменьшение системы сил . . . . . 41
§ 15. Случай параллельных сил . . . . . 42
§ 16. Приложения . . . . . 44
§ 17. Масса . . . . . —
§ 18. Молекулы и атомы . . . . . 46
§ 19. Центр массы или тяжести . . . . . 47
§ 20. Устойчивость равновесия . . . . . 48

### ГЛАВА II.

### Изучение сил. Динамика.

§ 21. Определение . . . . . 49
§ 22. Движение точки. Метания . . . . . —
§ 23. Центральная сила . . . . . 51
§ 24. Маятник . . . . . 53

Стр.

§ 25. Движение материальной системы . . . . . 54
§ 26. Работа . . . . . —
§ 27. Живая сила . . . . . 57
§ 28. Энергия . . . . . 58
§ 29. Принцип эквивалентности Роберта Майера . . . . . 60
§ 30. Толкование и приложение принципа эквивалентности . . . . 61
§ 31. Принцип Карно . . . . . 63
§ 32. Сравнение различных форм энергии . . . . . 65
§ 33. Жизненная энергия . . . . . —
§ 34. Обесценивание энергии: пассивные сопротивления . . . . . 66
§ 35. Удар . . . . . 68

## ГЛАВА III.

### Сопротивление материалов машины.

§ 36. Деформации тел: эластичность . . . . . 69
§ 37. Деформации: растягивание и сжимание . . . . . —
§ 38. Сгибание . . . . . 71
§ 39. Скручивание . . . . . —
§ 40. Разрезывание . . . . . 72
§ 41. Изменения в эластичности . . . . . —
§ 42. Роль эластичности и работа эластичности . . . . . —
§ 43. Машины . . . . . 73
§ 44. Простые машины . . . . . —
§ 45. Наклонная плоскость . . . . . 75
§ 46. Ворот . . . . . 76
§ 47. Блок . . . . . —
§ 48. Промышленные машины . . . . . 77
§ 49. Сила двигателей . . . . . 79
§ 50. Расход энергии в моторах . . . . . 80
§ 51. Производительность двигателей . . . . . 81
§ 52. Система единиц . . . . . 82
§ 52а. Формулы для скорости, ускорения, силы и работы . . . . . 83

# ЧАСТЬ ВТОРАЯ.

### Человеческая машина.

## ГЛАВА II.

### Строение человеческого тела.

§ 53. Вещество, из которого построено человеческое тело . . . . . 84
§ 54. I. Кости: скелет . . . . . 86
§ 55. Сопротивляемость скелета . . . . . 90
§ 56. Сила сопротивления сгибанию и скручиванию . . . . . 92
§ 57. II. Мышцы и их сопротивляемость . . . . . 93

Стр.
§ 58. Сопротивление мышц разрыву и кручению . . . . . 95
§ 59. III. Сухожилия и хрящи . . . . . 99
§ 60. IV. Нервы . . . . . 100
§ 61. Заключение . . . . . 101
§ 62. Сочленения; степени свободы движения . . . . . 102
§ 63. Виды сочленений (детали) . . . . . 103
§ 64. I Тело человека; форма . . . . . 107
§ 65. II Рост . . . . . 109
§ 66. Туловище и грудной коэффициент . . . . . 111
§ 67. Жизненная емкость . . . . . 112
§ 68. III Поверхность и объем человеческого тела . . . . . 113
§ 69. IV Вес человеческого тела . . . . . 114
§ 70. Истощение . . . . . 116

## ГЛАВА II.

### Мышечный двигатель и питание.

§ 71. Мышечный двигатель . . . . . 117
§ 72. Закон мышечного сокращения . . . . . 121
§ 73. Динамическое сокращение мышцы . . . . . 122
§ 74. Связь между формой и функцией мышц . . . . . 123
§ 75. Координация движений . . . . . 124
§ 76. Мышечная сила. Абсолютная сила . . . . . 126
§ 77. Мышечная сила у лиц разного возраста и разных национальностей . . . . . 127
§ 78. Периодичность произвольного мышечного сокращения . . . . 129
§ 79. Ритм мышечных сокращений . . . . . 130
§ 80. Подобие машин . . . . . 132
§ 81. Питание, горючий материал . . . . . 134
§ 82. Пища и кровь . . . . . 136
§ 83. Классификация пищевых веществ . . . . . 138
§ 84. Виды пищевых веществ . . . . . 139
§ 85. Место сгорания пищи в организме . . . . . 141

