



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ  
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Название кафедры»

## **Учебное пособие**

по дисциплине  
«Физиология труда»

# **«Основы физиологии труда для студентов инженерных специальностей»**



Автор  
Зименко В.А.

Ростов-на-Дону, 2017

## Аннотация

Учебное пособие предназначено для студентов очной и заочной форм обучения направления 20.03.01 – Техносферная безопасность.

## Автор

к.мед.н., доцент Зименко В.А.



## Оглавление

<b>Предисловие .....</b>	<b>5</b>
<b>Введение .....</b>	<b>6</b>
<b>Глава I Работоспособность человека .....</b>	<b>10</b>
1.2. Прямые и косвенные показатели работоспособности .....	11
1.3 Изменения работоспособности в процессе работы .....	12
1.4 Физиологические закономерности обеспечения работоспособности.....	14
1.5 Оценка и прогнозирование работоспособности .....	17
1.6. Физиологические методы изучения работоспособности ....	18
<b>Глава II Утомление и переутомление человека .....</b>	<b>36</b>
2.1 Понятийный аппарат вопроса. Механизмы утомления .....	36
2.2 Классификация утомления .....	40
<b>Глава III Резервы организма .....</b>	<b>41</b>
3.1 Понятие и классификация физиологических резервов .....	41
3.2 Физиология и резервы теплообмена человека .....	43
<b>Глава IV Сенсоры .....</b>	<b>56</b>
4.1. Краткая анатомо-физиологическая характеристика анализаторов человека .....	59
4.2 Влияние факторов производственной среды на сенсорные функции .....	65
4.3 Взаимоотношение сенсорных систем .....	67
4.4 Динамика сенсорной работоспособности .....	68
4.5 Методы исследования анализаторов .....	69
<b>Глава V Режим труда и отдыха .....</b>	<b>71</b>
5.1 Рациональные режимы труда и отдыха .....	71
5.2 Время на отдых, выделяемое на различные элементы условий труда .....	74
5.3 Защита временем как обязательный элемент рационального режима труда.....	92
<b>Глава VI Оценка тяжести и напряжённости труда на производстве .....</b>	<b>98</b>
<b>Контрольные тесты для самооценки знаний .....</b>	<b>109</b>
<b>Глава VII Физиология труда женщин .....</b>	<b>114</b>

<b>Глава VIII Физиология труда подростков .....</b>	<b>118</b>
8.1 Физиологические особенности юношеского организма.....	118
<b>Библиографический список .....</b>	<b>128</b>
<b>Заключение .....</b>	<b>130</b>
<b>Приложения .....</b>	<b>132</b>
Приложение 1 .....	132
Приложение 2 .....	133
Приложение 3 .....	134
Приложение 4 .....	135
Приложение 5 .....	136
Приложение 7 .....	138
Приложение 8 .....	140
Приложение 9 .....	141
Приложение 10 .....	142
Приложение 11 .....	154
Приложение 12 .....	155
Приложение 13 .....	156
Приложение 14 .....	157

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Современное промышленное производство характеризуется разнообразными и стремительно меняющимися технологическими процессами, зачастую протекающими во вредных и опасных для здоровья работающих условиях, а также – в не физиологичных режимах. Построение безопасных производственных условий невозможно без риск-ориентированного мышления всех заинтересованных лиц (руководства, работников службы охраны труда, инженерного состава предприятий). Федеральный Государственный образовательный стандарт направления подготовки 20.01.04 «Техносферная безопасность» требует от студентов, закончивших обучение, компетенций, базирующихся в т.ч. на содержании такой учебной дисциплины как *физиология труда*. Состояние проблемы утомления, физиологические основы рациональных режимов труда и отдыха, оценка тяжести и напряжённости труда – далеко не полный список базовых проблем дисциплины. Здесь для студентов технических (не медицинских) вузов возникает объективная гностическая трудность междисциплинарного характера. Не имея предшествующей подготовки по таким базовым медицинским дисциплинам как: анатомия и нормальная физиология человека, патологическая физиология, биофизика и биохимия студент инженерной специальности рискует столкнуться с невозможностью понимания логики изучаемого явления. Прежде чем понять, как механизм (в нашем случае это – человеческий организм) работает, необходимо изучить устройство этого механизма. Авторы предлагаемого учебного пособия старались популярно (с учётом отсутствия у студентов инженерного профиля необходимого минимума медицинских знаний) объяснить физиологические явления, происходящие в организме работника в процессе выполнения им той, или иной работы. А также – показать и объяснить с точки зрения науки «физиология труда» допустимые границы вредного воздействия на организм работника его профессиональной (производственной) среды.

## ВВЕДЕНИЕ

*Физиология труда* – научно-практическая и учебная дисциплина, изучающая закономерности и механизмы функционирования организма человека в процессе труда и разрабатывающая мероприятия по сохранению профессиональной работоспособности и здоровья работающего человека.

Теоретическая основа физиологии труда базируется на учении о *гомеостазе* (постоянстве внутренней среды организма как условия его существования) и концепции *физиологических резервов организма*. Только до тех пор, пока регуляторные, компенсаторные возможности организма оказываются достаточными, чтобы сохранить гомеостаз при меняющихся (порой экстремальных) параметрах производственной среды, возможны нормальное функционирование и необходимый уровень работоспособности. Для решения задач физиологии труда необходимо представлять *диапазон функционирования физиологических систем* и знать механизмы их мобилизации. Когда эти резервы оказываются недостаточными, чтобы адекватно компенсировать воздействие производственных факторов или трудовой деятельности, и наступает нарушение гомеостаза, возможны нарушения работоспособности и необратимые последствия для здоровья.

В наиболее полном виде закономерности реагирования организма на физические нагрузки (работу) и внешние воздействия отражает теория *функциональных систем* П.К. Анохина. Подчеркнём: не анатомических (дыхательная, сердечно-сосудистая и т.д.), а экстренно созданных функциональных систем.

Организм человека работает с соблюдением всех *принципов системности*: стремление к устойчивости (стабильности), распределение функций между отдельными частями, объединение (интеграция) частей для выполнения общей задачи, учет внешних воздействий, саморегуляция.

*Стремление к устойчивости*. Организм тратит массу энергии на поддержание постоянства внутренней среды и создание оптимальных условий для работы каждой клетки.

*Распределение функций*. Специализация систем и органов организма:

сердечно-сосудистая система «работает» как транспорт – доставляет тканям питание и кислород, «увозит» ненужные

## Основы физиологии труда

продукты обмена к органам выделения;

дыхательная система снабжает организм кислородом;

кожа и слизистые оболочки – «одежда» организма и часть его сенсорного поля и т.д.

*Интеграция* частей для решения общей задачи, например, пищеварения. Каждый отдел пищеварительной системы имеет свое строение и выполняет определенную функцию: выделение особых соков (ферментов), механическое измельчение пищи, переваривание и всасывание различных пищевых веществ в различных отделах ЖКТ, перемещение пищи по пищеварительному тракту – все части объединены общей идеей – превращения «пищи со стола» в «пищу для клетки».

