

K 799165

1937
10
11



26.01.06 - 56296

20. 10. 2021 03P

И. Ф. ЛЕОНТЬЕВ

УСТАЛОСТЬ

И

ЕЕ ИЗМЕРЕНИЕ

ВТОРОЕ, ДОПОЛНЕННОЕ ИЗДАНИЕ

«СЕВЕРНЫЙ ПЕЧАТНИК»

ВОЛОГДА

1928

Гублит № 528 (Вологда).

Тираж 3000 экз.

Типография Полиграфтреста «Северный Печатник».

I. УСТАЛОСТЬ—ТОРМОЗ РАБОТЫ

Стальные машины (паровоз, динамо и т. д.) отличаются от человека и животных тем, что их производительность, т.-е. отношение произведенной механической энергии к энергии израсходованной, остается во время работы постоянной. Не то у живых существ. Через короткий промежуток времени от начала работы их производительность уменьшается. Это уменьшение производительности обычно не только количественное, но и качественное. Усталость (утомление) представляет одну из главных причин этого уменьшения производительности.

Так называемая профессиональная усталость рабочих наносит огромные убытки индустрии. Размеры этих убытков, причиняемых профессиональным утомлением, хорошо иллюстрируются данными американской статистики, согласно которым этот ущерб народному хозяйству исчисляется ежегодно в сумме 1 миллиарда долларов!

Отсюда понятно, что вопрос об усталости и способах ее измерения имеет не только узко-научный интерес, но и широкое государственное значение.

В самом деле, ведь усталость— общее явление в животном мире. Кого бы мы ни взяли: лошадь, быка, собаку, почтового голубя и т. д., не говоря уже о человеке, у всех у них можно подметить утомление.

Усталость нормального и здорового человека, вызванная чрезмерной работой, как все хорошо знают, сопровождается своеобразным ощущением болезненности.

Утомление, как неизбежное следствие деятельности живых существ, характеризуется уменьшением или полной потерей специфической энергии каждого органа или его части. Так, утомление мускулов, например, руки, характеризуется уменьшением или потерей способности сокращаться—поднимать груз; утомление глаза определяется потерей световых ощущений, а уха—звуковых.

Все знают, что непрерывный шум притупляет слух, а длительное пребывание у фабричных машин может повлечь за собою потерю слуха.

Непосредственно доказать, что шум вызывает усталость, нелегко, но очень нетрудно показать, что шум понижает производительность. Подтверждений для этого факта можно найти бесконечно много. В одном случае, было установлено, что простой перевод рабочих со двора, куда беспрепятственно въезжали вагоны, в изолированное помещение повысил выработку рабочих на 25%.



Рис. 1. Мышцы лягушки: *а*—портняжная (приподнята пинцетом);
б—икряные (цифра 9).

На этом примере можно видеть, как велико влияние технических условий недр того или иного производства на производительность рабочих.

Из этого же примера ясно, почему необходимо считать усталость одной из главных, а не единственной причиной уменьшения производительности у рабочих.

В простейшей форме ученые изучают утомление на изолированных мышцах какого-нибудь животного. По соображениям удобства ученые берут для этого мышцы лягушки. Чаще всего портняжные (рисунок 1,а) или икрные (рисунок 1,б),—они легко изолируются и достаточно велики. Кроме того, вырезанные мышцы холоднокровных животных дольше сохраняют свою „жизненность“, чем мышцы теплокровных.

И вот, если заставить такую изолированную мышцу сокращаться, действуя на нее, удобнее всего, электрическим током (рис. 2), то она мало-по-малу будет сокращаться все меньше и меньше (рис. 3,в), и, наконец, ее сократительные движения прекратятся: мышца, как говорят, устала.

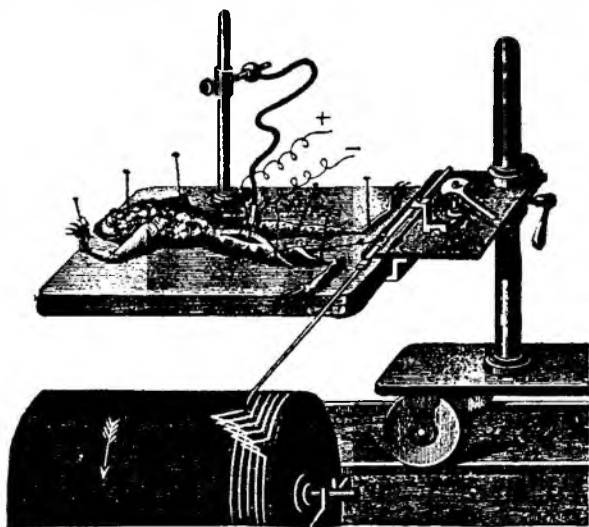


Рис. 2. Установка для записи кривых сокращений мышц лягушки.

Так как изучение работы (сокращений) и утомления мышцы при помощи простого наблюдения глазами дает крайне неопределенные результаты (масса мелких, но важных деталей процесса работы мышцы ускользает при таком исследовании), то учеными был выработан особый способ регистрации сокращения мышцы на специальных аппаратах, называемых *миографами* (рис. 4 и 5).

Суть такого прибора состоит в том, что сухожилие мышцы, закрепленной в зажим, соединяют с рычажком, сделанным из какого-нибудь легкого материала, напр., соломинки. Рычажок укрепляется так, что его ось остается неподвижной,

а движущийся от сокращения мышцы конец приставляется к поверхности вращающегося цилиндра той или иной высоты, на который натянута, покрытая сажей, полоса бумаги. Цилиндр вращается часовым механизмом. При сокращениях мышцы от тех или иных причин (укола, капель кислоты и т. д.), на вращающемся цилиндре от движения рычажка получается кривая линия. Так записывается процесс сокращения мышцы. Кривые сокращения носят названия миограмм (рис. 3, А и В).

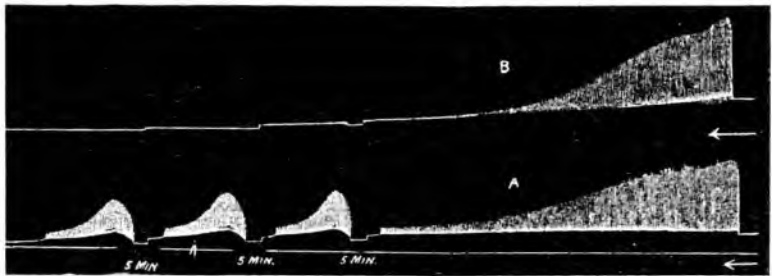


Рис. 3. Кривые сокращений мышц—миограммы.

Если ту или иную мышцу исследовать химически до работы или, в нашем случае, перед тем, как подействовать на нее электрическим током, то оказывается, что свежая мышца по своей природе слабо-щелочная. Химическое исследование усталой мышцы показывает, что она уже кислая.

Очевидно, что во время сокращения—работы мышцы—в ней образовались какие-то кислые вещества.

Показать образование кислоты при работе мышц чрезвычайно просто.

Для этого берется лягушка, но не целое животное, а одни ее задние конечности с большей частью позвоночника; при этом оставляют в целости спинно-мозговые нервы и спинную артерию.

В эту артерию вставляют маленькую стеклянную трубочку, называемую канюлей, так, чтобы она оканчивалась еще до разветвления артерий. Это предпринимается для того, чтобы введенная через трубку жидкость распределялась по обеим конечностям. Жидкость, которую пропускают в этом опыте через артерию, состоит из очень слабого раствора краски —

кислого фуксина (две-три десятых процента) в так называемой жидкости Рингера. Эта последняя есть не что иное, как раствор нескольких солей, поваренной и других, определенной крепости плюс 1 грамм сахара на 1000 куб. см. всего раствора. Такой раствор солей наименее губителен для живых или переживающих (изолированных) тканей или органов животного. И вот 10—15 куб. см. такой ярко-красной жидкости набирают в шприц и медленно вводят в сосуды конечностей. Из соответствующих вен появляется красящая

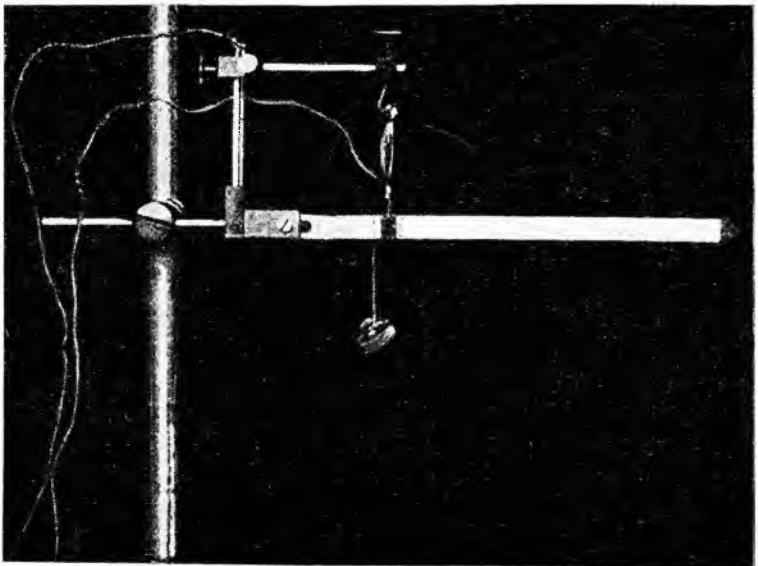


Рис. 4. Миограф.

жидкость, а кожа конечностей лягушки окрашивается в красно-малиновый цвет. Для лучшего наблюдения за равномерностью окраски конечностей, кожа перед впрыскиванием удаляется. Окрашенные таким путем конечности оставляют на чистой тарелке под стеклянным колпаком на один-полтора часа.

В течение этого времени окрашенный препарат мышц обесцвечивается и принимает исходный, бывший перед опытом, вид. Как только этого достигли, начинают раздражать электрическим током спинно-мозговые нервы, идущие к мышцам одной ноги. Нога начинает сокращаться, и минут

через 10—15 после начала раздражения нервов вся нога понемногу краснеет. В то же время нога, находящаяся в покое, остается бесцветной. Но стоит только перенести раздражение электрическим током на эту вторую лапку, т.е. заставить ее сокращаться—работать, как она также в свою очередь покраснеет.

Краска—кислый фуксин—обесцвечивается очень малым количеством щелочи и снова окрашивается от кислоты. Это свойство фуксина, как красочного индикатора-указателя на переход из бесцветного состояния в красный цвет, и используют для наблюдений за изменениями щелочной реакции на кислоту.

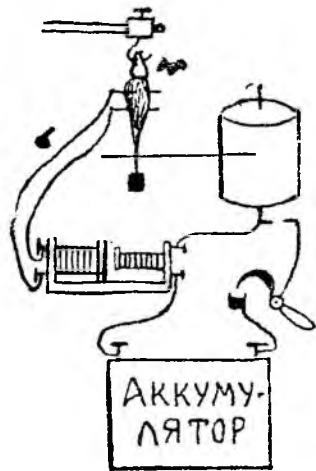


Рис. 5. Схема установки для записи кривых утомления мышцы при действии на нее электрическим током.

Соответствующие точные измерения с помощью очень тонкой аппаратуры выяснили, что реакция внутри мышц не особенно резко меняется даже при сильном образовании в ней кислых веществ. Так, например, при максимальной усталости, когда в мышцах образуется до 0,4% кислоты, условная цифра 7,5 (покой) уменьшается только до 6,8 (усталость).

Специальные анализы показали, что одним из кислых веществ, накаплиющихся в мышцах во время работы, является молочная кислота.

Английские физиологи точно доказали, что чем больше утомлена мышца, тем больше в ней содержится молочной кислоты.

За самое последнее время усилиями, главным образом, немецких ученых выяснен механизм накопления молочной кислоты в мышцах. Естественнее всего здесь было предположение, что источником молочной кислоты являются углеводы, входящие в состав мышцы, в частности гликоген. Гликогена содержится в мышцах животных около 1/2%. У человека весом в 60 кило гликогена в общей сумме имеется 180—200 г.

Химически гликоген тождественен крахмалу и отличается от него лишь некоторыми примесями, влияющими на его физическое состояние. Поэтому часто гликоген называют животным крахмалом.

Уже давно было подмечено, что при работе из мышц гликоген исчезает: с полупроцента он понижается до одной десятой процента.

Теперь немецкие физиологи установили, что гликоген является единственным источником молочной кислоты. Далее они показали, что в период отдыха значительная часть образовавшейся молочной кислоты превращается обратно в гликоген, а часть окисляется, при участии кислорода, до углекислоты и воды.

Мало того. Немецким ученым удалось выяснить, что в химических процессах, протекающих в мышцах, важная роль принадлежит еще другой кислоте — фосфорной.