## ГЛАВА III.

### Питание и расход энергии.

§ 86. Пищевые рационы . . . . . 141
§ 87. Пищевой рацион . . . . . 142
§ 88. Методы определения рационов . . . . . 144
§ 89. Метод определения кислорода . . . . . 145
§ 90. Пищевые вещества, действующие на нервную систему . . . . 147
§ 91. Пищевые рационы и энергетическая затрата . . . . . 149
§ 92. Анализ энергетической затраты . . . . . 151
§ 93. Анализ энергетической затраты (продолжение) . . . . . 155

Стр.
§ 94. Вещества сгорающие в живых двигателях . . . . . 157
§ 95. Соотношение между изодинамией и изоглюкозией . . . . . 160
§ 96. Изменение величины энергетической затраты . . . . . 162
§ 97. Приспособление работы дыхания к величине энергетической затраты . . . . . 163
§ 98. Заключение . . . . . 166

## ЧАСТЬ ТРЕТЬЯ.

### Человеческая энергия.

### ГЛАВА I.

### Законы энергетического расхода.

§ 99. Основания . . . . . 167
§ 100. Законы действия мышц . . . . . 168
§ 101. Динамическое сокращение — работа . . . . . 169
§ 102. Доказательство формулы Шово . . . . . 170
§ 103. Дальнейшее изучение формулы Шово . . . . . 171
§ 104. Анализ формулы Шово . . . . . 173
§ 105. Анализ формулы Шово (продолжение) . . . . . —
§ 106. Случай с работой сопротивления . . . . . 175
§ 107. Работа, совершаемая при помощи волевых усилий . . . . . 176
§ 108. Анализ эргограммы . . . . . 177
§ 109. Механический и экономический оптимум . . . . . 178
§ 110. Наибольшая работа человека . . . . . 179
§ 111. Наибольшая работа человека (продолжение) . . . . . 180
§ 112. Наибольшая работа человека (продолжение) . . . . . 181
§ 113. Значение оценки расхода энергии . . . . . —
§ 114. Ходьба человеческой мышцы. Закон отдыха . . . . . 183
§ 115. Расход энергии в зависимости от рода питания . . . . . 184
§ 116. Заключение: главные законы . . . . . 185

### ГЛАВА II.

### Производительность человеческой машины.

§ 117. Определение . . . . . 186
§ 118. Добавочные усилия при мышечной работе . . . . . 187
§ 119. Производительность мышц . . . . . 187
§ 120. Важное примечание . . . . . 189
§ 121. Очерк о производительности . . . . . 189
§ 122. Употребление лебедки . . . . . 190
§ 123. Подъем на горы, ходьба . . . . . 191
§ 124. Работа мышц руки . . . . . 192
§ 125. Вариации производительности . . . . . 193
§ 126. Значение добровольной работы . . . . . 194
§ 127. Ход «впустую» . . . . . 195
128. Общий вывод по поводу производительности . . . . . 196

## ГЛАВА III.

### Физиологические действия работы. Усталость.

Стр.

§ 129. Условия нормальной деятельности . . . . . 197
§ 130. Действие работы на дыхание . . . . . 198
§ 131. Действие работы на кровообращение . . . . . 199
§ 132. Действие работы на мышечную силу . . . . . 201
§ 133. Действие работы на общий обмен веществ . . . . . 202
§ 134. Пределы работы: усталость. . . . . 204
§ 135. Причины усталости . . . . . 206
§ 136. Сопротивляемость усталости: выносливость . . . . . —
§ 137. Нервная усталость: умственная деятельность . . . . . 208