*Учет внешних воздействий.* Условия внешней среды постоянно меняются во времени и пространстве – организм должен либо приспособиться к этим изменениям и оперативно их компенсировать, либо погибнуть. Например, при снижении температуры окружающего воздуха человек одевает адекватную погоде одежду (обладающую достаточными защитными свойствами), при отрицательных внешних температурных значениях начинается отопительный сезон в жилищах. В жаркую погоду напротив, поведенческие реакции человека направлены на снижение теплопродукции и увеличение теплоотдачи организма.

*Саморегуляция* – усилия по поддержанию постоянства внутренних параметров организма (*гомеостаза*). Специальные сигнальные устройства (*рецепторы*) контролируют эти параметры и при их отклонении от установочной точки посылают сигналы в центры управления функциями организма. Центры управления находятся в нервной системе, там принимается решение о том, как необходимо действовать, какие функции и процессы требуют усиления, а какие – ослабления, чтобы вернуть параметр к заданному уровню. Для предотвращения чрезмерного влияния сигнала в организме предусмотрена система обратной отрицательной связи: чем сильнее вызываемый управляющей системой эффект, тем больше торможение ее работы. Например, дефицит глюкозы в крови усиливает ее образование в печени и последующее поступление в кровь. Но чем больше глюкозы поступает в кровь, тем сильнее она тормозит деятельность печени по образованию глюкозы.

Устойчивость организма обеспечивается, кроме выше перечисленного, еще и тем, что практически все функции дублируются. Например, ненужная организму жидкость

Основы физиологии труда

выводится с мочой. Но при повышении окружающей температуры значительная часть жидкости теряется с потом. Если, вследствие заболевания почек их функция ослабляется, доля жидкости, выводимая потовыми железами, увеличивается и без повышения температуры окружающего воздуха. Т.е. роль «дублера» возрастает.

Другой пример дублирования – *множественность путей*, с помощью которых организм поддерживает снабжение тканей кислородом. Если человек при выполнении физической работы нуждается в большем количестве кислорода, чем обычно, то параллельно включается несколько механизмов решения этой проблемы (рис. 0.1).

Как видно из рисунка, возникшая задача решается на субклеточном уровне (гемоглобин), клеточном уровне (эритроциты), органном уровне (сердце, лёгкие и сосуды), системном уровне (сердечно-сосудистая, дыхательная и центральная нервная системы).

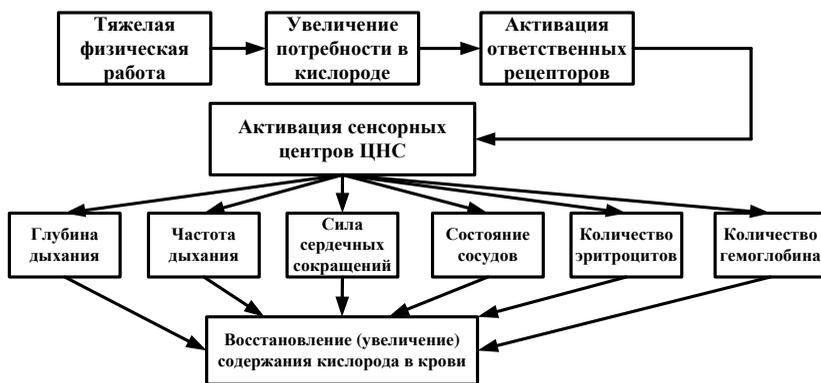


Рис. 0.1 Пример множественности путей нервной регуляции (дублирование функций)

Совсем не обязательно, чтобы все способы поддержания постоянства того или иного параметра использовались одновременно. Обычно какой-то путь является основным и используется чаще других.

Как и в любой системе, управление в организме осуществляется на различных уровнях: простые задачи – на более низком, более сложные – с участием «высших инстанций». Например, небольшие отклонения температуры тела будут

## Основы физиологии труда

устраняться при участии центров *СПИННОГО* мозга, а более значительные потребуют вмешательства структур *ГОЛОВНОГО* мозга.

Иногда условия окружающей среды меняются так сильно, что поддержание всех параметров на прежнем уровне становится бессмысленным. При очень низкой температуре в течение длительного времени организм не в состоянии осуществлять рациональную терморегуляцию и тогда он жертвует руками, ногами, носом, ушами снижая их кровоснабжение (а значит и обогревание) обрекая на отморожения во имя спасения температуры своего «ядра» и жизни организма в целом.

## ГЛАВА I РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА

*Работоспособность* – это потенциальные возможности организма в осуществлении определённой трудовой деятельности. Они зависят как от специфики выполняемой работы (характера, тяжести, длительности, условий труда), так и от состояния организма работника (физиологических и психологических особенностей).

Большое количество существующих инженерных специальностей с их многообразием работы требует соответствия индивидуальных качеств организма работника специфике его труда. В процессе труда, например, требуются преимущественно организаторские навыки (для руководителей всех уровней), сенсорно-гностические способности (для операторов), сенсорные (для специалистов связи), сенсомоторные (для водителей транспортных средств), технологические (для специалистов обслуживающих и ремонтирующих технику), моторно-волевые (для действующих в особо сложных условиях), моторные (для обслуживающих станочный парк и конвейерное производство).

Влияние различных факторов на работоспособность человека

Изменения работоспособности обусловлены целым рядом воздействий.

*Эндогенные (внутренние) влияния:*

возраст;

состояние здоровья;

личностные особенности;

психофизиологические возможности;

физиологические резервы;

степень тренированности организма;

уровень профессиональной подготовки.

*Экзогенные (внешние) влияния:*

физические, химические и биологические факторы производственной среды;

особенности труда (дискретность, непрерывность, ритмичность трудовых процессов);

особенности взаимодействия человека с машиной (непосредственное, дистанционное, опосредованное);

временные особенности работы (в режиме ожидания, в навязанном темпе, при дефиците времени);

эргономические особенности (рабочая поза, рабочее место, органы управления).

Социальные влияния:

мотивация;  
 межличностные отношения в коллективе (по вертикали и по горизонтали).

Биотропные влияния:

нарушения биоритмики;  
 сезонные хронотропные влияния (десинхроноз, депривация сна);

геофизические воздействия.

Влияния изменённых функциональных состояний:

гипокинезия;  
 монотония;  
 укачивание;  
 гипоксия;  
 гиперкапния;  
 перегревание;  
 переохлаждение;  
 утомление.

## 1.2. Прямые и косвенные показатели работоспособности

Прямые показатели работоспособности – это *количественное* и *качественное* выражение результатов труда в единицу времени или за рабочую смену (количество изготовленных деталей, быстрота и точность выполнения профессиональных приёмов, и т.п.).

Количество выполненной работы определяют с помощью формул; рассчитывают физическую *динамическую*, или *статическую* нагрузку:

$$A = (P \cdot H + P \cdot l / 9,8 + P \cdot H_1 / 2) K, \quad (1)$$

где: A – количество работы (кг/м); P – вес груза (кг); H – высота подъёма груза от исходного положения (м); l – расстояние перемещения груза по горизонтали (м); H<sub>1</sub> – расстояние опускания груза (м); K – коэффициент, равный 6.

$$C = P \cdot t, \quad (2)$$

где: C – статическая нагрузка (кг • сек); P – вес груза или статическое усилие (кг); t – время удержания усилия (сек).