Исходя из старых наблюдений, указывавших на усиленное выделение фосфорной кислоты при мышечной работе, немецкие физиологи констатировали, что фосфорной и молочной кислоты образуются равномолекулярные количества, т.-е. на каждую молекулу молочной кислоты образуется одна молекула фосфорной кислоты.

Из этого ученые сделали вывод, что молочная и фосфорная кислоты являются продуктами распада одного и того же вещества, которое должно быть органическим соединением фосфорной кислоты. Вслед за этим ученым удалось из мышечного экстракта выделить особое вещество, названное ими лактацидогеном, которое по своему химическому строению представляет соединение виноградного сахара с фосфорной кислотой. Здесь опытные данные совпали с теоретическими предположениями.

Только имея такой состав, лактацидоген может, распадаясь, давать равные количества молекул фосфорной и молочной кислот.

Все эти исследования с несомненностью устанавливают, что в процессах, связанных с мышечной деятельностью, главнейшая роль принадлежит лактацидогену и процессам его распада на фосфорную и молочную кислоты, а также и то, что превращение углеводов в мышцах всегда проходит через стадию образования лактацидогена.

Думать (как это некоторые делают), что в усталой мышце нехватает материалов, необходимых для сокращения, нельзя, так как стоит только утомленную продолжительной работой мышцу промыть (через кровеносный сосуд, приносящий кровь к мышце) струей простой воды или воды, к которой добавлена поваренная соль,¹ то мышца только одной промывкой может быть сделана способной к работе, т.-е. ее сокращения снова делаются почти столь же интенсивны, как и вначале.

То, что в работающей мышце накапливаются вещества, вредно действующие на самый акт сокращения, ученые наблюдали уже давно.

Они готовили водяные вытяжки из мышц, предварительно заставляя их усиленно работать. Полученная из утомленных мышц вытяжка вливалась в кровеносный сосуд свежее-изолированной мышцы, и при этом постоянно наблюдается ослабление ее способности сокращаться. Промывание мышцы соответствующей жидкостью восстанавливает способность к сокращению, уничтоженную вливанием вытяжки.

Еще интереснее и показательнее опыт, проделанный много раз в отношении утомления целого животного. Для этого берется собака и ставится на топчак—особый прибор с движущимся полом. Движением пола собака принуждается к бегу до того, что она падает от усталости.

Картина такой усталости многим знакома, если не на собаке, то на лошади.

При крайней усталости животное лежит с закинутой назад головой, часто дышет, рот полуоткрыт, глаза налиты кровью, сердце усиленно бьется. Животное не может шевельнуть ни одним членом, не отзывается на кличку, не ест положенную перед ним пищу. Так уставшее животное можно щипать, колоть, оно едва шевелит головой или лапой.

И вот, если взять кровь у такой утомленной собаки и влить эту кровь в кровеносный сосуд (вену) здоровой, бодрой собаки, то получится удивительный результат: у второй—неутомленной собаки обнаружатся такие же признаки усталости, как и у первой. Окажется, что, хотя эта вторая собака и не бегала и никакой работы не делала, у нее после

¹ Или еще лучше комбинированным раствором солей (Рингер).

вливания крови от усталой собаки участится дыхание, забьется сильно сердце, нальются кровью глаза, появится слабость всех членов, понизится чувствительность. Получается так, что вместе с кровью усталой собаки мы перелили ей и самую усталость. Из этого можно заключить, что усталость находится в крови, и ее можно переносить с места на место, как вещь. Отсюда ясно, что усталость есть какое-то вещество, появляющееся в крови после тяжелой работы, и это вещество имеет ядовитые свойства.

Если оставить утомленную мышцу отдыхать, то она снова приобретает способность сокращаться—поднимать груз (рис. 3, А). Спрашивается, что же происходит в мышце? Ученые установили, что при отдыхе в мышце исчезает молочная кислота, и мышца опять становится слабо-щелочной.

Дальнейшими исследованиями ученых выяснено, что молочная кислота тем быстрее исчезает из мышцы, чем больше подводится к мышце кислорода. Уничтожая в мышцах молочную кислоту, кислород является, следовательно, главным противодействием утомления.

Таким образом, чем лучше снабжать кислородом мышцы, спинной и головной мозг животного и человека, тем лучше они сопротивляются наступлению утомления, и тем скорее проходит уже наступившее утомление.

Особенно велико значение кислорода для деятельности нервной системы. Ученые подтвердили это очень простым опытом. Они помещали нерв в особую камеру, наполненную азотом—газом, образующим, как известно, в смеси с кислородом воздух, которым мы дышим. Нерв, находящийся в азоте, раздражался электрическим током. Возбужденное состояние нерва передавалось мышце, находящейся вне азота, но непосредственно соединенной с нервом. Каждое раздражение нерва вызывало сокращение мышцы. Через некоторое, очень короткое время нерв переставал возбуждаться, он как бы утомился. Тогда пускали кислород в камеру. Этот выпуск возвращал нерву его свойство возбуждаться и тем самым сокращать мышцу. Работа нерва в кислороде может длиться очень долгое время.

Вообще говоря, роль нерва для работы мышц огромна. Зависимость химических реакций в мышце от нервной системы подтверждает следующий опыт, проделанный одним

немецким ученым на лягушке. Он взял одну краску, так называемую метиленовую синьку, безвредную для лягушки, и впрыснул ей под кожу водный раствор краски.

Одним из химических элементов, входящих, как бы в качестве кирпича, в строение метиленовой синьки, является кислород. Если его отнять, то краска теряет свой синий цвет и переходит в бесцветное соединение. Так как мышцы животных жадно поглощают кислород, то метиленовая синька, проходя в мышце, постепенно там обесцвечивается. Если удалить кожу с лягушки, то мышцы будут бесцветны или окрашены в едва заметный синий цвет. Но стоит только перерезать нерв, идущий к мышцам, напр., правой ноги, то эти мышцы окрашиваются в ярко-синий цвет; все же мышцы левой ноги, у которой нерв оставлен без повреждения, будут бесцветны.

Из этого опыта ясно видно, что мышца без нерва не поглощает кислорода из краски. Опытами русских ученых обнаружено, что главную роль в механизме поглощения мышцей кислорода играют волокна так называемой симпатической нервной системы, представляющей собою скопление нервных тканей около позвоночного столба. Здесь надо отметить, что, ставя опыты с изолированными мышцами, ученые заведомо имеют дело с искусственными условиями, и все отличие между ними и естественными состоит в том, что в выделенной из тела мышце нет кровообращения. В действительности, в целом животном, конечно, картина иная, так как ток крови непрерывно и быстро подает питательные вещества и уносит из мышцы продукты, так сказать, перегара—продукты химических реакций, разыгрывающихся в работающей мышце. Тем не менее, эти опыты имеют огромную ценность и помогли ученым разобраться в механизме работы не только одной мышцы, но и целого организма.

II. ВЗГЛЯДЫ УЧЕНЫХ НА УСТАЛОСТЬ

Ученые не раз пытались дать теоретическую схему процесса утомления, не раз пытались понять механизм образования и накопления утомления, но до самого последнего времени их попытки не дали исчерпывающих, удовлетворительных результатов.

Сначала думали, что утомление есть результат исчезновения из мышцы питательных веществ. Эта теория опровергается уже рассказанным опытом с промывкой усталой мышцы водой или солевыми растворами. Если бы дело обстояло так, как утверждает эта теория, то никакая промывка не смогла бы вызвать новых сокращений мышцы.

Вторая, предлагаемая на этот счет теория истолковывает утомление, как следствие вредного действия ядовитых веществ, образовавшихся в мышце во время работы. Описанный опыт с вливанием в мышцу вытяжек из усталой мышцы и поведение бодрой собаки после вливания крови от утомленной собаки как бы говорят в ее пользу.

Это дало повод одному немецкому ученому даже говорить об „ядах усталости“ (кенотоксинах), имеющих, по его мнению, очень сложное химическое строение, близкое к строению ядов, образуемых болезнетворными бактериями.

Но эта „химическая“ теория не в состоянии дать надлежащего истолкования тому факту, что при сильном утомлении наблюдается иногда перевозбуждение. Иными словами— эта теория бессильна удовлетворительно разъяснить такой факт, когда человек, совершенно изнуренный работой целого дня, в момент надвинувшейся опасности выполняет работу (например, долго и быстро бежит), которая при той же степени утомления в обычных рамках его жизненного уклада абсолютно ему не под силу.

Интересна также теоретическая попытка истолковывать сущность процесса утомления в виде воздействия ядовитых (токсических) элементов утомления на мозговые центры рабочего органа и всего организма при посредстве нервной, а не кровеносной системы.

В самое последнее время русские физиологи (академик П. Лазарев) высказали чрезвычайно плодотворную теорию, по которой утомление рассматривается с точки зрения взаимодействия так наз. ионов. Ход рассуждений этой теории таков.

Если отвлечься от структурных, внешних и внутренних, элементов мышцы и нерва, то последние можно представить в виде закрытых с обоих концов трубок, наполненных растворами белков и ряда солей (хлористый натр и другие). Стенки трубок проницаемы. Эта проницаемость

легко определяется на эксперименте, и благодаря ей возможен переход солей вовнутрь и наружу трубки.

Вместе с этим физиками и химиками было давно замечено, что при растворении солей в воде наступает расщепление молекул взятой соли на составляющие ее части, при чем при пропускании электрического тока через такой раствор можно наблюдать (при помощи специальных приспособлений) передвижение этих частей к концам проводников электрического тока, к так называемым электродам.

Продукты расщепления по своей природе различны: одни из них заряжены положительно, другие—отрицательно. Согласно закону притяжения разноименных электричеств, положительные части направляются к отрицательному электроду или катоду, а отрицательные—к положительному электроду или аноду.

Такие электрически заряженные составные части названы ионами, называемыми в свою очередь,—в зависимости от электрода, у которого они выделяются,—катионами и анионами.

Растворы солей, как поваренной соли или селитры и т. д., в виду того, что они проводят электрический ток, называют электролитами. Пример не электролита, т.-е. вещества в растворе, не проводящего электричества, представляет сахар. Все это говорится для того, чтобы показать, что расщепление при растворении в воде молекулы,—скажем, поваренной соли, состоящей из атомов натрия и хлора,—на положительно-заряженный атом натрия—положительный ион и отрицательно-заряженный атом хлора—отрицательный ион,—имеет существеннейшее значение для химических реакций вообще и в частности для реакций, протекающих в нервах и мышцах.

Эти реакции легко текут в растворах, содержащих ионы, и не идут в таких жидкостях, которые ионов не содержат. Поэтому ясно, что для того, чтобы произошло материальное изменение частей интересующих нас систем—мышц или нервов, необходима химическая реакция, а такая может возникнуть лишь при непосредственном участии ионов, находящихся в растворенном состоянии в мышце или нерве.

При установлении учеными количественных закономерностей в этих процессах, было найдено, что одни ионы (ионы

калия и натрия) возбуждают ткань, а другие ионы (ионы кальция и магния), наоборот, действуют угнетающе, тормозяще.

Ионы, благодаря своим зарядам, способны увеличивать или уменьшать электрические заряды белковых частиц и этим оказывать громадное действие на все физическое состояние белкового раствора в мышце или нерве. Особенно сильно действие в этом смысле ионов солей калия.

С этой точки зрения механизм возбуждения, соответственно работе нерва, может быть представлен так. Раз белковые молекулы обычно связаны с ионами солей, то, при подведении к какому-либо пункту нервного волокна раздражения любого вида, в данном участке происходит избыточное накопление ионов калия вследствие того, что белковые частицы теряют эти ионы. Потеря наступает в результате осаждения (выпадения) белкового раствора нервного волокна. Тут возникает как бы взрывной процесс. Освободившиеся ионы с громадной быстротой (иногда до 100 метров в секунду) вызывают точно такой же взрывной процесс в соседнем участке нерва. И такая взрывная волна идет до тех пор, пока возбуждающие ионы не достигнут мышцы и не вызовут ее сокращения.

Поэтому утомление ткани, соответственно ослабление работоспособности, например, какой-либо мышцы, следует рассматривать, как результат воздействия ионных элементов, обладающих не возбуждающими, а, наоборот, тормозящими свойствами. Иными словами, угасание деятельности утомляющегося органа есть не что иное, как ионный процесс внутреннего торможения, где главную роль играют не ядовитые продукты деятельности ткани и не кровеносная система, как разноситель „ядов“ усталости, а непосредственное воздействие ионов.

А так как скорость передвижения тормозящих ионов, как показывают опытные данные, значительно превышает передвижения возбуждающих ионов, то, очевидно, можно с успехом допустить, что при продолжительной работе того или иного органа, вызывающей прекращение его способности к работе, на всем его протяжении от исходной точки раздражения до самой мышцы устанавливается стойкая яконцентрация тормозящих ионов.