# ЧАСТЬ ЧЕТВЕРТАЯ.

### Человек и среда.

## ГЛАВА I.

### Влияние внутренних условий на работу человека.

§ 138. Внутренняя среда . . . . . 211
§ 139. Значение спиртных напитков . . . . . —
§ 140. Значение спиртных напитков (продолжение) . . . . . 213
§ 140а. Значение спиртных напитков (продолжение) . . . . . 215
§ 141. Пищи сбережения: чай . . . . . 216
§ 142. Кофе . . . . . 217
§ 143. Какао, орехи Кола . . . . . —
§ 144. Прянный напиток . . . . . 218
§ 145. Голод и истощение . . . . . —
§ 146. Влияние нарушения физиологического состояния. . . . . 219
§ 147. Значение органов чувств . . . . . 221
§ 148. Массаж, сон и отдых . . . . . 222
§ 149. Моральные влияния . . . . . 223
§ 150. Профессиональные влияния . . . . . 225
§ 151. Значение анатомических и физиологических особенностей рабочего . . . . . —
§ 152. Социальные влияния . . . . . 227

## ГЛАВА II.

### Внешняя среда.

§ 153. Атмосфера . . . . . 228
§ 154. Влияние температуры . . . . . 229
§ 155. Применения . . . . . 232
§ 156. Другие действия температуры . . . . . 233

Стр.
§ 157. Влияние температуры на работу . . . . . 233
§ 158. Влияние температуры на работу (продолжение) . . . . . 234
§ 159. Значение одежды . . . . . 235
§ 160. Значение одежды (продолжение) . . . . . —
§ 161. Коэффициент полезности одежды . . . . . 237

## ГЛАВА III.

### Внешняя среда (продолжение).

§ 162. Влияние влажности . . . . . 238
§ 163. Испарение воды кожей . . . . . 240
§ 164. Сопротивление воздуха при ходьбе . . . . . 242
§ 165. Влияние быстроты воздушных течений . . . . . 243
§ 166. Температура и затрата тепла . . . . . 244
§ 167. Влияние воды и ванн . . . . . —
§ 168. Влияние высоты . . . . . 246
§ 169. Действие атмосферного давления . . . . . 247
§ 170. Действие атмосферного давления (продолжение) . . . . . 249
§ 171. Действие атмосферного давления (продолжение) . . . . . 250

## ГЛАВА IV.

### Внешняя среда (продолжение).

§ 172. Атмосферное давление в глубинах и влияние сжатого воздуха . 252
§ 173. Действие на рабочего ядовитых газов и паров . . . . . 254
§ 174. Профессиональные яды . . . . . 256
§ 175. Значение пыли . . . . . 257
§ 176. Влияние лучеиспускания. Действие солнца . . . . . 258
§ 177. Влияние цветности света . . . . . 260
§ 178. Влияние электрического и магнитного полей . . . . . 261
§ 179. Влияние звуков и шума на работу . . . . . 262
§ 180. Влияние звуков и шума на работу (продолжение) . . . . . 264
§ 181. Влияние инструментов . . . . . 265
§ 182. Освещение рабочих помещений и мест . . . . . 266

# ЧАСТЬ ПЯТАЯ.

## Экспериментальная техника.

## ГЛАВА I.

### Измерения. Приборы.

§ 183. Измерения и ошибки . . . . . 273
§ 184. Метод наименьших квадратов . . . . . 275
§ 185. Графический метод . . . . . 276
§ 186. Кимография . . . . . 278