Усилие при фиксации измеряется динамометром.

Монотонная работа оценивается по формуле

$$K_m = T_1 / T_0, \quad (3)$$

где: K<sub>m</sub> – монотонная работа; T<sub>1</sub> – затраты времени на повторяющиеся движения за исследуемый период; T<sub>0</sub> – общее время

работы (наблюдения).

Косвенные показатели работоспособности – это показатели функционирования физиологических систем работника, наиболее ответственных за осуществление конкретной работы. Для преимущественно физической деятельности это может быть показатель пробы PWC170, максимальное потребление кислорода, кислородный долг и др.; для преимущественно умственной деятельности – показатели кратковременной и долговременной памяти, пропускной способности анализаторов и пр.

В ходе оценки динамики работоспособности важно учитывать *физиологическую цену* выполненной работы. Например, работник успешно выполнил работу, оцениваемую по прямым показателям (перевыполнил дневную норму выпуска продукции), но её выполнение сопровождалось заметными сдвигами косвенных показателей (т.е. организм работал на пределе). Значит, цена такой работы чрезвычайно высока и, следовательно, говорить о высоком уровне работоспособности в данном случае не корректно.

Считается, что длительность физической работы лёгкой и средней тяжести не должна превышать 4 часов. Длительность тяжёлой физической работы (энерготраты до  $41,9 \cdot 10^3$  Дж/мин) ограничивают появлением признаков утомления. Длительность очень тяжёлой физической работы (энерготраты более  $41,9 \cdot 10^3$  Дж/мин) не должна превышать 15 – 20 минут.

### 1.3 Изменения работоспособности в процессе работы

Работоспособность в процессе выполнения работы меняется. Динамику работоспособности принято рассматривать пофазно (постадийно) и выражать графически в виде кривой (рис. 1.1)

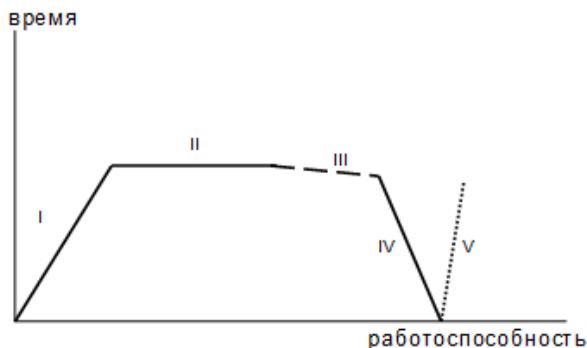


Рис. 1.1 Динамика работоспособности человека

## Основы физиологии труда

I – стадия вработываемости (возможно повторение после обеденного перерыва);

II – стадия устойчивой работоспособности (полной компенсации);

III – стадия неустойчивой компенсации;

IV – стадия декомпенсации (как в конце работы, так и перед обеденным перерывом);

V – стадия конечного порыва

Первая стадия – *вработываемости*, характеризуется постепенным вовлечением в работу функциональных систем организма, обеспечивающих трудовой процесс. В этот период в организме происходит увеличение скоростей, амплитуд, объёмов, которыми измеряются различные физиологические показатели. Организм «в спокойном режиме» мобилизуется для «рывка». В ходе увеличения профессионального стажа работника (освоения профессии) период вработываемости сокращается, человек приобретает рабочие навыки (рабочий стереотип), быстрее мобилизует функциональные системы, доводя их до уровня, соответствующего рабочим запросам организма. У людей с невыработанными профессиональными навыками стадия вработываемости сменяется стадией *гиперкомпенсации*, когда в организме ещё не достигнуто полное соответствие между величиной предъявляемой ему нагрузки и величиной реакции физиологических систем на данную нагрузку. Организм мобилизуется для «рывка», но на пределе своих возможностей.

Вторая стадия – *устойчивой работоспособности* или *полной компенсации*: полное соответствие между требованиями, предъявляемыми работой, и их физиологическим обеспечением (объёмом кровообращения, уровнем газообмена, координированностью физиологических реакций = адекватностью вновь образующихся функциональных систем). Чем выше квалификация специалиста, тем продолжительнее эта стадия. Чем тяжелее работа, тем быстрее исчерпываются физиологические резервы.

Третья стадия – *неустойчивой компенсации*: значительные колебания физиологических показателей (несогласованность реагирования функциональных систем); нередко возможно усиление функционирования одной системы при снижении функции другой (сопряжённой). Т.е. налицо динамическое рассогласование систем (носит компенсаторный характер, но не всегда сопровождается положительным эффектом). Например, при недостаточности внешнего дыхания (одышка) возрастает сердечная деятельность,

увеличивается кровоток и восполняется доставка кислорода к тканям. Или, информационно-интеллектуальные нагрузки в условиях дефицита времени вызывают стресс у операторов (волнение, страх), появляется рассогласование двигательного и зрительного анализаторов, приводящее к нарушению точности и ритма работы.

Четвёртая стадия – *декомпенсации*: значительные изменения вегетативных показателей (тахикардия = частый пульс, подъём артериального давления и пр.), расстройство координации движений, большое число ошибочных действий. Организм «сигнализирует» о перенапряжении регулирующих механизмов; работа вышла за рамки физиологических возможностей человека. Дальнейшее нарастание этих явлений приводит к *срыву деятельности*, когда человек не может продолжать работу.

Возможна пятая стадия – *конечного порыва* (человек знает об окончании работы, или после работы его ждёт какое-то поощрение): стадия *неустойчивой компенсации*, или стадия *декомпенсации* сменяются подъёмом деятельности («второе дыхание» за счёт силы воли).

## 1.4 Физиологические закономерности обеспечения работоспособности

В главе 6 пособия подробно рассматриваются основные категории физиологии труда, определяющие работоспособность человека: *тяжесть* и *напряжённость* труда. Однако работоспособность организма зависит от целого ряда условий, прямо или косвенно влияющих на тяжесть, напряжённость трудовых операций и скорость наступления утомления. Эти условия изучаются или в отдельных разделах физиологии труда, или в содержании смежных с ней учебных дисциплин (эргономике, эргономической биомеханике, инженерной психологии, гигиене труда).

В данном параграфе мы постараемся на ознакомительном уровне показать эти условия.

Время, скорость, частота и точность выполнения рабочей операции, сила давления на рабочий инструмент, нагрузки на опорно-двигательный аппарат и нервную систему человека будут зависеть от того, насколько полно выполняются при организации труда *постулаты эргономической биомеханики*:

учёт масс-инерционных и кинематических характеристик верхних и нижних конечностей человека при оборудовании рабочего места;

адекватность формы и размера рукоятки ручного инстру-

мента заданной трудовой операции;

физиологичность применяемой работником техники подъёма грузов;

учёт предельных размеров грузов, переносимых в двух руках и в одной руке;

учёт силовых характеристик различных звеньев верхней конечности при выполнении физической работы;

адекватность трудовой задаче применяемого работником вида захвата кистью используемого инструмента;

физиологическая оптимальность объёма рабочего пространства и расположения органов управления;

конструкция, размеры рабочего сиденья, высота и наклон рабочей поверхности;

физиологичность рабочей позы.