Следовательно, повторяем, усталость, по этой теории, не есть прямое отравление или истощение мозговой или мышечной ткани, а очень сложный процесс ионного торможения, направленного к тому, чтобы своевременно приостановить работу органа и тем самым исключить возможность его переутомления.

Наконец, очень любопытна теория, готовая отнести утомление насчет изменений проницаемости пограничного слоя мышечных клеток. Эта теория выросла на почве таких опытов. Если погрузить только что отпрепарированную мышцу лягушки в комбинированный раствор солей (раствор Рингера), то из мышцы начинает поступать в окружающий ее раствор солей фосфорная кислота. Вначале, т.-е. тотчас после изолирования—отделения, мышца выделяет максимальное количество фосфорной кислоты, а затем отдача мало-по-малу уменьшается, и, наконец, наступает момент, когда выделение кислоты совершенно прекращается.

Но стоит только начать электрическим током раздражать мышцу, как отдача фосфорной кислоты возобновится с тем, чтобы снова прекратиться, как только прекратится раздражение. Это бывает в случае отсутствия усталости у мышцы. Если же заставить мышцу работать (сокращаться) до утомления, то повышенная отдача фосфорной кислоты будет продолжаться все время, пока мышца будет находиться в угнетенном состоянии утомления.

Эти факты указывают на то, что такое усиленное выделение фосфорной кислоты обязано повышению проницаемости пограничного слоя мышечных волокон, а не повышению содержания фосфорной кислоты внутри мышечных клеток, так как в утомленной мышце во время отдыха не наблюдается выделения новых порций фосфорной кислоты. Поэтому-то усталость мышц и относится за счет изменений в состоянии пограничных слоев мышц, проявляющихся в указанном повышении их проницаемости, а не за счет истощения лактацидогена.

Это подкрепляется еще тем фактом, что часто наблюдаемая различная возбудимость мышц правой и левой сторон, надо предполагать, всегда связана с различной проницаемостью их оболочек. Мышца менее возбудимая всегда имеет пограничный слой более проницаемый, т.-е. в солевом

растворе она выделяет больше фосфорной кислоты, чем более возбудимая.

При этом замечателен еще такой опыт. Если через солевой раствор, в который погружена мышца, будут пропускать ток водорода, то возбудимость мышцы падает с параллельным увеличением отдачи мышцей фосфорной кислоты. Обычно же отдача фосфорной кислоты, обязанная повышению проницаемости пограничных слоев, наступает раньше и служит указанием начинающегося понижения возбудимости мышцы. И вот, если теперь вместо водорода начать пропускать кислород, то возбудимость мышцы, следовательно, и проницаемость пограничного слоя, возвращается к норме.

Все эти опыты, вместе взятые, указывают, что проницаемость наружных слоев мышечных волокон изменяется соответственно изменению в физическом состоянии мышц: мышцы в покое, хорошо снабжаемые кислородом, обнаруживают наименьшую проницаемость, а работа мышц связана с повышением проницаемости их пограничного слоя. Если работа не вызвала усталости, проницаемость быстро восстанавливается до нормы. При утомлении повышенная проницаемость остается до тех пор, пока утомление теми или иными путями не исчезнет.

Из изложенного видно, что процессы утомления слишком сложны и многообразны, чтобы поддаться скорому и точному анализу. Здесь надо надеяться на то, что быстрые успехи современной физиологии, особенно физическое толкование жизненных процессов, безусловно в недалеком будущем позволят распутать чрезвычайно запутанный клубок явлений утомления.

Однако, физиологи не удовлетворяются простым указанием на наличность утомления во время и после работы или той или иной теорией утомления. Они считают, что важно определить не только существование утомления, но и его степень. Строго-научное исследование не ограничивается качественными определениями, а требует установления определенных числовых закономерностей.

Отсюда вытекает важнейшая задача так называемой физиологии труда — измерить усталость и предложить такую организацию труда, чтобы утомление было наименьшее, а производительность труда была наибольшая.

Тогда, имея в руках точные сведения о степени утомления в различные часы рабочего дня у рабочих разных профессий, физиология труда могла бы установить оптимальную продолжительность рабочего дня, определить величины перерыва в работе, их расположение внутри работы. Словом, физиология труда смогла бы дать физиологическую расписание рабочего дня. Кроме того, измерение усталости дало бы нам необходимый материал для установления норм выработки.

Но получить необходимые результаты здесь тем не менее не так-то легко, особенно, если приходится определять степень утомления за малые промежутки времени. После всего рабочего дня усталость настолько заметна, что она может быть измерена даже грубыми способами. Совсем иное дело, когда та же задача решается на протяжении часа или получаса. Так как усталость за этот период времени нарастает на сравнительно ничтожную величину, то она нелегко поддается измерению.

Раз стоит задача—разработать технику измерения усталости, то тут возникает вопрос: что же в конце-концов следует измерять? Ведь усталость не есть нечто простое в роде веса или температуры тела, а представляет собой весьма сложное явление, сопровождающееся целым рядом признаков, число и характер которых увеличивается с увеличением утомления.

Прежде всего—и это самое важное—при усталости уменьшается работоспособность производящей работу части тела, напр., руки, ноги, а затем это уменьшение работоспособности захватывает и весь организм в целом. Это уменьшение распространяется не только на ту работу, которой человек занят в данное время, но и на всякую другую работу, если в ней принимают участие, хотя бы частично, те же части тела.

Но дело не ограничивается одним уменьшением работоспособности. Как рассказано выше, при утомлении изменяются число сердечных сокращений, число вдохов и выдохов, мышечная сила и т. д.

Ряд методов измерения усталости как раз и построен на определении степени изменений пульса, дыхания, мышечной силы и других физиологических величин.

III. ИЗМЕРЕНИЕ УСТАЛОСТИ

Прежде чем перейти к ознакомлению со способами измерения утомления, здесь необходимо подчеркнуть, что субъективный метод, основанный на чувстве усталости во время работы, в измерении утомления не может быть использован. Между утомлением—объективным состоянием организма и субъективным чувством усталости нет полной связи, так как чувство усталости в сильнейшей степени зависит от так называемого „душевного“ состояния человека. Каждый хорошо знает, что в радостном настроении или возбужденном состоянии человек, даже при наличии сильного утомления, совсем не испытывает усталости или испытывает ее в легкой форме. В состоянии же подавленности, в полосу временных или длительных неудач, при тяжелых жизненных условиях, например, безработице, чувство усталости ощущается гораздо резче и сильнее. Известно, что некоторые люди в начале работы, когда об утомлении не может быть и речи, чувствуют себя слабыми и лишь через некоторое время приобретают работоспособность в полной мере. А иногда, даже при наличии сильного утомления, интерес к своей работе так велик, что маскирует чувство усталости.

Одним из самых старых способов, предложенных для измерения утомления, является динамометр (рис. 6)—

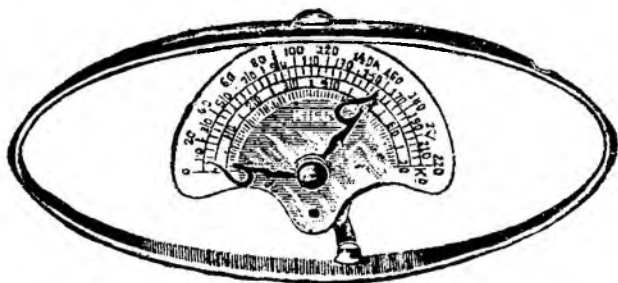


Рис. 6. Динамометр.

стальная пружина, вделанная в овал, степень сжатия которой отмечается на прикрепленном к ней циферблате; напр., перед работой один рабочий выжал на динамометре 225 кило, а через час работы, сделав всего 53.048 килограммометров,¹ он показал на динамометре только 220 кило.

¹ Килограммометр—работа, затрачиваемая на поднятие груза в один килограмм на высоту одного метра.

Поскольку утомление приводит к ослаблению способности мышц к сокращению, тут большую услугу оказывает применение эргографа, изобретенного итальянским физиологом Моссо.

Эргограф (рис. 7) представляет собою прибор, существенную часть которого представляет струна (веревка не годится,—

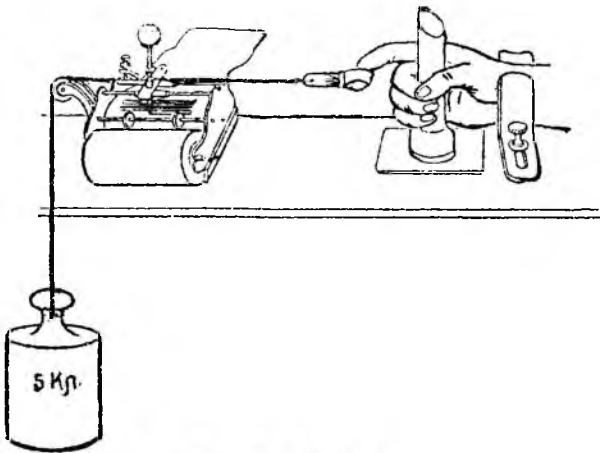


Рис. 7. Эргограф.

она перетирается и рвется) с грузом на конце, перекинутом через блок. Один конец струны оканчивается петлей, которая надевается на указательный или средний палец; остальные пальцы особым образом зажимаются, чтобы не мешать и не помогать работе среднего или указательного. Мышцы пальца сокращают на эргографе до полного утомления. Высоты подъема груза записываются пером, приделанным к движущейся струне. Таким путем получают почти ту же картину, что и у вырезанной мышцы. С некоторого момента высоты подъемов уменьшаются и, наконец, сходят на-нет. Перо эргографа пишет на вращающемся цилиндре, на котором прикреплена полоса зачерненной сажей бумаги. Полученная кривая носит название эргограммы (рис. 8).

Эргограммы, полученные при измерении работы одного и того же человека, представляют собою нечто характерное для него. Общий ход кривой усталости у одного и того же человека постоянно повторяется.

Кроме способа эргограмм, одним из приемов определения утомления служит прибор для регистрации процессов

дыхания, дающий графически, опять-таки в виде кривых, наглядное изображение движений грудной клетки.

Этот прибор—пневмограф (рис. 9)—состоит из цилиндра, припаянного к металлической пластинке, которая прикладывается к груди. Нерастяжимая лента охватывает

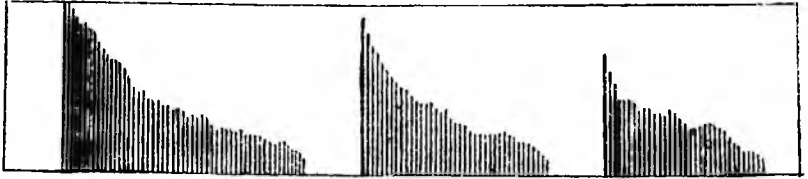


Рис. 8. Эргограмма.

грудь и прикрепляется к пластинке и стерженьку, соприкасающемуся с мембраной, и натягивает ее соответствующим образом при помощи рычага и особой эластичной связки. Легко понять, что при вдохе пластинка, испытывая давление, стремится распрямиться и тянет мембрану; происходит насасывание воздуха, которое по тонкой резиновой трубке передается записывающему прибору. Обратное происходит при выдыхании.

В состоянии покоя человек делает в минуту 15—18 вдохов и выдохов. Работа и связанное с ней утомление вызывают усиление ритма дыхания почти в два раза: до 25—35 дыхательных актов (рис. 10) в минуту при температуре 12°—15° по Цельсию.

К тому же при работе—в отличие от состояния покоя—продолжительность дыхания увеличивается, а выдыхания—уменьшается. При интенсивной работе углекислый газ не успевает быть выделенным из легких и крови,—появляется одышка.

Наблюдения над процессом кровообращения—работой сердца в отношении ритма, при помощи кардиографа

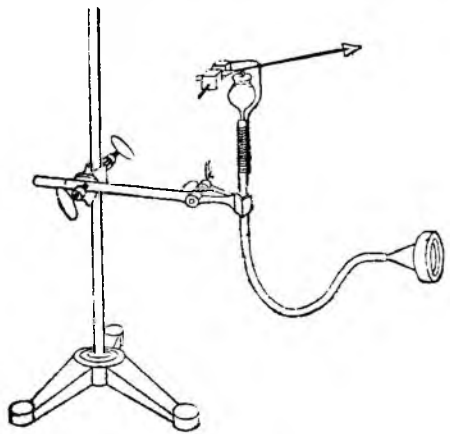
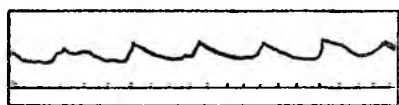


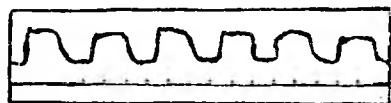
Рис. 8. Упрощенная модель пневмографа.

(рис. 11), построенного французским физиологом Мареем, также могут быть использованы для измерения степени утомления.