*Стр.*

§ 187. Измерение времени . . . . . 279
§ 188. Запись времени . . . . . 280
§ 189. Измерение скоростей . . . . . 281
§ 190. Анемометры . . . . . 282
§ 191. Статические элементы человеческого механизма: Рост . . . . 284
§ 192. Измерение бюста и роста в сидячем положении . . . . . 285
§ 193. Измерение поверхности и объема человеческого тела . . . . . —
§ 194. Измерение веса . . . . . 286
§ 195. Динамометрические измерения . . . . . 287
§ 196. Динамометр Ренье . . . . . —
§ 197. Динамометры—регистраторы или динамографы . . . . . 288
§ 198. Регистрация мышечной силы в различных профессиональных работах . . . . . —
§ 199. Движение тележки и тачки . . . . . 289
1) Сила, приложенная нормально к ручкам . . . . . 290
2) Силы, действующие в направлении ручек . . . . . 291
§ 200 Передвижение тяжести на тележке . . . . . 291
§ 201. Экспериментальная обувь по Марею . . . . . 293
§ 202. Инструменты, снабженные регистраторами . . . . . —
§ 203. Запись усилий при опиловке . . . . . 294
§ 204. Определение силы в килограммах . . . . . 295
§ 205. Определение силы при работе с различными инструментами . 297

## ГЛАВА II.

### Измерения. Динамические элементы человеческой машины.

§ 206. Определение работы . . . . . 298
§ 207. Планиметрия . . . . . 299
§ 208. Эргометрия и эргография . . . . . 301
§ 209. Динамография . . . . . 302
§ 210. Эргометрические приборы . . . . . —
§ 211. Эргографические аппараты . . . . . 303
§ 212. Различные эргографы (по принципу Моссо) . . . . . 305
§ 213. Эргограф Капобианко . . . . . —
§ 214. Измерение профессиональной работы . . . . . 306
§ 215. Изучение работы садовых ножниц . . . . . —
§ 216. Изучение работы напильника . . . . . 307
§ 217. Классификация человеческой работы . . . . . —
§ 218. Измерение работы ворота . . . . . 308
§ 219. Измерение работы различных инструментов . . . . . 309
§ 220. Упражнение пальцев . . . . . 310
§ 221. Работа ножных мышц . . . . . —
§ 222. Различные работы, производимые ножными мышцами . . . . 312
§ 223. Сложность профессиональной работы . . . . . 313
§ 224. Мощность человека . . . . . —

ГЛАВА III.

**Измерения: Энергетические определения.**

Стр.
§ 225. Общие положения . . . . . 314
§ 226. Изучение пищевых рационов . . . . . —
§ 227. Измерение величины поглощенного кислорода . . . . . 316
§ 228. Измерение величины газообмена . . . . . —
§ 229. Спирометрия . . . . . 317
§ 230. Автоматический спирометр, сконструированный Тиссо . . . . 318
§ 231. Газовый счетчик . . . . . 319
§ 232. Анализ газа . . . . . 320
§ 233. Эвдиометр Бонье и Манжен . . . . . 321
§ 234. Поправки и вычисления газовых объемов . . . . . 324
§ 235. Определение величины динамического расхода . . . . . 325
§ 236. Жизненная емкость и дыхательный ритм . . . . . 326
§ 237. Деятельность кровообращения . . . . . —
§ 238. Измерение тактильной чувствительности: эстезиометры . . . . 327
§ 239. Измерение тепловой энергии тела . . . . . 328
§ 240. Теплопроводность . . . . . 330
§ 241. Тепловая потеря в воде . . . . . 332
§ 242. Измерение гигрометрического состояния . . . . . 333
§ 243. Психометр . . . . . 334
§ 244. Трения . . . . . 335
§ 245. Коэффициенты трения . . . . . 336
§ 246. Таблица синусов и тангенсов . . . . . —

# ЧАСТЬ ШЕСТАЯ

**Профессиональная работа.**

ГЛАВА I.

**Равновесие и движение человеческого тела. Передвижение.**

§ 247. Общее понятие . . . . . 338
§ 248. Статика тела человека . . . . . 339
§ 249. Статика тела человека (продолжение) . . . . . 340
§ 250. Экономные положения тела . . . . . 342
§ 251. Выводы. . . . . 343
§ 252. Динамика человеческого тела . . . . . 344
§ 253. Рассмотрение мышечного движения. . . . . 345
§ 254. Рассмотрение мышечного движения (продолжение) . . . . . 346
§ 255. Рассмотрение мышечного движения (продолжение) . . . . . 348
§ 256. Движение сегментов тела: центры тяжести и моменты инерции . 349
§ 257. Передвижение человека . . . . . 351
§ 258. Анализ ходьбы . . . . . 353
§ 259. Движения и качания тела при ходьбе. . . . . 356
§ 260. Метод Брауне и Фишера . . . . . 357

## ГЛАВА II.

### Профессиональная работа и передвижение.

(Продолжение).