Уровень работоспособности человека зависит и от его квалификации (опыта). *Динамический стереотип* – составная часть рабочей доминанты, обеспечивающая *слаженность трудовых операций*, благодаря сохранению в ЦНС длительного возбуждения целого ряда нервных центров. Динамический стереотип базируется на навыке. *Навык* – автоматизированный элемент сознательно-го действия за меньший промежуток времени. В процессе многократных повторов (тренировок) происходит обобщение исходного действия, изменение его регуляции (снижение возбуждения коры мозга до уровня, который перестаёт отражаться в сознании – человек получает возможность выполнять данное действие без актуализации в сознании его цели). Наряду с *двигательными*, у работника возникают и *перцептивные* навыки (восприятия приборной информации), навыки *распределения внимания* (между индикаторами, органами управления), и навыки, *связывающие* сенсорику с моторикой.

Работа, протекающая в интервалах времени, соизмеримых со скоростными возможностями человека (скорость основных нервных процессов, лабильность функциональных систем, скорость процессов восприятия и т.п.) будет выполняться с очевидной эффективностью. Темп работы, лежащий за пределами физиологических возможностей человека, приведёт к росту ошибочных действий (рост биоэлектрической активности всех мышц, сдвиги в кардиореспираторной = «сердечно-дыхательной» системе, изменение биоэлектрической активности мозга), развитию утомления или эмоциональному срыву.

Рассмотрим напряжённость деятельности человека-оператора через категорию «резервное время». Резервным вре-

## Основы физиологии труда

менем называют избыточное (над минимально необходимым) время, которым может располагать оператор для предотвращения отклонений регулируемых параметров технической системы за допустимые пределы. Сокращение времени на выполнение задач, появление новых дополнительных задач, усложнение технических условий, нарушения в работе техники и многие другие внешние причины могут сокращать резервное время оператора. С другой стороны, резерв времени могут сокращать и внутренние факторы: возникновение утомления, ухудшение физического или психического состояния оператора, рассеяние внимания и пр. Для оценки психической напряжённости деятельности оператора используется *коэффициент напряжённости* ( $K_n$ ), который определяется по формуле:

$$K_n = T_{\text{комф.}} / T_{\text{расп.}}, \quad (4)$$

где:  $T_{\text{комф.}}$  – комфортное время, потребное оператору для безошибочного разрешения задачи в нормальных условиях;

$T_{\text{расп.}}$  – время, которым реально располагает оператор для выполнения задачи.

Поскольку значительные временные ограничения имеют прямой эффект (повышают напряжённость), а низкие временные ограничения порождают обратный эффект (снижают психическую активность, вызывают скуку и состояние монотонности), то возникает необходимость в оценке степени занятости оператора через *коэффициент его загрузки* ( $K_3$ ):

$$K_3 = \frac{t_{2\text{min}} + t_{3\text{min}}}{T_{\text{расп.}}}, \quad (5)$$

где  $(t_{2\text{min}} + t_{3\text{min}})$  – минимальное время, за которое оператор способен выполнить возложенную на него задачу.

Значение этого коэффициента не должно выходить из следующих пределов:  $0,1 < K_3 < 0,75$ .

На состояние работоспособности человека указывает и точность его деятельности. *Точность* работы оператора – это показатель соответствия его действий заданной программе. Некоторые отклонения от заданных программных значений принято называть *погрешностями*. Когда погрешности превышают установленные предельные значения, это событие нарушает нормальную работу системы, оно квалифицируется как *ошибка* оператора. Ошибки оператора подразделяют на 4 категории:

- невыполнение требуемого действия;
- неточное выполнение требуемого действия;
- выполнение не требуемого действия;
- несвоевременное выполнение требуемого действия.

Подробно классификацию ошибок в работе оператора, причины, способствующие их возникновению, и алгоритм психологического анализа при расследовании ошибочных действий оператора рассматривает такой раздел физиологии труда как «Инженерная психология».

## 1.5 Оценка и прогнозирование работоспособности

При установлении возможной продолжительности выполнения человеком той или иной работы в конкретных условиях ориентируются на существующие нормативы физиологических и психофизиологических показателей.

При выполнении *физической* работы принимаются во внимание изменения таких показателей, как частота сердечных сокращений, минутный объём дыхания, энерготраты, статическая выносливость мышц кисти, количество влагопотерь. Существуют также гигиенические нормативы, определяющие допустимую длительность работы в зависимости от уровней действующих производственных вредных факторов (температура, шум, освещённость, газовый состав воздуха и т.д.).

Оценка физиологических резервов организма возможна через оценку *предельных сдвигов* показателей гомеостаза (табл.1)

Таблица 1

Предельные сдвиги физиологических функций в организме

Показатели	Уровень покоя	Максимальный уровень	Изменение (число раз)
Частота сердечных сокращений (пульс)	45-60 уд/мин	240 уд/мин	4 – 5
Артериальное давление крови систолическое(верхнее)	110 мм.рт.ст.	200 мм.рт.ст.	2
Артериальное давление крови диастолическое (нижнее)	80 мм.рт.ст.	40 мм.рт.ст.	2
Минутный объём дыхания	6-10 л/мин.	200 л/мин.	20-30
Частота дыхания	10-14 вдох./мин	120 вдов/мин	12-14
Дыхательный объём	0,4-0,7 л	3,5 л	5
Потребление кислорода	0,2-0,3 л/мин	5,3 л/мин	20

## Основы физиологии труда

Выделение углекислоты	0,2-0,3 л/мин	5,0 л/мин	20
Уровень молочной кислоты	9-12 мг %	250 мг %	25
Число лейкоцитов в 1 мм крови	7000-8000	50 000	7

В физиологии военного труда (К.З. Сулимо-Самуйлло) существует градация профессиональной работоспособности по четырем уровням: оптимальный, незначительно сниженный, сниженный и значительно сниженный. Данная классификация может быть использована как ориентировочная при оценке работоспособности персонала предприятия на производстве.

Первый (оптимальный) уровень работоспособности характеризуется незначительными колебаниями физиологических показателей (в пределах  $\pm 5\%$ ).

Второму уровню присуще некоторое ухудшение значений косвенных показателей (на 2-10%).

При третьем уровне отмечается ухудшение прямых и косвенных показателей на 15-20%.

Ухудшение прямых и косвенных показателей на 25% и более соответствует четвёртому (значительно сниженному) уровню работоспособности.

Выбор показателей для оценки изменения работоспособности должен базироваться на учёте структуры профессиональной работы и быть адекватным тем системам организма, которые несут наибольшую нагрузку в процессе работы. Наиболее информативными показателями считаются скорость сенсомоторной реакции, критическая частота слияния световых мельканий, время поддержания максимального мышечного усилия и др.

## 1.6. Физиологические методы изучения работоспособности

Физиологические исследования должны проводиться с соблюдением установленных научных принципов.