Кардиограф, воспринимающий биение сердца, представляет собою барабанчик; вложенная в него мембрана имеет



До работы.



После работы.

Рис. 10. Кривые дыхания—пневмограммы.

пуговку-кнопку из слоновой кости и находится в более или менее напряженном состоянии благодаря пружине, которая может регулироваться винтом. Барабанчик прикладывается к груди так, чтобы кнопка пришлась против сердца, в области пятого межреберного промежутка, и передавала бы изменения давления воздуха

в полость воспринимающего барабанчика, а оттуда через резиновую трубочку—к записывающему прибору. Каждый акт сердцебиения состоит из двух частей: „систола“, т.е. сокращения сердечных мышц, с помощью которых сердце гонит кровь в артерии, и „диастола“—периода отдыха сердца.

Систолы выражаются на кривой (рис. 12) в форме поднимающейся, в виде трех волн, части кривой. Эта часть занимает около четверти продолжительности всего акта сердцебиения. Остальные три четверти заняты диастолой, представляющейся в виде пониженной части кардиограммы.

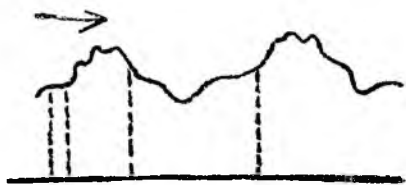


Рис. 12. Кардиограмма.

каждого акта сердцебиения состоит из двух частей: „систола“, т.е. сокращения сердечных мышц, с помощью которых сердце гонит кровь в артерии, и „диастола“—периода отдыха сердца.

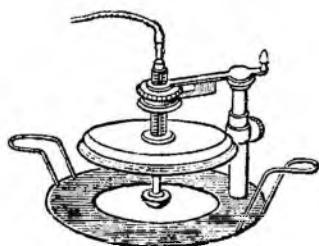


Рис. 11. Кардиограф.

биением артерий с тем же ритмом. У поверхности тела можно наблюдать биение артериального пульса с опозданием в $\frac{1}{5}$ секунды по сравнению с биением сердца.

Для графической записи пульса служит сфигмо-

граф (рис. 13) того же Маррея, дающий кривые, называемые сфигмограммами.

Восходящая часть сфигмограммы (рис. 14) соответствует приливу крови в артерии, а нисходящая—проходу крови в капиллярные (волосные) сосуды. После систолы тут наблюдается маленький частичный подъем или прыжок. Он обязан упругости артерии. В состоянии покоя сердце дает 72—75

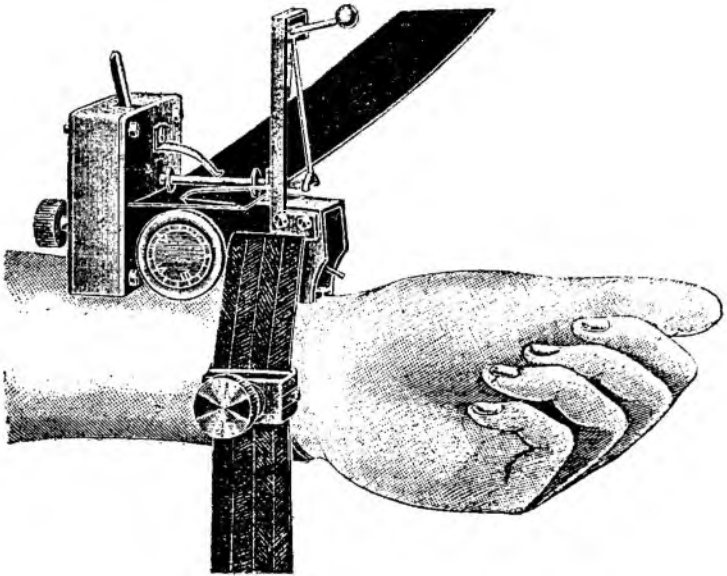


Рис. 13. Сфигмограф.

ударов в минуту у взрослого человека. При работе в размере около 200.000 килограммометров в течение рабочего дня, число ударов поднимается до 112 в минуту. Наибольший ритм сердца—167 ударов в минуту.

Только что перечисленные приборы могут быть так сконструированы, что могут записывать пульс и дыхание одновременно.

Для определения давления крови в артериях (во время систолы) служит осциллометр (рис. 15). В состоянии покоя, при отсутствии усталости, давление артериальной крови равно приблизительно 120 миллиметрам ртутного столба; при усталости оно увеличивается.

Когда физиолог Амар—директор Парижского Института по изучению труда—заставил человека произвести работу

в 10.000 килограммометров в течение 10 минут, то осциллометр обнаружил повышение давления крови на 30%.

Как дрожат руки после тяжелой и утомительной работы, знает всякий. Это обусловлено уменьшением гибкости связок

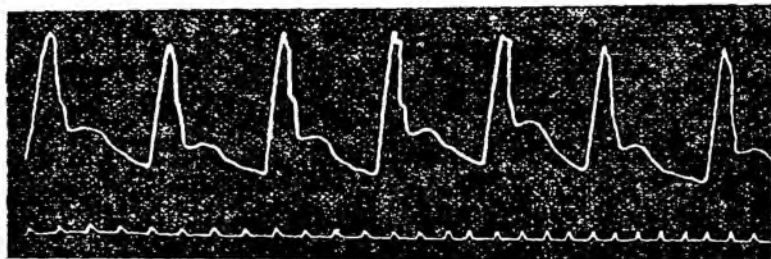


Рис. 14. Сфигмограмма.

мышц—с одной стороны и с другой—утомлением нервных центров. Усталость приводит к неуверенным и неправильным движениям. Этими дрожаниями и пользуются также для

определения усталости у рабочего после той или иной дневной работы. Для этого рабочему предлагается держать медный штифт в узком отверстии медной пластинки—так называемом тремомере. При сильной усталости, очень трудно держать штифт в отверстии, не дотрагиваясь до его краев. Это выполняется тем труднее, чем уже отверстие. Время с момента

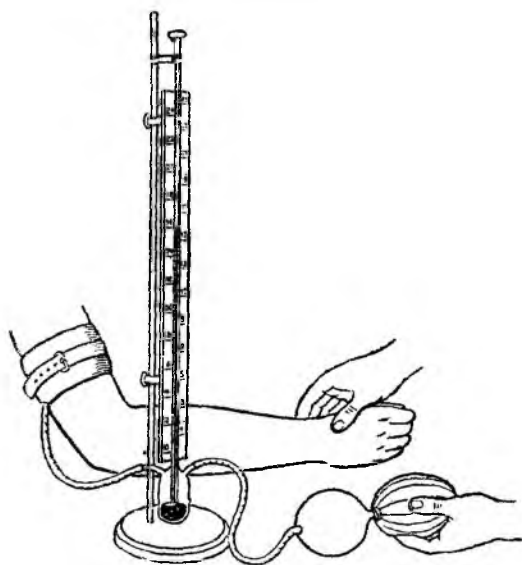


Рис. 15. Осциллометр.

момента вложения штифта в отверстие до момента прикосновения к его краю служит мерилем усталости. Тремомер устроен так, что при прикосновении штифта (даже очень

слабом) к краю отверстия происходит замыкание электрического тока, и звенит звонок.

Близким к изложенному способу измерения усталости является метод кефалогрaмм. Он состоит в следующем. На голову обследуемого субъекта надевают шлем с записывающим пером. Над головой испытуемого на особой дощечке закрепляют лист бумаги, как всегда в подобных случаях, зачерненный сажей. Испытуемый ставится строго вертикально, и ему предлагают стараться стоять прямо, не двигаясь и не качаясь. Несмотря на все усилия, стоять без движения невозможно. И качание будет тем больше, чем больше человек утомлен. Перо шлема на закопченной бумаге отмечает все качания. Сравнение двух кефалогрaмм за определенный промежуток времени (напр., пяти минут), одной—до утомления, а другой—после работы, показывает, что большее качание наблюдается у усталого субъекта.

Для цифрового выражения степени усталости при помощи кефалогрaмм сравнивают площади качаний. Площади же этих качаний находятся из произведения длины двух прямых, соединяющих наиболее удаленные точки качания. Метод кефалогрaмм обычно применяется при измерении усталости всего тела.

К числу химических методов измерения усталости надо отнести количественное определение молочной кислоты в крови, получившее за последнее время большое распространение особенно в виду того, что удалось выработать способы определения названной кислоты в минимальных количествах крови. Насколько резки колебания в содержании молочной кислоты в крови, можно судить по такому примеру. В среднем, в крови спокойно лежащего человека находится 14—16 миллиграммов в 100 куб. см.; сейчас же после работы (простой подъем по лестнице) молочной кислоты было найдено 71 миллиграмм.

Хорошим, хотя и простым способом измерения утомления является точное определение веса работающего. Если человек произвел работу, вызвавшую утомление, то он теряет некоторую долю веса своего тела; но достаточно нескольких часов отдыха, чтобы потеря была восстановлена, и вес тела вернулся к прежней цифре.

Иначе обстоит дело, если имеется не просто утомление, а переутомление.

При этом следует обращать главное внимание не на степень понижения веса, так как она при одной и той же работе не одинакова для разных лиц, а на скорость восстановления прежнего уровня веса; так, при наличии переутомления потеря в весе в $\frac{1}{2}\%$ (325 гр. при весе тела в 65 килогр.) не восстанавливается через сутки, а если переутомления нет, то даже потеря в 2% может быть уравновешена самое большее через 18 часов.

Весьма пригоден в тех же целях измерения усталости способ изучения ядовитого действия выделяемой мочи. Здесь прежде всего легко воспользоваться тем обстоятельством, что моча выносит из организма „яды“ усталости, поэтому анализ мочи на ядовитость—прямой путь для определения утомления. Наглядный пример, подтверждающий это, представляет такой факт: моча велосипедиста, только что совершившего поездку в течение 24 часов без перерыва, в количестве одного кубического сантиметра, будучи впрыснута в здорового кролика, моментально убивала его. Между тем как то же количество нормальной мочи для кролика безвредно.

Остроумным приемом измерения утомления (особенно так называемого умственного) является применение эстезиометра (рис. 16) или циркуля Вебера, служащего для определения степени чувствительности кожи.

Опыт обычно производится так: к избранному участку кожи испытуемого прикасаются остриями раздвинутых ножек прибора. Место ука-

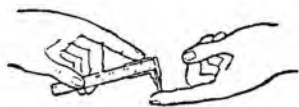


Рис. 16. Эстезиометр.

лов прячется от глаз испытуемого, и он во время укола должен назвать число уколов: один или два. Делают ряд прикосновений, при чем расстояние между ножками циркуля намечено заранее. Из полученных цифр выводят среднюю. Многочисленные опыты показали, что при утомлении расстояние между точками укола, ощущаемыми раздельно, увеличивается.

Одним из способов испытания степени утомления или переутомления может быть измерение количества производимой в разные моменты работы. Прежде думали, что рабочий день совершенно однороден по всей своей длине, что между первыми и последними часами рабочего

дня не существует различия. Однако, исследованиями ряда ученых в этом направлении совершенно неоспоримо установлено, что под влиянием различных факторов производительность в течение рабочего дня сильно колеблется. Утомление, вне всякого сомнения, понижает ее. Вследствие этого производительность труда не остается постоянной, а представляет, если изобразить ее на чертеже, кривую линию с подъемами и впадинами.

Так, например, подсчитывали количество букв, набираемых в час в одной из типографий (рис. 17). Оказалось, что производительность в первый час не особенно велика и достигает максимума лишь во второй час (второй столбик на рисунке). Затем она понижается, чтобы после двухчасового перерыва на обед вновь подняться. Соответственно ведут себя кривые ошибок (ломаные линии с черными кружочками). Перед обедом число их возрастает. Такие чертежи и могут быть взяты в качестве мерил утомления.

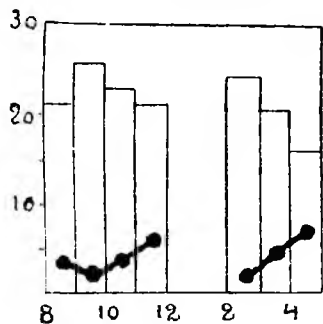


Рис. 17. Кривые ошибок.

Каждому человеку известно, что ухудшение качества работы обязано, главным образом, падению внимания. Для исследования внимания работающему предлагается прокалывать, в единицу времени, скажем, в одну минуту, среди множества квадратиков, нарисованных на картоне и отличающихся друг от друга каким-нибудь штрихом, сходные квадратики. Если внимание утомлено, то испытуемый пропускает нужный квадрат или прокалывает ненужный. Число сделанных ошибок дает меру утомления.

Таблицы для такого рода испытаний получили название тестов.