Стр.

§ 261. Мышечная работа при ходьбе . . . . . 357
§ 262. Ритм в ходьбе . . . . . 359
§ 263. Работа ножных мышц . . . . . 360
§ 264. Ходьба с тяжестью . . . . . 361
§ 265. Ходьба с перемещением сопротивления . . . . . 361
§ 266. Ходьба при подъеме . . . . . 362
§ 267. Ходьба по наклонной плоскости . . . . . 363
§ 268. Ходьба при спуске . . . . . 363
§ 269. *Бег* . . . . . 365
§ 270. Мышечная работа при беге . . . . . *366*
§ 271. Прыжок . . . . . 367
§ 272. Взлезание . . . . . 368
§ 273. Ползание . . . . . 369
§ 274. Движение в воде . . . . . 369
§ 275. Расход энергии при передвижении человека. Ходьба . . . . . 370
§ 276. Предыдущие опыты . . . . . 371
§ 277. Ходьба с тяжестью . . . . . 371
§ 278. Ходьба с тяжестью (продолжение) . . . . . 373
§ 279. Наблюдения и метод Кулона . . . . . 374
§ 280. Переноска чугунных болванов . . . . . 375
§ 281. Различные наблюдения . . . . . 377
§ 282. Шаг на месте . . . . . 377
§ 283. Заключение по поводу ходьбы на ровном месте . . . . . 378
§ 284. Ходьба при подъеме . . . . . 379
§ 285. Прежние наблюдения . . . . . 381
§ 286. Наклонная плоскость . . . . . 382
§ 287. Ходьба при спуске . . . . . 384
§ 288. Сопоставление ходьбы в горизонтальном и вертикальном направлениях . . . . . 385


## ГЛАВА III.

### Профессиональная работа. Орудия производства.


§ 289. Работа человека с инструментами; обучение . . . . . 386
§ 290. Исторический обзор профессиональной работы . . . . . 388
§ 291. Классификация работ . . . . . 392
§ 292. Работа каменоломщика на колесе лебедки . . . . . 392
§ 293. Работа на лебедке и вороте . . . . . 394
§ 294. Работа на лебедке и вороте (продолжение) . . . . . 395
§ 295. Вертикальная сила тяги посредством веревки: копер, молот и т. д . . . . . 397

Стр.
§ 296. Поднимание воды из колодца . . . . . 398
§ 297. Работа молотом . . . . . 399
§ 298. Работа напильником . . . . . 400
§ 299. Методика изучения . . . . . 402
§ 300. Опыты и вычисления . . . . . 404
§ 301. Определение работы мышц при опиловке . . . . . 406
§ 302. Различные влияния на работу опиловщика . . . . . 408
§ 303. Способ экономной работы опиловщика . . . . . 411
§ 304. Влияние возвращений в пустую и промежутков отдыха . . . 412
§ 305. Работа ученика . . . . . 413
§ 306. Индивидуальные заключения . . . . . 416
§ 307. Общие заключени . . . . . 417
§ 308. Работа с пилой . . . . . 419
§ 309. Работа металлиста . . . . . 419

## ГЛАВА IV.

### Профессиональная работа.

(Продолжение).