Кратность исследования в течение рабочей смены должна соответствовать периодам работоспособности (§1.3) т.е. изучаемые физиологические функции следует определять не менее пяти раз:

первые 10-30 мин. рабочей смены;

## Основы физиологии труда

через 2-3 часа работы;  
перед обеденным перерывом;  
через 10-20 мин. после него;  
за 20-30 мин. до окончания рабочего дня.

Если же по условиям производства 5-кратное исследование невозможно, то ограничиваются первыми двумя и последним исследованием.

Если работающие подвергаются воздействию внешнего климата, то исследования проводят в тёплый и холодный периоды года.

При разработке программы исследований в каждом конкретном случае выбор методик определяется наибольшей их адекватностью сдвигам, которые ожидаются в организме работающих в ходе работы. Принято исследовать не менее трёх функциональных систем (например, центральную нервную, сердечно-сосудистую и нервно-мышечную, или сердечно-сосудистую, дыхательную и функции анализаторов).

Оценка показателей проводится либо по их абсолютным величинам (частота сердечных сокращений, уровень артериального давления, энерготраты), либо по относительным значениям, выраженным в процентах по отношению к исходному уровню, принятому за 100 (мышечная сила, выносливость, латентные периоды слухо-, зрительно-моторных реакций).

Обязательным компонентом физиологических исследований является хронометраж трудового процесса, рабочих операций в течение смены.

Физиологические исследования желательно дополнить социологическими – провести анкетирование среди рабочих для выяснения их оценки режима труда и отдыха, условий труда; выявления лиц, предъявляющих жалобы на усталость, утомление, плохое самочувствие в процессе труда.

Перед проведением исследований проводят инструктаж или тренировку испытуемых по методикам с обязательным объяснением рабочим цели и смысла предстоящих наблюдений.

Методики физиологических исследований подробно изложены в Руководстве к лабораторным занятиям по гигиене труда: Учебное пособие под ред. В.Ф. Кириловой. – М. Медицина, 1993. – 336с.

В данном разделе пособия мы ограничимся перечислением наиболее важных из них по областям применения. Однако необходимо указать, что в настоящее время стремительно внедряется в практическую работу физиологов, спортивных и цеховых врачей

Основы физиологии труда

современное, высокоинформативное приборное оборудование (табл. 1.6).

Таблица 1.6  
Приборное оснащение для оценки функционального состояния организма

Название / марка прибора	Назначение (возможности) прибора
Аппаратно-программный комплекс «НС-ПсихоТест»	Комплексная оценка психологических и психофизиологических свойств и функций организма (выполнение тестовых заданий по таблицам и опросникам, измерение кистевой силы, фоно- и фотостимуляция с записью времени реакции на стимулы)
Лазерный анализатор капиллярного кровотока «ЛАКК-02»	Неинвазивный контроль состояния капиллярного кровотока для диагностики расстройств микроциркуляции в тканях организма
Система оценки функционального состояния организма «Адаптолог-Эксперт»	Выявление перенапряжения систем организма у персонала в условиях рабочей нагрузки; оценка полноты восстановления организма после нагрузки; экспресс-оценка психоэмоционального состояния
Нейромиоанализатор НМА-4-01 «Нейромиан»	Оценка функционального состояния нервно-мышечной системы; исследование электрической активности мышц; контроль скорости проведения импульсов по двигательным и чувствительным нервам
Спирометр «Spirolab 3 OXY»	Измерение объёма вдоха и выдоха, форсированной жизненной ёмкости лёгких, максимальной вентиляции лёгких, дыхательного объёма.
Реоанализатор КМ-AP-01	Прибор для исследования кровообращения в конечностях, оценки центральной гемодинамики и мозгового кровотока во взаимосвязи с изменениями дыхательной системы и состоянием водного баланса организма

Стабилан – 01-2	Комплекс технических и программно-методических средств для диагностики нарушений функции равновесия тела, патологии опорно-двигательного аппарата, проведения профессионального отбора
Велоэргометрический программно-аппаратный комплекс «Поли-Спектр-Анализ»	Проведение нагрузочного теста PWC <sub>170</sub> с возможностью записи ЭКГ в покое и при нагрузках на велоэргометре

### 1.6.1. Хронометражные исследования в физиологии труда.

Метод хронометража позволяет изучить динамику различных процессов во времени. В гигиене труда хронометраж используется при изучении условий труда с целью определения длительности воздействия на организм работающих отдельных неблагоприятных факторов производственной среды (например, высокой температуры, шума, вибрации, ионизирующего излучения и др. или их сочетания).

Хронометраж как простой и доступный метод исследования находит применение также и в физиологии труда для изучения трудового процесса в целом или отдельных его операций, определения работоспособности человека, загруженности рабочего дня, темпа и ритма работы и других показателей.

Установлено, что затраты времени на выполнение различных производственных операций в течение рабочего дня могут служить показателем работоспособности человека. Хронометражные исследования позволяют изучать следующие производственные показатели работоспособности, которые студенты должны хорошо усвоить:

- производительность труда, которая оценивается по количеству изготавливаемых деталей или выполняемых операций за один час или полчаса работы;

- изменение средней продолжительности рабочей операции и ее вариабельность в те же промежутки времени;

- изменение суммарной продолжительности микропауз (разность между фактически затраченным временем на операцию и временем, установленным по технологии, продолжительностью от 1-3 сек. до 2-3 мин.) за каждый час или полчаса работы;

- распределение по часам рабочего дня произвольных перерывов для отдыха;

## Основы физиологии труда

время на исправление брака;  
рабочая загрузка или плотность рабочего времени (% отношение времени работы ко всему времени рабочей смены) – показатель использования рабочего времени;

простои в работе – производственные и личные.

По результатам хронометража, можно установить также темп работы по количеству совершаемых человеком рабочих движений в единицу времени, а при выполнении динамической работы – ориентировочно определить величину выполняемой механической работы в кг/ м (как произведение веса перемещаемого груза на длину пути перемещения) и некоторые другие показатели.

На основе материалов хронометража, дополненных данными физиологических исследований человека, могут быть предложены рекомендации по более оптимальной организации трудового процесса, ритма и темпа выполняемых операций, по организации перерывов для отдыха в соответствии с динамикой работоспособности, по внедрению производственной гимнастики и др. мероприятия.

В настоящее время применяются следующие основные методы хронометража:

а) «фотография» рабочего дня (грубая или детальная), т.е. фиксация всех затрат времени данного рабочего на протяжении всей смены;

б) учет почасовой выработки, который заключается в определении производительности труда за каждый часовой или получасовой период в течение всего рабочего дня;

в) выборочный хронометраж, при котором определяется продолжительность рабочей операции или производительность труда за короткий (10-20-минутный) промежуток времени в начале или в конце каждого часа работы;

г) сплошной хронометраж производится в случаях, когда изменения продолжительности рабочей операции могут не отражаться на почасовой выработке, а изменяют только величину коротких промежутков (микропауз) между операциями. Характеристика микропауз и их изменение в течение рабочего дня могут служить основанием для определения изменений работоспособности и потребности в перерывах для отдыха.

В зависимости от конкретных задач исследования на производстве инженер может выбрать любой из описанных методов хронометража.