Наконец, в качестве замечательного приема, измеряющего степень усталости, является регистрация объемно-газовых изменений при процессе дыхания. Этот прием, благодаря своим удобствам, за последнее время получил чрезвычайно широкое распространение.

Ученые опытным путем нашли, что количество кислорода, поглощаемого красными кровяными тельцами (эритроцитами),

увеличивается или уменьшается в зависимости от того, увеличивается или уменьшается работа.

Эти величины тесно между собою связаны. Простое наблюдение показывает, что при правильной работе поглощение кислорода различно: оно незначительно при навыке к известным движениям и знакомстве с рабочими инструментами, при экономной трате своих сил. Это поглощение сразу увеличивается, если начинают незнакомую работу, с незнакомым инструментарием, т.-е. при излишней трате своих сил.

Следовательно, количество кислорода легко может быть взято в качестве мерилы произведенной работы, а отсюда и мерой усталости.

В самом деле, атмосфера, окружающая нас, снабжает наши легкие воздухом—смесью газов—кислорода (21%) и азота (79%). Если сделать газовый анализ воздуха, выдохнутого легкими в особый измеритель, то в последнем будет только 15% кислорода. Шесть процентов было потрачено на работу мускулов.

Многочисленные опыты над человеком показали, что расход человеческой энергии может быть в высшей степени точно и удобно измеряем количеством поглощенного кислорода. В настоящее время подсчитана в калориях тепловая ценность литра кислорода. Оказывается, что на каждый литр приходится 4,9 калории. Этот факт позволяет учитывать работу человека с небывалой до того точностью.

Что же касается усталости, то все данные о ней становятся очевидными при посредстве дыхательного счетчика, построенного вышеупомянутым Жюлем Амаром.

Выдыхаемый воздух выходит из маленького клапана со счетчиком, находящимся непосредственно перед ртом испытуемого и показывающим количество выдыхаемого воздуха (рис. 18).

Клапан при помощи тонкой резиновой трубки соединен с записывающим прибором. Выдыхаемый воздух касается этой трубочки и тем самым производит точную запись вдохов и выдохов. На закопченной бумаге получают кривые—тонограммы; изгибы на этих кривых соответствуют вдохам, а прямые линии—выдохам (рис. 19).

Длительные эксперименты, сделанные рядом ученых в различных лабораториях, показали, что никакая скорость

работы не может заставить дыхание участиться более сорока раз в минуту.

Отсюда кривые дыхания могут, следовательно, служить лучшими по количеству и по качеству показателями усталости.

Есть еще много иных способов измерения утомления, но они интересны только для специалиста.

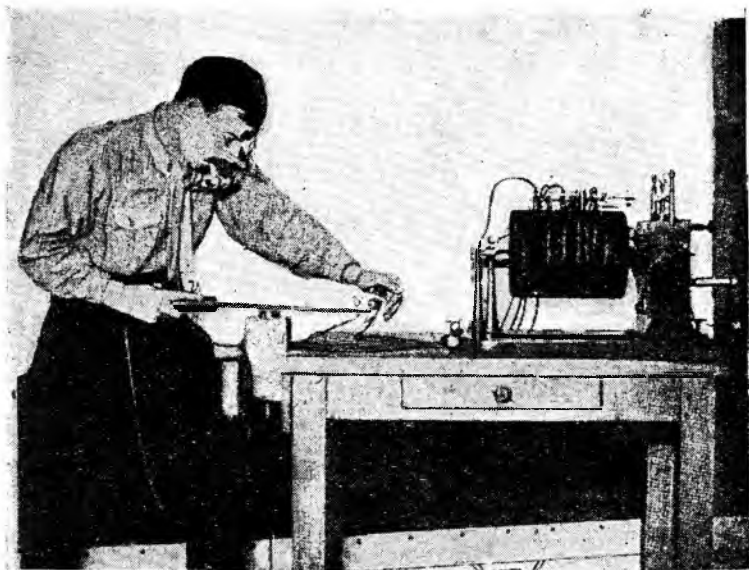


Рис. 18. Опиловка куска металла динамометрическим напильником Амара (запись работы и дыхания).

Результаты физиологического обследования утомления и работы могут быть выражены в общем виде. В качестве такого примера может быть взят график (полученный В. Ефимовым) изменений в состоянии организма 30 рабочих-швейников на одной московской швейной фабрике в течение целого рабочего дня (рис. 20).

Как видно из кривой работы на эргографе, работоспособность сперва повышается, чтобы к обеду упасть; после него она возрастает и падает снова к концу рабочего дня. Кривая осциллометра указывает, что давление крови сперва падает, а затем уже повышается. Обеденный перерыв несколько понижал ее. К концу работы давление было

намного выше, чем в начале работы. Кривая пульса в общем похожа на кривую эргографа. Кривая эргографа в полной мере противоположна кривой кровяного давления. Кривая ошибок, т.-е. кривая утомления внимания, также обратна кривой

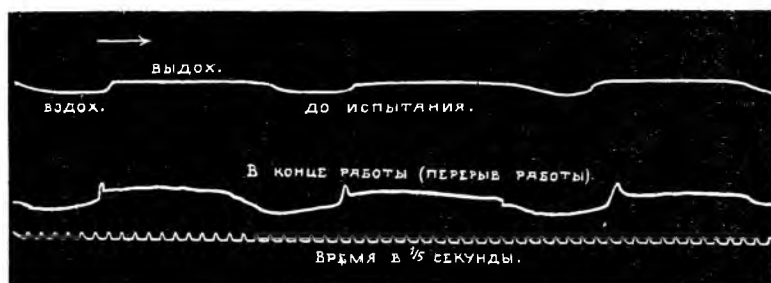


Рис. 19. Тонотграммы усталости.

эргографа: число ошибок тем больше, чем больше утомление на эргографе. Уменьшается и скорость прокалывания.

Подобный график получается и при обследовании утюжников, работающих стоя. Имея такие графики, специалисты

по физиологии труда легко могут ориентироваться в сложных явлениях усталости и профессионального утомления работающих в том или ином предприятии, в том или ином производстве.

В итоге надо подчеркнуть, что все разобранные методы не измеряют утомления в точном смысле слова, т.-е. не сравнивают его с какой-нибудь мерой

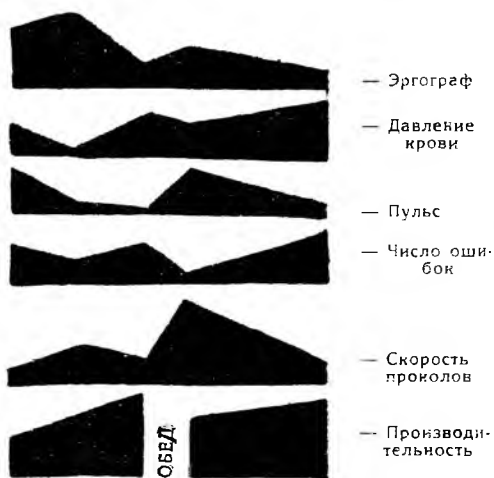


Рис. 20.

утомления, принятой за единицу. Предложенными методами просто учитывается, в какую сторону изменяется или как колеблется та или иная физиологическая функция работающего человека в зависимости от данных условий.

IV. РОД ТРУДА

Обычно работа дровосека в лесу, грузчика в порту или на железной дороге, молотобойца в кузнице рассматривается, как физическая.

Когда же человек делает подсчеты баланса в бухгалтерской книге или читает книгу и делает из нее выписки и записи, то тут, говорят, налицо умственная работа.

В первом случае основную работу на первый взгляд, как будто, производят только одни мышцы, во втором они почти неподвижны, работает мозг, но получить, строго научно, в чистом виде только одну физическую работу или умственную невозможно.

Когда работают мышцы при рубке деревьев, носке тяжестей или при ковке куска металла, то работают также и двигательные центры в головном мозгу; они, так сказать, „посылают“ по нервам к мышцам „приказания“—сократиться то одним, то другим мышцам. Следовательно, во время физической работы все время работает и головной мозг, все время совершается так называемая умственная работа.

Мало того, многие физические работы требуют напряженного внимания со стороны рабочего (быстрая решимость, умение сразу изменять свои движения то в одну сторону, то в другую). Повторяем, примера чисто физической работы дать невозможно.

В настоящее время ученые считают, что скорее всего устает мозг—его двигательные центры; мышцы же устают гораздо позднее нервных центров мозга. Когда человек при физической работе начинает чувствовать утомление, то это значит, что начал утомляться мозг, а за ним уже и мышцы.

Некоторые ученые думают, что утомляются прежде всего окончания нервов в мышцах. Как говорят ученые при этом, усталость есть усталость нервной системы, и проблема трудовой усталости, таким образом, есть прежде всего проблема утомления нервной системы.

Получить совершенно чистую „умственную“ работу, т.-е. работу одного мозга без мышц, также очень трудно. Трудность состоит в том, что при всякой, так называемой, умственной работе, напр., чтении, хотя читающий может совершенно не двигаться, но у него невольно сморщивается лоб

при напряжении внимания, двигаются мышцы глаз, лица, расширяются кровеносные сосуды мозга.

Долгое чтение или слушание доклада или лекции вызывает у человека усталость. Если он дольше читает или слушает, усталость возрастает. Наконец, наступает момент, когда, как говорится, нет никаких сил слушать или читать что-либо.

Любопытный факт в связи с так называемым умственным утомлением представляют только что выполненные исследования физиологов по вопросу накопления фосфорной кислоты во время какой-либо умственной деятельности. Оказалось, что в некоторых случаях (чтение книги, лежа) процентное увеличение фосфорной кислоты в крови очень велико, доходя иногда до 220%. В среднем содержание фосфорной кислоты при так называемой умственной работе увеличивается на 100%.

Этот факт накопления фосфорной кислоты совпадает со старыми наблюдениями ученых над увеличением количества фосфорной кислоты в моче при умственной работе.

Возможно, что в будущем на основании этих фактов будут построены методы различия так называемой умственной усталости при физической работе. Пока же остается только указать на эти чрезвычайно интересные факты, не делая никаких выводов.

Раньше, особенно врачи, рекомендовали сменять умственную работу на физическую, так как думали, что мозг отдыхает при работе мышц и обратно. Теперь мы знаем, что мозг работает все время, только разными своими частями. Таким образом, делать указанную смену без промежуточного отдыха нет смысла.

Отсюда деление труда на „физический“ и „умственный“ современная физиология труда считает совершенно необоснованным, так как трудовой процесс соединяет работу головы и рук.

V. УСТАЛОСТЬ И КРОВЬ

Замечательное открытие в связи с поведением крови при утомлении сделал директор Берлинского Института Труда проф. Вебер.

Коротко суть открытия такова:

Простое наблюдение за любым человеком, усиленно физически работающим, показывает, что его сердце при

такой работе чаще и сильнее бьется. Кровь в данных случаях с большой скоростью протекает по кровеносным сосудам рабочего. А это в свою очередь вызывает лучшее и скорейшее удаление из работающих мышц и нервов „ядов“ усталости. Громадность роли, которую играет непрерывное снабжение и течение крови в работающей мышце, можно легко демонстрировать специальным опытом.

Для этого берут собаку, кошку или кролика, усыпляют хлороформом или другим соответствующим веществом и при помощи маленькой хирургической операции выделяют конец ножной мышцы так, чтобы кровообращение в ней не нарушалось. Затем полученный конец мышцы, соответствующим образом, прикрепляют к записывающему прибору. Мышцу, как всегда, заставляют работать, т.-е. сокращаться, электрическими раздражениями.

После определенного числа сокращений мышца, понятно, перестает сокращаться. Таким путем получают типичную кривую мышечной усталости.

Но стоит только перевязать кровеносный сосуд, артерию, которую подается кровь к отпрепарированной мышце, и заставить мышцу работать при всех прочих равных условиях, как утомление наступит теперь гораздо скорее. При этих опытах выяснилось, что отдых для мышцы с перевязанной артерией не имеет заметного действия на уменьшение утомления. У мышцы же со свободно работающим сосудом, т.-е. снабжавшейся кровью, отдых значительно понижал степень утомления. Даже небольшой отдых—две минуты—возвращал усталой мышце значительную долю ее работоспособности.

Количество крови во всем теле у того или иного животного и человека постоянно. В общем количество крови равно приблизительно $\frac{1}{13}$ веса тела. У человека среднего роста оно равно пяти литрам. Но количество крови в разных органах колеблется в зависимости от состояния организма: оно может то увеличиваться, то уменьшаться в той или иной части тела.

Когда человек краснеет на работе от какого-нибудь усиленного движения, то, очевидно, кровь отлиывает от какого-либо органа в его теле и приливает к коже лица. Кровь сама по себе не может расширить или сузить волосные

кровеносные сосуды (капилляры), этим „ведает“ особые, сосудодвигательные, нервные центры, находящиеся в продолговатом мозгу и симпатической нервной системе. Сужая и расширяя кровеносные сосуды, сосудодвигательные центры „заставляют“ отливать или приливать кровь к необходимым точкам тела животного то в большем, то в меньшем количестве.