§ 310. Работа с садовыми ножницами . . . . . 421
§ 311. Работа по дереву. Обработка дерева . . . . . —
§ 312 Работа по полировке стекол . . . . . 422
§ 313. Работа с лопатой . . . . . —
§ 314. Работа с тележкой и тачкой . . . . . 424
§ 315. Работа с тележкой . . . . . 425
§ 316. Перевозка на тачке . . . . . 426
§ 317. Опыты старых исследователей . . . . . 428
§ 318. Случай с двухколесной тачкой . . . . . 429
§ 319. Работа велосипедиста . . . . . 430
§ 320. Работа ног . . . . . 431
§ 321. Различные работы . . . . . 432
§ 322. Спорт . . . . . 433
§ 323. Доля участия нервной энергии . . . . . 434
§ 324. Пример организации работы: искусство каменщика . . . . . 435
§ 325. Примеры экономии движений . . . . . 438
§ 326. Работа по произношении слов . . . . . 440
§ 327. Затрата энергии оратором . . . . . 443
§ 328 Умственная работа . . . . . 444
§ 329. Пищевые рационы по профессиям . . . . . 445
§ 330. Анкетный метод изучения питания . . . . . 447
§ 331. Напитки . . . . . 450
§ 332. Общий взгляд на силу человека . . . . . 454

# ОПЕЧАТКИ.

| *Страница.* | *Строка.* | *Напечатано:* | *Должно быть:* |
|---|---|---|---|
| 149 | 14 сверху | энергетическая работа. | энергетическая затрата. |
| 157 | 13 снизу | § 94. Вещества в сгорающих живых двигателях. | § 94. Вещества сгорающие в живых двигателях. |
| 249 | 7 сверху | Уклонения в нормальном | § 170 Уклонения в нормальном |
| 250 | 12 сверху | § 172 | § 171 |
| 271 | 1 снизу | =0,25 люксов | 0,25 люксов. Доп. ред. |
| 434 | 13 снизу | § 324 | § 323 |

# ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО.

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ. МОСКВА.

## ПРИКЛАДНЫЕ ЗНАНИЯ.

**Учебники и руководства для высшей школы: механика, электротехника, строительное и инженерное дело.**

**Андреев.** Энергия и законы ее использования.
**Акимов.** Технология дерева.
**Брандт.** Основания термодинамики. Ч. I и II.
**Бик.** Учебник низшей геодезии.
**Бубновский.** Курс железнодорожной телефонии и телеграфии.
**Блей.** Практическое руководство к проектированию сооружений.
**Грибов.** Двигатели внутреннего сгорания.
**Гюнтер.** Электротехник-строитель. Ч. I и II.
**Генсель.** Электротехника в задачах и прим. В. II. Переменн. токи.
**Кирпичев.** Основы графической статики.
„ Сопротивление материалов. Ч. I и II.
**Кифер.** Грузоподъемные машины. Ч. I, с атласом.
**Лахтин.** Кривые распределения и построения для них интерполяционных форм по способам Пирсона и Брунса.
**Млодзеевский.** Термодинамика.
**Николаи.** Кинематика.
„ Статика.
**Малышев и Гавриленко.** Технология дерева, с атласом.
**Передерий.** Курс мостов. Ч. I. Мосты малых отверстий.
**Чаплыгин.** Механика системы. Часть I и II.
**Угримов и Генсель.** Основы техники сильных токов.
**Яшнов.** Основы термодинамики.

**Металлургия, товароведение, сельское хозяйство и т. д.**

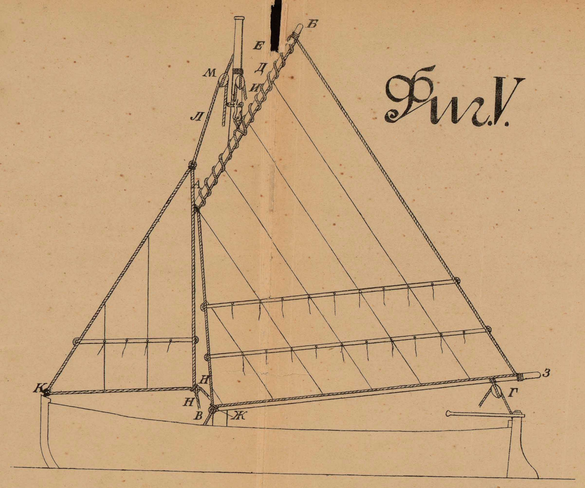
**Богданов.** Основы экстерьера сельско-хозяйственных животных.
„ Разведение по линиям.
**Григорович.** Курс лекций по электрометаллургии железа.
**Гавриленко.** Технология металлов. В. II. Литейное дело.
**Разумников.** Товароведение кожи.
**Товароведение.** Под ред. Никитинского и Петрова. Т. I. **Бочвар.** Товароведение минеральных веществ.
**Товароведение.** Под ред. Никитинского и Петрова. Т. II.