Следует иметь ввиду, что при выполнении однотипной ра-

## Основы физиологии труда

боты изменения работоспособности отражаются в основном на изменении продолжительности выполняемых операций или отдельных элементов их и в меньшей степени на производительности труда, выражаемой в единицах продукции. В таких случаях наиболее адекватными методами хронометража являются детальный выборочный хронометраж, а также сплошной хронометраж.

Проведение хронометража во всех случаях необходимо начинать с изучения технологического процесса, характера подлежащих учету операций или их отдельных элементов, а также особенностей условий труда. Необходимо получить четкое представление об особенностях, количестве и последовательности проведения элементарных операций, с помощью которых вырабатывается та или иная деталь или изделие. С точки зрения выполнения технологического процесса все элементарные операции на производстве делят на три основные группы: технологические, вспомогательные и контрольные.

К группе технологических операций относятся такие операции, которые сопровождаются изменением физико-химических свойств обрабатываемых деталей или изделий (их формы, размеров, структуры и т.д.).

Вспомогательные операции – это операции, связанные с перемещением детали, изменением режима работающего оборудования, обеспечением его энергией, сырьем и т.д.

К контрольным операциям относятся операции, которые связаны с измерением размеров деталей, определением их физико-химических свойств, контролем за работой оборудования и т.д.

Такое выделение отдельных этапов технологического процесса облегчает проведение хронометража и вместе с тем имеет существенное физиологическое значение, т.к. позволяет получить представление о характере и сложности трудовой нагрузки на организм человека в производственных условиях. В тех случаях, когда работающему приходится выполнять технологические, вспомогательные и контрольные операции, тогда труд является немеханизированным; если вспомогательные и контрольные – труд механизирован; если только контрольные, то труд полностью автоматизирован.

В производственных условиях могут встречаться случаи, когда труд рабочего будет механизирован или автоматизирован частично, что требует внесения определенных поправок в рассмотренную схему.

Полное время трудового процесса в упрощенном виде может быть представлено как сумма отдельных промежутков време-

## Основы физиологии труда

ни, затраченных на выполнение тех или иных технологических, вспомогательных, контрольных операций и отдых и рассчитывается по следующей формуле:

$$t = \Sigma t_1 T + \Sigma t_2 B + \Sigma t_3 K + \Sigma t_{40T} \quad (6)$$

где:

t- время трудового процесса в целом;

$\Sigma t_1 T$  - сумма времени, затраченного на технологические операции;  $\Sigma t_2 B$  - то же на вспомогательные операции;

$\Sigma t_3 K$  - то же на контрольные операции;

$\Sigma t_{40T}$  - то же на отдых.

Надо помнить, что при проведении хронометража большое значение имеет постоянство условий внешней среды (микроклимата, освещенности, шума и др.), поскольку изменения последних могут существенно отразиться на функциональном состоянии и работоспособности человека и внести определенную погрешность в результаты исследования.

Важно правильно установить объем хронометражных наблюдений, что определяется задачами производимых исследований и необходимостью получения достоверных результатов. В тех случаях, когда технологический процесс носит непрерывный характер, например, на химических и металлургических заводах, обогатительных фабриках и др., хронометраж необходимо вести в течение нескольких рабочих дней, чтобы охватить весь технологический цикл.

При выполнении однотипной работы целесообразно проводить выборочный хронометраж в течение всего рабочего дня. Объем хронометражных наблюдений на производстве должен составлять не менее 8-10 человеко-дней.

При сравнительном изучении динамики работоспособности в течение недели исследования необходимо организовать в начале, середине и в конце недели.

Перед проведением хронометража на рабочего заводится карта хронометражных наблюдений (Приложение №1), составленная с учётом всего сказанного выше. Карта заполняется на каждый отдельный случай наблюдения.

Учет времени ведется по часам, если промежутки времени на отдельные операции составляют больше 1 минуты, или по секундомеру. При этом учет проводится по текущему времени, т.е. стрелка секундомера не останавливается, а отмечает лишь начало и окончание каждой операции или ее элементов. При незначительной продолжительности отдельных этапов операции (в секундах) удобно пользоваться двухстрелочным секундомером, а

## Основы физиологии труда

при отсутствии такового – двумя однострелочными.

Методика проведения хронометражных исследований в производственных условиях.

Хронометраж проводится 2-мя студентами: один из студентов отсчитывает время на технологические, вспомогательные, контрольные операции, простои и отдых по часам или секундомеру, другой заносит эти данные в карту хронометражных наблюдений. Через каждые 0,5 часа работы студенты меняются местами. Хронометражные наблюдения проводят незаметно для работающего, а если это невозможно, необходимо разъяснить работающим, какова цель проведения исследования. Это очень важно, т.к. присутствие наблюдателя без разъяснения цели исследования может вносить определенные погрешности в результаты работы.

В случае, если хронометраж проводится на конвейере, где рабочий может выполнять определенную операцию в течение всей смены, необходимо обязательно регистрировать микропаузы (шифр «МП»).

С целью определения динамики работоспособности хронометражные наблюдения должны проводиться на протяжении всего рабочего дня. Студенты с целью освоения методики хронометража проводят наблюдения в производственных условиях в течение 1,5-2 часов.

Обработка и анализ результатов работы. Обработку результатов хронометража студенты проводят за каждые 30 минут работы. Вначале определяется суммарное время, затраченное работающими на выполнение технологических, вспомогательных и контрольных операций, отвлечения от работы, время на отдых и т.д., а также количество изготовленных деталей. Результаты заносят в таблицу (Приложение № 2).

В таблице определяем основные затраты рабочего времени и общую нагрузку работающего на данной операции (рабочем месте). По этой же таблице оценивается ритмичность работы за время наблюдения. Для этого за каждые 0,5 часа работы сравниваем величину рабочей нагрузки в процентах. Если отклонение в величине рабочей нагрузки при сравнении по получасам наблюдений не превышает 5-10%, можно считать, что работа организована ритмично, при большем отклонении – работа неритмична. Нужно указать причины нарушения ритмичности работы – поломки оборудования, несвоевременная подача деталей, произвольный перерыв для отдыха и др.

Результаты хронометражных наблюдений могут использоваться также для определения утомления работающих, которое

отражается на среднем времени выполнения операции (изготовления деталей) и его вариабельности, в особенности, если рабочий все время выполняет однотипную работу.

По карте хронометражных наблюдений определяем полное время изготовления каждой детали (выполнения операции) за каждые 0,5 часа работы и результаты вносим в таблицу для статистической обработки (Приложение №3)

Затем студенты проводят статистическую обработку полученных данных и вычисляют следующие показатели: среднюю арифметическую величину ( $X$ ), ошибку средней арифметической величины ( $m$ ), среднее квадратическое отклонение ( $\sigma$ ) и коэффициент вариации ( $v$ ). Указанные выше статистические показатели вычисляют по следующим формулам:

$$X = \sum X / n \quad (7)$$

$X$ -численные значения отдельных вариантов;

$\sum$  - знак суммирования, указывающий на необходимость сложения отдельных вариантов;

$n$  - общее число деталей (операций).