Точный учет отливов и приливов крови к различным частям тела можно вести особым прибором, называемым плетисмографом (рис. 26).

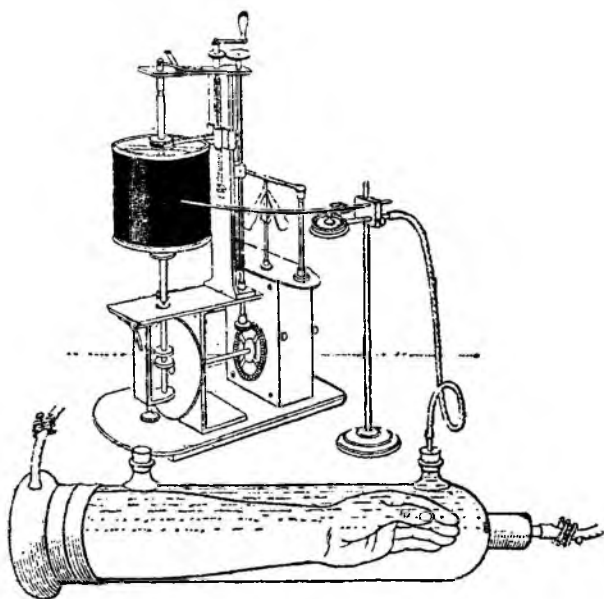


Рис. 21. Плетисмограф.

Плетисмограф состоит из стеклянного цилиндра такого диаметра, что в него легко может быть всунута рука. В цилиндр наливается вода через особое отверстие. Для того, чтобы вода не вытекала из цилиндра, тот край его, через который вставлена в него рука, плотно охватывается полосой резины, натянутой на этот край. В одно из боковых отверстий цилиндра вставляется трубочка, которая тонкой каучуковой трубкой соединяется с записывающим аппаратом.

Приток крови в руку увеличивает ее объем и тем самым поднимает уровень воды в трубке. От колебания уровня

воды на приставленном к пишущему аппарату вращающемся цилиндре с закопченной бумагой получают кривые—плетисмограммы.

Эта кривая состоит из мелких волн, происходящих от работы сердца. При каждом сокращении сердца кровь приливает к руке и сейчас же уносится через вены обратно к сердцу. Уносится, само собой разумеется, не вся кровь, а только ее избыток.

При помощи плетисмографа и было установлено, что при любой работе наступает изменение в распределении крови сравнительно с покоем. При физической работе кровь приливает к руке, и ее объем увеличивается. Этот прилив крови наступает не только при самой работе, но даже при одной мысли о физической работе увеличивается объем рук и ног. Кривая, вычерчиваемая пером пишущего аппарата, конечно, в таких случаях поднимается вверх.

Такие, поднимающиеся вверх, плетисмограммы носят название „положительных“ плетисмограмм.

При опытах с плетисмографом Вебер установил, что не все испытуемые субъекты дают отчетливую „положительную“ плетисмограмму. Слишком нервные люди не годны для этих опытов.

При так называемой умственной работе также получается „положительная“ плетисмограмма, но не столь ясная, как при физической.

Открытие Вебера состоит в том, что ему удалось при усталости получить „отрицательную“ плетисмограмму (рис. 22).

Если утомленного работой человека вновь заставить работать, то объем рук и ног его не увеличивается, а, наоборот, уменьшается, следовательно, кровеносные сосуды в руках и ногах сужены, и кровь отли-

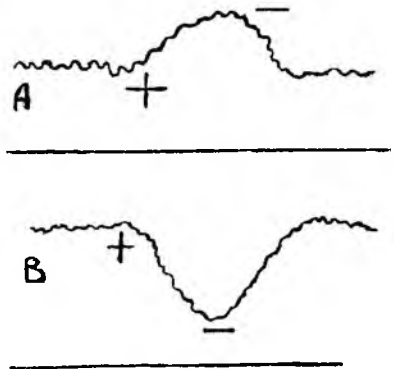


Рис. 22. Плетисмограммы: А—положительная, В—отрицательная; — начало и — конец физической работы.

„Отрицательные“ плетисмограммы с большой наглядностью показывают весь вред усталости как для производственной работы, так и для общего состояния организма рабочего. У утомленного человека не только не увеличивается кровенаполнение в работающем органе, необходимое для удаления „ядов“ усталости, но здесь как раз происходит обратное—имеет место отлив крови, и усталость делается сильнее. По данным Вебера, для появления „отрицательной“ плетисмограммы утомления достаточно 15—20 минут напряженной физической работы. Он также считает, что при физической работе утомляются нервные двигательные центры, а не мышцы.

Вебер, кроме того, исследовал действие отдыха в той или иной продолжительности на превращение „отрицательной“ плетисмограммы в „положительную“, иными словами—исчезновение утомления мозга. Если отдых равнялся 2—5 минутам, то у той же конечности (руки или ноги) появлялась „положительная“ плетисмограмма. При отдыхе в 15 минут и более, как это ни удивительно, появлялась „отрицательная“ плетисмограмма; получается как-будто странный результат: продолжительные отдыхи увеличивают или, во всяком случае, не уменьшают утомления мозга.

Этот результат, однако, вполне совпадает с исследованиями другого ученого, изучавшего влияние пауз на умственную работу.

Практические выводы из этого те, что отдыхи при физической работе не должны превышать 5—8 минут, но должны происходить чаще. Отдых более 5—8 минут ухудшает кровенаполнение рук и ног и тем увеличивает усталость. Таким образом, надо отдыхать часто понемногу или не часто, но тогда очень долго. Отдыхи средней продолжительности не уменьшают, а ухудшают работоспособность организма.

Что не все люди дают „положительную“ плетисмограмму, показывающую прилив крови к работающим мышцам, уже нашел сам Вебер. Недавно (в 1923 году) один японский физиолог, работавший в гигиеническом институте Берлинского Университета, подтвердил это. Он проверял полученные Вебером факты на совершенно свежих, не работавших людях с целью убедиться, все ли они или только некоторые дают „положительную“ плетисмограмму.

Оказалось, что далеко не все испытуемые давали в свежем состоянии „положительные“ плетисмограммы. Есть люди, не подчиняющиеся схеме, данной Вебером. Можно получить „отрицательные“ плетисмограммы без всякого предыдущего утомления.

Из этих новых опытов японского физиолога видно, что люди делятся на несколько групп по отношению распределения крови в их теле.

Надо, следовательно, при изучении утомления принимать во внимание индивидуальные черты того или иного испытуемого, так как они играют не малую роль в работающем человеке. Это ясно видно на факте различного распределения крови в теле разных людей.

VI. ПЕРЕУТОМЛЕНИЕ

При изучении измерения усталости человека и животных необходимо всегда иметь в виду не только утомление как таковое, но и его высшую степень — так называемое переутомление. В конце-концов усталость можно считать нормальным явлением в жизни человека и животного, так как она каждый раз полностью или в своей значительной степени устраняется следующим за работой периодом отдыха и особенно ночным покоем и сном.

Другое дело — переутомление: это явление уже чисто болезненное, ненормальное. Оно связано с нарушением равновесия в балансе сил живых „машин“ — животных и человека. Последние в процессе утомления существенно отличаются от мертвых стальных машин.

Колеса, шатуны, вращающиеся части стальных машин, строго говоря, тоже „утомляются“, но очень медленно; эта длительность „утомления“ позволяет им работать очень долго. Утомление стальных машин зависит от стирания частей, изменений форм от изгиба, растяжений, сплющиваний и разрывов.

В „живых машинах“ — человеческом организме (или организме, напр., лошади) утомление наступает скоро, оно развивается в процессе работы, сопровождая каждый акт труда, и устраняется периодами отдыха после всего процесса труда и после каждого его отдельного акта.

Замечательно еще то, что в стальных машинах, построенных руками человека, движения частей вращательные и

непрерывные, тогда как рабочие движения живой человеческой „машины“ — невращательные и прерывистые. Прекрасной иллюстрацией этого могут служить механическая работа круговой пилы и работа человека продольной пилой. Из механики известно, что вращательные движения наиболее экономны, дают наибольший результат с наименьшей затратой энергии и отличаются наибольшей регулярностью. Но вращательное движение непрерывно.

Труд человека и животных и вызываемая им усталость властно требуют перерывов после каждого движения, отдыха после каждого напряжения мышц. В противном случае невозможно было бы восстановление упругости мышц, невозможно было бы удаление потоком крови „ядов“ усталости из живых тканей человека и животных. Потому-то человек и может работать только расчлененными движениями, при которых каждое усилие сопровождается, хотя и коротким, периодом отдыха.

Человеческий труд, поскольку он нормален, т.-е. не чрезмерен, — есть процесс непрерывного возникновения усталости и столь же непрерывного его устранения. В итоге такой труд, несмотря на вызываемое им утомление, не разрушает человеческого организма, не сокращает его сил, не нарушает его равновесия.

Скорее, наоборот: отсутствие труда — ненормальное явление для здорового человека, пользующегося достаточным питанием, ибо без труда, без работы для организма, в его мышцах начинается отмирание, как говорят физиологи, наступает атрофия, — мышцы становятся неупругими, дряблыми. Утомление от работы — явление нормальное для человека, отсутствие работы — явление патологическое.

При недостаточности периода отдыха, созданная предшествующей работой усталость не успевает быть целиком устраненной, от нее остается остаток, сохраняющийся в организме и присоединяющийся к усталости, вызываемой следующим за отдыхом новым актом работы. Наступает то, что называют переутомлением.

Переутомление начинается с того момента, когда способность к труду утром, в момент начала работы находится на низшем уровне, чем за 24 часа до того; иными словами, — когда, при данном количестве дневной работы, отдых и сон

ночью недостаточны для того, чтобы вернуть сумму сил работающего к прежнему ее уровню накануне.

Такое „хроническое“ утомление явно отзывается на производительности рабочего. Вместе с этим такое утомление понижает сопротивляемость человека к заразным болезням, ведет к несчастным случаям при работе и т. д. Подтвердить это цифровым материалом не представляет никаких затруднений. В большей или меньшей степени об этом осведомлен каждый.

„Хроническое“, а не острое переутомление превращает рабочих, занятых тяжелым трудом, в худосочные существа, всегда испытывающие чувство общей усталости всего организма, существа с медленными движениями, вялой походкой и застывшим на лице выражением оцепенения или одеревенелости.

Многочисленные статистические данные показывают, что между частотой болезней и тяжестью работы есть тесная зависимость. Чем тяжелее работа, тем больше болеют исполняющие ее люди.

Например, заболеваемость среди железнодорожников, по одним статистическим данным, была такова, что на 100 человек машинистов и истопников 82—89 человек были больными, а на 100 человек высших станционных служащих или конторщиков было в тот же срок только 23—26 человек больных.

VII. МЕРЫ БОРЬБЫ С УСТАЛОСТЬЮ

Не надо особых доказательств для подтверждения громадного экономического значения промышленного утомления. Элементарный расчет здесь может показать, что переутомление рабочих и связанные с ним несчастные случаи, поломки фабричных и заводских машин, брак изделий и пр. стоят государству огромных денег.

Отсюда ясно, что в задачу так называемой физиологии труда должно входить изучение всех элементов, могущих ослабить или даже совершенно уничтожить утомление—усталость рабочих.

Изучение мер борьбы с утомлением должно быть исключительным по своей тщательности, так как дело касается основного богатства государства—сил рабочего класса.

Ряд учреждений в СССР, как Центральный Институт Труда ВЦСПС (рис. 23) и Институт по охране труда Наркомздрава в Москве, Институт мозга в Ленинграде, Институт труда в Харькове и др. и еще больший ряд научных учреждений за границей разрабатывают меры борьбы с профессиональным утомлением, учитывая весь опыт своих лабораторных работ и работ, выполненных в недрах того или иного производства.

Искание путей и мер борьбы с профессиональной усталостью идет по двум направлениям.

В первом из них делается ударение на самом производстве, во втором—на рабочем.

Так, в первую очередь переутомление может быть ослаблено и даже уничтожено рациональной постановкой производства. Соответствующее освещение, стулья для сидения рабочих—создание так называемых рабочих зон (рис. 24), подача материала и полуизделий конвейерами (движущиеся ленты), рационально построенные инструменты могут резко повысить производительность и уменьшить промышленную усталость рабочего.

Сокращением рабочего дня можно также понизить утомление.

Огромные материалы, полученные комиссией по охране здоровья рабочих, изготовлявших военное снаряжение, созванной английским министерством снабжения во время империалистической войны, показывают, что сокращение рабочего дня на 27% ведет к увеличению часовой производительности на 58%. Очень часто увеличивается и общая производительность (за рабочий день и за неделю): сокращение числа недельных часов рабочих с 75 до 55 (на 27%) увеличило недельную производительность на 9%.