**ТОРГОВЫЙ СЕКТОР ГОСУДАРСТВЕННОГО ИЗДАТЕЛЬСТВА:**
Москва, Ильинка, Биржевая пл., уг. Богоявленского пер., № 4.
Телеф. 1-57-57, 47-35.

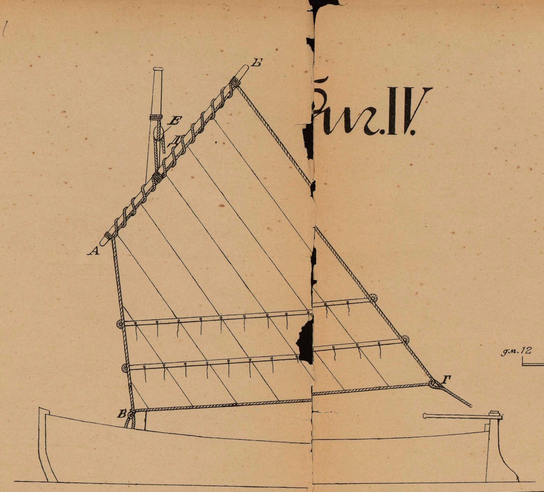
**Розничная продажа:**
1) Советская площадь, под гостиницей „Дрезден"; 2) Моховая, 17; 3) Б. Никитская, 13; 4) Никольская, 3.

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ □ МОСКВА □ 1923

# Постройка домашними средствами гребно-парусной шлюпки и управленіе ею.




Фиг.V.

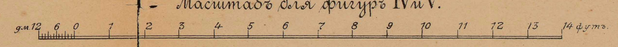



Фиг.IV.

Масштабъ для фигуръ I. II. и III.