Далее вычисляется ошибка средней арифметической ( $m$ ) по константной формуле, для чего находят отклонения ( $a$ ) каждой варианты от вычисленной средней арифметической. Найденные величины отклонений без учета знака суммируем ( $\sum a$ ) и ошибку средней находим по формуле:

$$m = \pm \sum a \cdot K \quad (8)$$

Величина коэффициента  $K$  зависит от числа вариантов ( $n$ ) и определяется по таблице, приведённой в Приложении №4

Для измерения степени рассеивания (дисперсии) изучаемых величин определяют среднее квадратичное отклонение по формуле:

$$\sigma = \pm (m\sqrt{n}) \quad (9)$$

Показатель  $\sigma$  выражается в тех же единицах времени (секундах, минутах и т.д.), что и средняя арифметическая величина.

Удобнее показатель рассеивания выражать в относительных единицах, особенно при сравнении показателей, выраженных в одних и тех же единицах измерения, но при различных по величине средних, что может иметь место при хронометражных наблюдениях. В этих случаях вычисляют коэффициент вариации по формуле:

$$V = \sigma / X \cdot 100\% \quad (10)$$

Для того, чтобы оценить, произошло ли изменение работоспособности и значительно ли оно, необходимо определить показатель существенности разности среднего времени изготовления

детали (выполнения операции) для первых и последующих 30 минут работы.

Показатель существенности разницы ( $t$ ) вычисляется по формуле:

$$t = \frac{X_1 - X_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}}, \quad (11)$$

где:  $X_1$  — среднее время изготовления детали (выполнения операции) в первые и  $X_2$  последующие полчаса работы;

$m_1, m_2$  - соответствующие средние ошибки средних арифметических величин.

Если известен показатель существенности разницы ( $t$ ), то по таблице Стьюдента (Приложение №5) определяем вероятность различия ( $p$ ) показателей времени в первые и последующие полчаса работы. Число степеней свободы ( $l$ ) определяется как сумма вариант сравниваемых показателей минус 2.

$$l = (n_1 + n_2) - 2 \quad (12)$$

Различия показателей считаются достоверными при  $p < 0,05$  (когда вероятность события  $> 95\%$ ).

В том случае, если будет установлено достоверное снижение времени на изготовление детали (выполнение операции), можно говорить о повышении работоспособности. Снижение работоспособности испытуемых, напротив, должно сопровождаться увеличением затрат времени.

Определенное значение для оценки работоспособности человека имеет также величина коэффициента вариации. Установлено, что в период «вработываемости» и при возникновении утомления увеличивается разброс времени на выполнение одних и тех же операций, что будет сопровождаться увеличением коэффициента вариаций. В период устойчивой работоспособности следует ожидать уменьшения величины коэффициента вариации. С этой точки зрения студенты оценивают величины коэффициента за первые и последующие полчаса наблюдения.

### **1.6.2 Методы исследования нервно-мышечного аппарата (оценка мышечной работоспособности в процессе трудовой деятельности)**

Основными методами являются динамометрия, треморометрия и электромиография.

*Динамометрия* – определение с помощью динамометров основных показателей дееспособности отдельных мышечных групп (максимальная произвольная сила, выносливость к статическим напряжениям, максимальная мышечная работоспособность).

*Треморометрия* – регистрация мелких произвольных ко-

лебаний кисти (по амплитуде и частоте). При развитии утомления тремор усиливается.

*Электромиография* – регистрация биоэлектрической активности мышц.

Многочисленными исследованиями доказано, что мышечная работоспособность зависит не только от индивидуальных особенностей работающего человека (его физического развития, степени тренированности), но и от характера выполняемой работы (ее интенсивности, темпа, величины рабочих усилий и т.д.) и отдыха в перерывах между работой.

Одним из факторов, ограничивающих работоспособность человека на производстве, является утомление, в том числе и мышечное. Поэтому весьма важными практическими задачами на промышленном предприятии являются выявление утомления у работающих в динамике рабочего дня, недели, месяца и т.д. и разработка способов его профилактики или снижения.

Следует отметить, что рационализация трудовых процессов, в частности, замена пассивного отдыха на активный, на некоторых предприятиях позволяет получить повышение производительности труда на 8-12%. В силу этого для разработки обоснованных предложений по организации труда инженер должен владеть такими физиологическими методами, которые позволяли бы определять работоспособность человека и развитие утомления при различных условиях труда и отдыха.

Известно, что критериями утомления могут быть субъективные и объективные данные. Субъективно утомление проявляется возникновением чувства усталости. В качестве объективных критериев утомления используются определение работоспособности и изменение характера выполнения работы и, кроме того, изменения в различных органах и системах организма работающего, определяемые в динамике рабочего дня.

Для изучения работоспособности мышц широкое распространение получили два метода: один – определение мышечной выносливости к динамической работе, второй – определение выносливости мышц к статической работе.

Исследование выносливости мышц к статической работе с помощью динамометра В.В. Розенблата.

Методика выполнения работы. Для выполнения работы необходимы динамометры с резиновой грушей. Студенты группы разбиваются на пары. Вначале определяется выносливость мышц - сгибателей правой кисти к статической нагрузке по методу проф. В.В.Розенблата. При этом рука слегка отводится от тулови-

## Основы физиологии труда

ща, сгиб в локтевом суставе должен составлять 90-120°. После этого определяется максимальная мышечная сила путем быстрого сжатия резиновой груши. Далее испытуемый сдавливает грушу с силой, составляющей 75% от максимальной до тех пор, пока не почувствует невозможность поддержания заданного усилия в секундах, что и является критерием выносливости мышц к статическому усилию.

После определения исходного показателя испытуемый отдыхает 5 минут, а затем в течение одной минуты сжимает 30 раз ручной эспандер. Выполнение такой работы приводит к развитию утомления в работающих мышцах. Затем снова определяется максимальная мышечная сила и выносливость мышц к статическому усилию по описанной выше методике. Затем рассчитывается максимальная мышечная работоспособность на основании двух измеренных динамометрических показателей как произведение силы на время удержания данной силы.

Выносливость мышц-сгибателей кисти левой руки к статической работе до и после дозированной нагрузки (30 сжатий эспандера) определяется также с помощью динамометра Розенблатта по методу, описанному профессором М.И. Виноградовым.

Для этого испытуемый по команде экспериментатора сжимает грушу динамометра с максимальной силой и удерживает это усилие в течение 1 минуты. Поскольку статическая работа является весьма утомительной, динамометр будет регистрировать произвольное снижение усилия, которое спустя одну минуту может быть значительно ниже первоначального. Во время этого исследования испытуемый не должен видеть показания динамометра.

По данному методу рассчитывается коэффициент падения статического усилия по следующей формуле:

$$K = (a - b) / (a + b) \quad (13)$$

где: K- коэффициент падения статического усилия;  
 a - усилие в начальный момент исследования;  
 б - усилие в конце 1-минутного поддержания статической нагрузки.

Следует иметь ввиду, что чем меньше коэффициент падения статического усилия, тем большей выносливостью обладают мышцы. Для оценки полученных результатов проводится статистическая обработка данных исследования максимальной силы и выносливости мышц правой и левой рук, полученных у работающих всей группы в исходном состоянии и после дозированной ра-

боты. При этом вычисляется средняя арифметическая величина показателей ( $X$ ), ошибка средней арифметической ( $m$ ), показатель существенной разности ( $t$ ) и по таблице определяется вероятность различия ( $P$ ).