Установление частых, но коротких отдыхов (рационализированный рабочий день), например, по 5 минут через каждые 55 минут работы, понижает утомление и повышает производительность.

Характерен в этом отношении пример работницы завода „Динамо“ в Москве, исполняющей нарезку гаек. Выработка за день не рационализированный была 1854 гайки при 78% производственного времени и 2295 гаек при рационализированном дне, при чем в этом случае производственное время исчислялось всего в 71%.

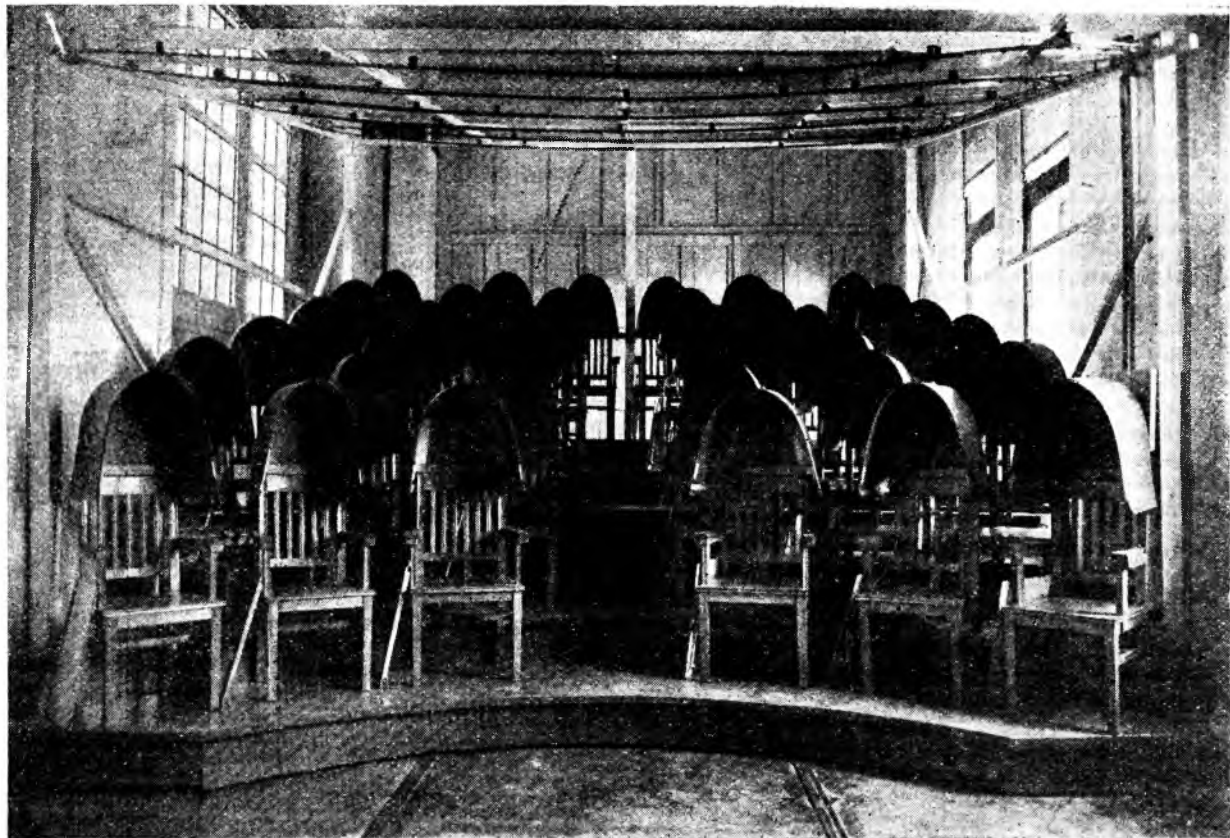


Рис. 23. Аудитория с подвижным амфитеатром для массовой психологической тренировки, применяемой на курсах инструкторов-операторов в Центральном Институте Труда. Каждое кресло может служить одновременно и пюпитром для записи. Деревянные кожухи, изолирующие обучаемого от всяких внешних ощущений, позволяют достигать наибольшей сосредоточенности и наименьшей «умственной» усталости.

Одежда рабочего—также важный фактор в его работе; каждая специальность, каждая профессия должны иметь свою проз-и спецодежду, так как одежда рабочего может мешать ему работать или, наоборот, способствовать. Тесная и плохо сидящая одежда обычно стесняет движения, при этом боязнь испортить платье чрезвычайно понижает скорость движений. Это—с одной стороны. С другой—одежда,

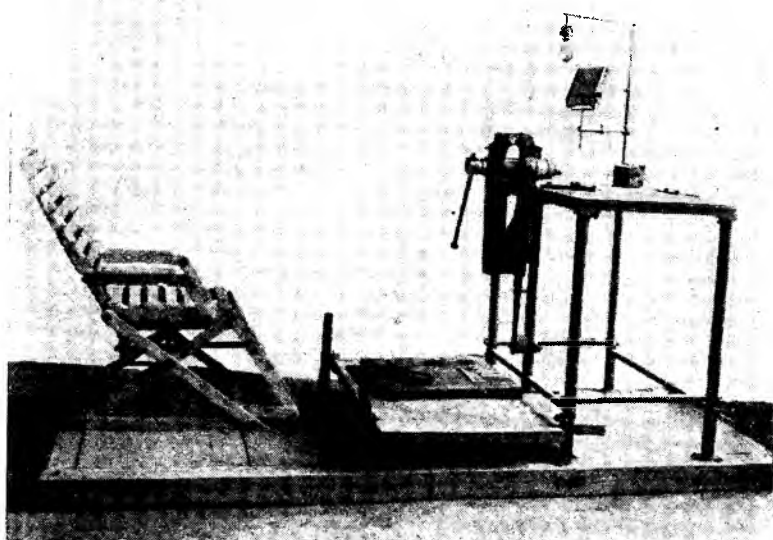


Рис. 24. Рациональная рабочая зона слесаря, предопределяющая правильную установку в работе и уменьшающая степень профессиональной усталости.

специально скроенная и приспособленная к той работе, которой занят рабочий, в высокой степени повышает производительность и тем самым уменьшает усталость.

К ряду условий, влияющих на накопление усталости и тем самым на производительность, необходимо присоединить тренировку (навык). Из повседневного опыта каждый хорошо знает, что привычный к данному труду человек работает скорее, производительнее, ловчее и с меньшей усталостью.

Опыты, которые делались над тренированными и нетренированными людьми, при чем им задавалась одна и та же

работа, показали, что у нетренированного человека частота пульса, потребление кислорода, число дыханий и проч. значительно больше, чем у тренированного, производительность же труда значительно меньше. Нетренированный рабочий работает с большим расходом своей энергии, больше устает и в то же время меньше производит.

Все преимущества—на стороне тренированного (рис. 25).

РАБОТА ЛЕСОПИЛОВ

У Ч Е Н И К	ОПЫТНЫЙ РАБОЧИЙ
Пульс учащается на: 35%	20%
Дыхание учащается на: 54%	30%
Затрата энергии на 1 гр. опилок: 4,9 кал.	2,5 калории
РЕЗУЛЬТАТЫ	
Количество работы 85%	в единицу времени: 100%
Затрата энергии в день: 100%	60%

Рис. 25.

Следовательно, тренировка есть главная установка живой „машины“—человека, и эта тренировка должна сводиться к сообщению ей умения ловко и экономно применять свою силу в процессе производства (рис. 26).

Биологически человек полон тысячами возможностей для приспособления, тренировки.

Если бы даже любое производство было нацело механизировано и электрифицировано, все равно необходимо иметь скоростного человека, с быстрой реакцией, с постоянной настороженностью и в то же время минимальным расходом „нервной энергии“.

И здесь выход только в тренировке, тренировке и тренировке, а не в отборе избранных, профессионально-годных, как полагают некоторые ученые.

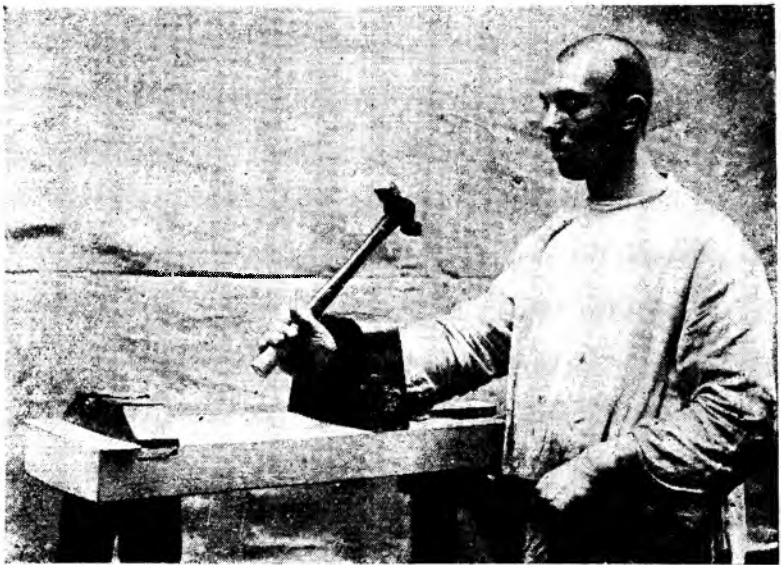


Рис. 26. Тренировочный аппарат, применяемый в Центральном Институте Труда при обучении рубке зубилом (воспитание кистевого удара).

Вместе с этим рационализация трудовых движений ведет к поднятию производительности и тем самым к уменьшению профессионального утомления.

Это подтверждается классическими опытами американского инженера Джильбрета, изучившего кладку кирпичей каменщиками. Из 18 движений, затрачиваемых на то, чтобы положить один кирпич по способу, существующему споконвеку среди каменщиков, Джильбрет оставил только $4\frac{1}{2}$ движения, как безусловно необходимые. Такая рационализация движений позволила повысить производительность труда в три раза. Теперь каменщики по способу Джильбрета

кладут в час триста пятьдесят кирпичей вместо прежних ста двадцати.

В параллель этому можно упомянуть исследование, проведенное в СССР д-ром Бружесом (Москва) по рационализации работы заступом. В результате изучения этой работы вместо десяти обычных моментов копания оставлено было только шесть, что сократило время вдвое, а производительность поднялась на 80⁰/₀. Последнему особенно содействовали пятиминутные отдыхи.

Достичь эффектов в уменьшении профессионального утомления несомненно можно также повышением качества пищи рабочего.

В заключение краткого и неполного обзора мер и способов борьбы с усталостью, разработанных и разрабатываемых физиологией труда, необходимо рассказать о чрезвычайно оригинальном и интересном приборе по определению самочувствия людей, очень недавно сконструированном английским ученым Леонардом Хиллом.

Как известно, человеческое тело имеет постоянную температуру,—это первейшее условие, при котором только и могут вполне нормально протекать химические процессы, обеспечивающие работу человека, как „живой машины“. Для поддержания постоянной температуры в человеческом организме имеется ряд приспособлений, позволяющих ему терять избыток тепла, химически постоянно вырабатываемого, или задерживать потерю тепла, когда внешние условия таковы, что в силу физических законов потеря тепла поверхностью тела грозит понизить температуру всего тела.

Всякое нарушение теплового равновесия тела, все равно в какую сторону, сопровождается неприятным самочувствием. Наоборот, наличность теплового равновесия вызывает приятное самочувствие, ощущение „комфорта“, как говорят англичане.

В основе механизма, поддерживающего тепловое равновесие, лежит работа сосудодвигательных нервов, с помощью которых организм может регулировать приток крови к поверхности тела, откуда, главным образом, идет потеря тепла тремя путями: теплоизлучением, проведением и испарением при потоотделении. Факторами внешней среды, к которым приходится приспособляться человеческому организму, и

которые способны влиять на температуру его тела, являются: температура воздуха, относительная влажность воздуха и его движение.

Ясно, что дурное самочувствие, испытываемое рабочим в воздухе, испорченном присутствием других людей, газообразными отбросами продуктов производства, сыром, очень холодном или, наоборот, перегретом, понижает его работоспособность и вызывает желание подышать свежим воздухом—согреться или охладиться—и этим вновь приобрести нормальное самочувствие.

Специальными наблюдениями в условиях производства установлено, что даже легкое перегревание воздуха (до 24° Цельсия) в мастерских ведет к следующим нежелательным результатам: повышается температура тела, ускоряется пульс, уменьшается мышечная сила рабочих. Работоспособность уменьшается при 24° Цельсия на 15%, а при 28°—до 30%.

Также найдено, что при температуре воздуха фабричных помещений в 24° Цельсия и выше число несчастных случаев на 23% больше, чем в таких же помещениях при температуре в 18°—20° Цельсия.