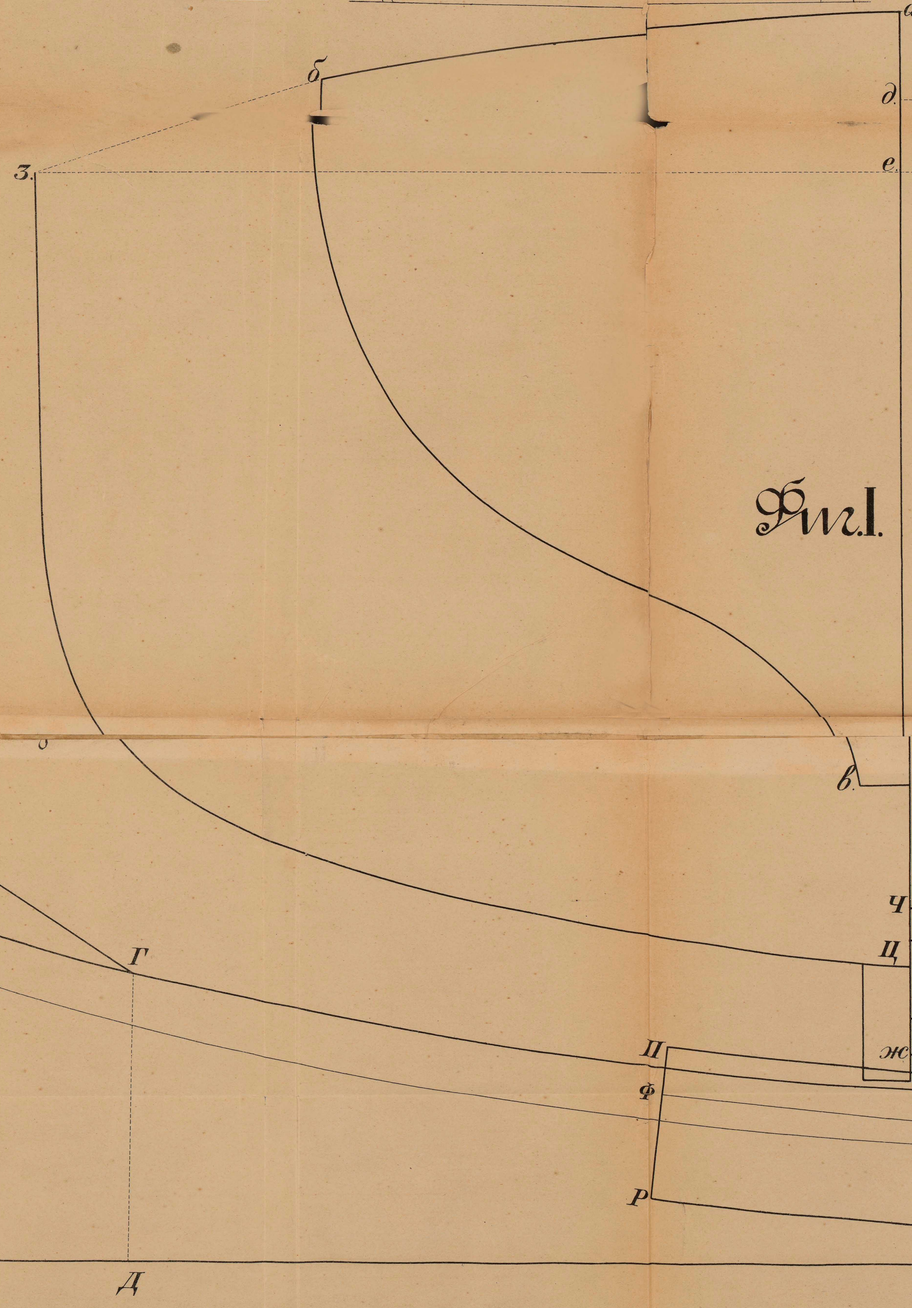

Масштабъ для фигуръ IV и V.







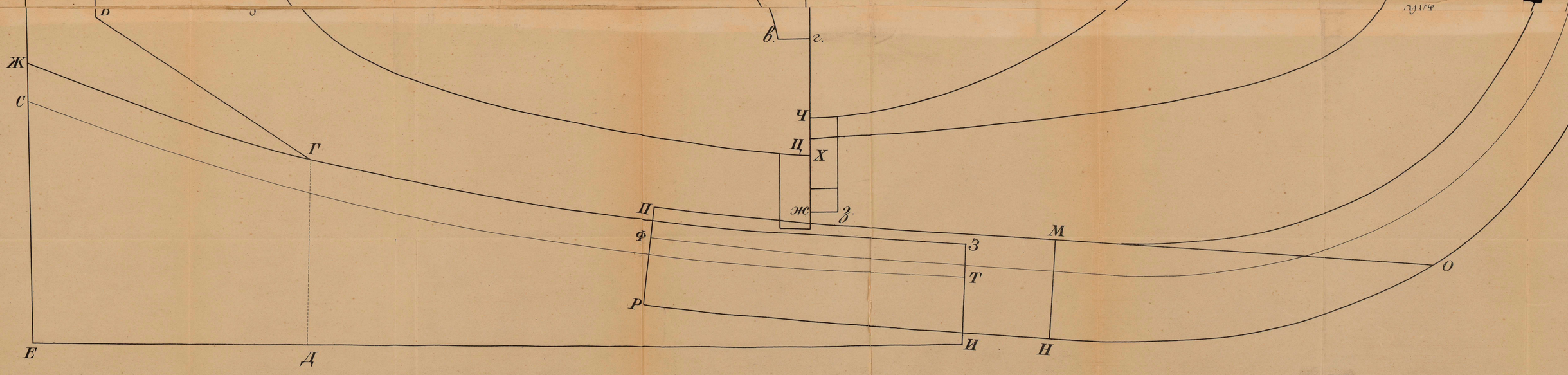
Фиг.II.




Фиг.I.




Фиг.III.




2007336042