Сказанное обязательно и для животных. У них после действия высокой температуры, особенно при последующем охлаждении, уменьшается защитная сила крови, и значительно повышается общая чувствительность к заразным болезням, прививаемым им искусственно в целях изучения этого вопроса. Особенно интересны в этом отношении опыты, сделанные с мышами. Болезненный процесс у зараженных мышей при температуре 37° Цельсия протекает значительно быстрее, чем при обыкновенной температуре. При этом мыши, выздоровевшие после перенесения болезни и имевшие в течение нескольких дней вполне здоровый вид, вновь заболевают той же самой болезнью, если их посадить опять в помещение с температурой в 37° Цельсия.

Эти опыты указывают, кроме того, на роль климата, как возбудителя скрытой болезни.

Итак, ученые приписывают причину дурного самочувствия людей нарушению у них теплового равновесия в сторону перегревания или охлаждения тела.

Так как, снова напоминая, на потерю тепла живым телом оказывают влияние преимущественно температура, движение

и при известных условиях влажность окружающего воздуха, то прибор, имеющий целью определение самочувствия людей, должен одновременно заменять по крайней мере три прибора: термометр, ветромер (анемометр) и отчасти влагомер (психрометр).

Правда, здесь можно допустить влияние на самочувствие людей и некоторых других условий окружающей обстановки, напр., действия солнечного света, но пока это не поддается учету.

Измерение температуры окружающего воздуха не дает в интересующем нас отношении достаточных указаний потому, что термометры показывают только среднюю температуру той дощечки, на которой они прикреплены, окружающих ее предметов и воздуха, в котором термометры находятся. Термометр не в состоянии измерять ни количества воспринимаемого, ни теряемого поверхностью человеческого тела тепла и потому представляет собою чрезвычайно несовершенный инструмент для указания внешних условий, наиболее комфортабельных и здоровых.

Каждому известен факт, что если данное помещение долгое время не отапливалось, и стены его основательно охладились, то нагревание одного комнатного воздуха не может создать комфортабельного самочувствия. Люди в таких помещениях чувствуют зябкость, несмотря на то, что термометр показывает обычную для комнатного воздуха температуру. Это явление давно известно врачам-гигиенистам и есть результат охлаждения тела вследствие потери тепла излучением по направлению к остывшим, холодным стенам дома. Такие стены отнимают от тела настолько много тепла, что тепловое равновесие нарушается, а вместе с этим портится и самочувствие.

Обычные ветромеры точно так же оказываются слишком инертными для определения токов воздуха малой скорости, влияющих на тепловое равновесие организма и вызывающих со стороны последнего изменение правильного хода тепло-регуляции.

Сконструированный Хиллом прибор позволяет при температурах, близких к температуре тела, определять потери тепла в абсолютных единицах.

Прибор Хилла, названный им к а т а термометром (или сокращенно—к а т а), непосредственно определяет скорость

охлаждения, которая прямо пропорциональна с одной стороны—разницам между температурой ката и температурой окружающей среды и между скоростью движения воздуха— с другой стороны.

При обычных условиях организм теряет с поверхности кожи до 95% тепла тремя путями:

- 1) излучением на расстоянии по направлению к более холодным предметам (около 44%),
- 2) путем проведения (31%) и
- 3) испарением (20%).

В зависимости от внешних условий и работы организма способы потери тепла могут колебаться в довольно широких пределах, заменяя друг друга.

Кататермометр и представляет собой отдаленный аналог сухой и мокрой кожи человека и при температуре, близкой к температуре тела ($36,5^{\circ}$ по Цельсию), измеряет скорость собственного охлаждения. Он состоит из спиртового термометра с цилиндрическим резервуаром в 4 см. длины и 2 см. диаметром. Трубка термометра имеет 20 см. длины, шкала разделена на градусы, с интервалом между $38—35^{\circ}$ Цельсия, а каждый градус поделен на десятые доли.

Принцип прибора состоит в следующем: если нагреть ката до 38° , то при охлаждении от 38° до 35° ката теряет одно и то же, ему свойственное, определенное количество тепла при всех возможных атмосферных условиях, но скорость этой потери будет различна в зависимости от внешних условий. Эту скорость охлаждения можно принять за характеристику данных физических условий среды.

Для выражения скорости охлаждения ката в тепловых единицах определяется сначала общая потеря тепла ката при охлаждении от 38° до 35° Цельсия, и полученная цифра делится на поверхность его резервуара, выраженную в квадратных сантиметрах. При этом получают число тепловых единиц, теряемых одним квадратным сантиметром за время охлаждения ката от 38° до 35° Цельсия. Это число выражается в милликалориях (1 грамм-калория = 1000 милликалорий).

Кататермометр применяется сухим и влажным; в последнем случае на его резервуар плотно натягивают колпачок из хлопчатобумажной ткани (сухая и мокрая кожа). Можно измерять

одновременно показания двух ката: одного—сухого, а другого—влажного, но для этого необходимы и два наблюдателя.

Задача наблюдателей состоит в измерении скорости охлаждения и высчитывании по ней, по специальным формулам, „охлаждающей силы“ атмосферы, действующей на поверхность, во-первых, сухого и, во-вторых, влажного резервуара ката приблизительно при температуре тела (36,5° Цельсия).

Если температура окружающего воздуха будет значительно выше указанной, то прибор будет показывать силу нагревания окружающей атмосферы. При этом сухой ката показывает потерю тепла посредством излучения и проведения. Влажный ката показывает потерю тепла излучением, проведением и испарением. Разница между показаниями влажного и сухого ката укажет на потерю тепла испарением.

Целым рядом опытов и вычислений Хилл установил, что для людей сидячих профессий приятное самочувствие в обычной комнатной одежде при 18° Цельсия наступает тогда, когда сухой ката дает показание от 5—6, а для людей, производящих среднюю физическую работу,—10.

Норма комфорта для сидячей легкой работы по влажному кататермометру установлена не более 18—20.

Так как при различных видах труда физическая работа требует неодинакового охлаждения со стороны воздуха, то Хилл, совместно с сотрудниками, составил таблицу, где приведена охлаждающая сила воздуха, выраженная в показаниях сухого кататермометра. Указанное охлаждение необходимо при различной физической работе без нарушения самочувствия работающего (табл. I).

Таблица I

	Общее выделение тепла за 1 час работы в калориях	Скорость охлаждения сухого ката. требуемая для предупреждения потения
Портной	112	5,44
Переплетчик	142	6,88
Сапожник	149	7,24
Плотник	170—206	8,4 —10,04
Металлист	190	9,24
Маляр	201	9,76
Каменщик	317	15,44
Пильщик	379	18,48

За самое последнее время подобные исследования произведены в Англии во многих производствах по поручению Исследовательского Института промышленной усталости и у нас в СССР—на прядильных отделениях (сухих и мокрых ватермашин) фабрики „Красный Маяк“ в Ленинграде.

В этих прядильных отделениях, по наблюдениям д-ра В. Яковенко, средняя температура по сухому термометру равнялась 28,2° Цельсия, а сухой ката дал в среднем 3,4 милликалории, т.-е. показал малую охлаждающую силу воздуха. В виду того, что нормальная охлаждающая сила воздуха, не нарушающая самочувствия человека, лежит между 6 и 7, возникла задача увеличить охлаждающую силу воздуха в помещениях прядильных до нормы 6 милликалорий по сухому ката, не изменяя при этом температуры. В этих целях необходимо было определить ту силу ветра, которая давала бы требуемое охлаждение. Соответствующие вычисления показали, что она должна быть равна 1,58 метра в секунду. В действительности же в данном помещении имело место, как показали такие же вычисления, движение воздуха в среднем 0,27 метра в секунду. Произведенные вычисления наглядно показали, что раз в данном помещении текстильной фабрики нельзя понизить температуру в силу производственных интересов, то необходимо усилить движение воздуха более, чем в пять раз, и только при этих условиях будут обеспечены нормальное охлаждение рабочих, их нормальное самочувствие во время работы и тем самым—меньшая профессиональная усталость.

По законченности, простоте устройства, портативности и дешевизне кататермометр не оставляет желать ничего лучшего.

В Англии и Америке он широко распространен преимущественно при оценке работ в рудниках и каменноугольных копях, но сфера применения этого прибора, конечно, может быть расширена, тем более, что кататермометр можно применять для оценки комфортабельности и открытой атмосферы.

Кроме описанного ката, имеется саморегистрирующий кататермометр, которому его изобретатель дал название к а л е о м е т р, и электрический кататермометр.

Перечисленные, далеко не все, меры борьбы с усталостью обещают не только помочь бороться с профессиональным утомлением, но и вообще улучшить здоровье рабочего класса.

VIII. ЛИТЕРАТУРА

Для лиц, желающих подробнее познакомиться с тем или иным вопросом, связанным с усталостью, приводим список оригинальной русской и переводной иностранной литературы. В свою очередь во многих из приведенных в списке книг имеются свои библиографические указания.

1. Амар, Ж. Человеческая машина. 2-е изд., ГИЗ. 1926, стр. 197—210.
2. Амар, Ж. Человеческий труд. ГИЗ. Москва. 1925.
3. Белоусов, В. Организация труда в производстве. ГИЗ. 1925. Ленинград, стр. 123—131.
4. Вернон, Х. Промышленная усталость и производительность труда. Изд. „Вопросы Труда“, Ленинград. 1925.
5. Вигдорчик, Н. Нормальный труд. Изд. „Книга“, 1925. Ленинград.
6. Гинецинский, А. Физиологические основы производственного процесса. Изд. „Прибой“, Ленинград. 1926.
7. Данилевский, В. Труд и жизнь. Изд. Главполитпросвета УССР. Харьков. 1922.
8. Джилльбрет, Ф. Изучение движений. 2-е изд. ЦИТ. Москва. 1924.
9. Джилльбрет, Ф. и Л. Прикладное изучение движений. ЦИТ. 1925.
10. Ерманский, О. Научная организация труда и система Тейлора. 3-е изд. ГИЗ. 1924.
11. Ефимов, В. Физиология труда. Изд. „Эконом. Жизнь“. Москва. 1925, стр. 63—149.
12. Ефимов, В. Новые идеи в физиологии утомления, стр. 59—83, в сборнике „Психофизиология труда“ ГИЗ. 1925. Ленинград.
13. Ефимов, В. Утомление и борьба с ним. Изд. „Транспечать“. Москва. 1926.
14. Занков, Л. Наука о поведении человека. Изд. „Огонек“. 1925. Мск.
15. Иотэйко, Ж. Труд и его организация. ГИЗ. 1925. Москва.
16. Кекчеев, К. Как повысить производительность труда. Изд. „Красная Новь“. 1922. Москва. Стр. 5—10.
17. Кекчеев, К. Физиология труда. ГИЗ. Москва, 1925, Стр. 137—202.
18. Лазарев, П. Физико-химические основы высшей нервной деятельности. Изд. „Мир“. 1922.
19. Лазарев, П. Ионная теория возбуждения. ГИЗ. Москва. 1923.
20. Лизинский, Э. Психология труда. ГИЗ. Ленинград. 1925.
21. Лофер, Р. Организация труда с физиологической точки зрения. ГИЗ. 1924. Москва. Стр. 11—34.
22. Ляи, Ж. Система Тейлора и физиология труда. ГИЗ. Москва. 1924.
23. Мессиио, Б. Рациональная организация труда и психология. Ленинград. 1924.
24. Подкопаев, Н. Основы физиологии труда в применении к научной организации труда. Изд. Ленинградского губсовета профсоюзов. 1924.
25. Рабинович, В. Механизм утомления с рефлексологической точки зрения. Стр. 85—110. В сборн. „Психофизиология труда“.

26. С л о в ц о в, Б. Физиология труда. Изд. Френкель. 1923. Москва
Стр. 77—92.
 27. С а п и р, И. Высшая нервная деятельность человека. Изд. „Новая
Москва“, 1925.
 28. Ф р о л о в, Ю. Мозг и труд. ГИЗ. Ленинград. 1925.
 29. Х л о п и н, Г. Кататермометр проф. Л. Хилла. „Гигиена Труда“, 2-й год
изд. 1924. № 7—8. Стр. 17—24.
 30. Я к о в е н к о, В. Кататермометр проф. Л. Хилла и учение об эффек-
тивной температуре. „Гигиена Труда“, 2-й год изд., 1924, № 1,
стр. 3—21, и № 3, стр. 16—31.
-

О Г Л А В Л Е Н И Е

	Стр.
Глава 1. Усталость—тормоз работы	5
„ 2. Взгляды ученых на усталость	14
„ 3. Измерение усталости	21
„ 4. Род труда	33
„ 5. Усталость и кровь	34
„ 6. Переутомление	39
„ 7. Меры борьбы с усталостью	41
„ 8. Указатель литературы	52

0/13