В случае если после дозированной работы будет отмечено повышение обоих показателей, т.е. мышечной силы и выносливости, можно говорить об умеренной нагрузке, оказывающей на мышечную ткань стимулирующий эффект. Повышение силы или ее неизменная величина при одновременном снижении выносливости свидетельствует о развитии некоторого утомления, а снижение того и другого показателя – о значительном утомлении.

### **1.6.3 Некоторые методы исследования центральной и периферической нервной системы при работе.**

Выполнение любой работы связано с осуществлением функций контроля (за ходом технологического процесса, показаниями различных приборов, направлением, точностью и силой рабочих движений и т.д.), что требует активной аналитико-синтетической деятельности со стороны ЦНС. Следует иметь в виду, что при наличии повторяемости раздражителей, связанных с рабочим процессом (зрительных или слуховых сигналов, обозначающих начало или конец рабочего цикла, определенной закономерной последовательности технологического процесса, обеспечивающей цикличность рабочих движений и т.п.) в коре головного мозга постепенно формируется «корковая модель», как основа рабочих навыков, которая значительно облегчает работу анализаторов и протекание нервных процессов.

Однако, во многих случаях «работа на пультах управления оборудованием, электронных вычислительных машинах, на транспорте, в авиации, космонавтике и т.п.» работающему приходится постоянно сталкиваться с большим объемом новой информации, на переработку которой и принятие решений отводится ограниченное время. Естественно, что в этих случаях предъявляются повышенные требования к функциональной способности ЦНС работающих, в частности, к их вниманию, памяти, подвижности анализаторов и т.п.

Поэтому при современных видах труда имеет большое значение определение изменений, происходящих в нервной системе при работе, что важно для ранней диагностики производственного утомления и разработки профилактических мероприятий. Например, функциональные изменения в нервной системе часто удается установить при отсутствии заметных сдвигов в деятельности сердечно-сосудистой системы, дыхания и обмена веществ,

## Основы физиологии труда

при мышечной работе малой мощности и при различных видах умственного труда.

В настоящее время в физиологии труда используются различные методы, позволяющие выявить особенности функциональных изменений в нервной системе во время трудовой деятельности, в частности, находят применение методы изучения условно-рефлекторных реакций, определение функциональной подвижности анализаторов (двигательного, зрительного, слухового), исследование устойчивости динамического стереотипа, определение показателей внимания и памяти, запись биотоков мозга, мышц и многие другие.

Поскольку цель этих исследований заключается в выявлении утомления, они должны проводиться в динамике рабочего дня: до начала работы, несколько раз в течение рабочего дня и в конце работы.

Исследование устойчивости внимания с помощью таблиц Анфимова («корректирующая проба» или «корректирующий тест»).

Методика проведения работы. Студенты группы разбиваются на пары. Один из них является испытуемым, другой – экспериментатором. Испытуемому дается задание вычеркнуть в таблице Анфимова (приложение №7) одну букву (например, букву «к») и одновременно подчеркнуть другую (например, «х»). Целесообразно для зачеркивания и подчеркивания выбирать буквы, близкие по написанию (например, буквы «е» и «с»; «а» и «в»; «н» и «и» и т.п.). Следует иметь в виду, что задание необходимо выполнять как можно быстрее и точнее. Нельзя в процессе опыта отвлекать испытуемого какими-либо подсказками, репликами и т.п.

По команде экспериментатора, который включает секундомер, испытуемый начинает выполнять задание. По истечении трех минут испытуемый заканчивает работу и отмечает то место в таблице, на котором закончено исследование. Кроме того, в таблицу вносится номер опыта, время, Ф.И.О. возраст испытуемого и условия проведения исследования.

После этого «корректирующая проба» проводится на другом работающем. Аналогичные исследования проводятся в начале и в конце занятия.

После этого рассчитываются следующие показатели:

1. Скорость просмотра знаков (V):

$$V = N / t, \quad (14)$$

где: N – общее число просмотренных знаков;

t – время (в секундах), в течение которого просмотрены знаки.

2. Показатель внимания (A) в относительных единицах:

$$A = n / m + 1, \quad (15)$$

где: n – число строк (с точностью до 0,5 строки), просмотренные за 3 минуты;

m – количество ошибок.

3. Количество информации N в двоичных единицах:

$$N = n \lg P, \quad (16)$$

где: n – число правильно подчеркнутых и вычеркнутых знаков;

P – общее число просмотренных знаков (логарифм P находится по Приложению №6).

4. Интенсивность умственной работы (C) в двоичных единицах в секунду:

$$C = N / t, \quad (17)$$

где: N – количество информации в двоичных единицах;

t – время работы в секундах.

5. Интегральный показатель умственной работоспособности (Ai):

$$A_i = A \cdot V \quad (18)$$

Исследование переключения внимания с помощью таблиц Шульце-Платонова

Методика проведения работы. Студенты проводят исследование друг у друга или у работающих. Испытуемый в таблице (приложение №8) вначале показывает указкой черные числа (не обведенные) в возрастающем порядке, а затем красные (обведенные) последовательно в убывающем порядке. Время, затраченное обследуемым, регистрируется экспериментатором.

Затем испытуемому предлагается показывать числа в следующем порядке: 1 черное и 24 красное, 2 черное и 23 красное, 3 черное и 22 красное и т.д. Время, затрачиваемое обследуемым, во втором случае, оказывается большим, что характеризует способность к переключению внимания.

Исследования на каждом работающем (студенте) проводятся в начале и в конце занятия.

#### **1.6.4 Определение тремора кисти с помощью электрического тремометра.**

Тремор представляет собой мелкие колебательные движе-

ния отдельных звеньев тела относительно друг друга. Происхождение тремора объясняется многими причинами: неполным тетанусом мышц, игрой антагонистов, компенсацией гемодинамических сдвигов и т.д. В настоящее время высказывается предположение, что тремор низкой частоты (1-3 Гц) связан с регуляцией по удержанию определенного положения суставов, а тремор высокой частоты (7-9 Гц) - с изменением активности отдельных нейро-моторных единиц в мышцах, обеспечивающих поддержание этого положения суставов.

Методика выполнения работы.

Порядок работы с тремомером следующий:

1) вилку шнура панели с прорезями подключить к клеммам с надписью «Выход»;

2) подключить тремомер к электрической сети с напряжением 220 В, тумблер установить в положение «включено», при этом должна загореться сигнальная лампочка. При работе с тремомером в целях электробезопасности не следует касаться оголенной части щупа и панели с прорезями, т.к. они находятся под током;

3) записать исходные показания счетчика тремомера, взять в правую руку щуп тремомера;

4) на вытянутой руке проводим щупом тремомера по W- и S-образным широким щелям, примерно за 4 секунды, стараясь не касаться стенок панели. Снимаем показания счетчика.

5) затем точно также проводим щупом по узким W- и S-образным щелям, снова определяем показания счетчика;

6) после окончания работы отключаем электротремомер от сети.

Исследования на каждом студенте проводятся в начале и в конце занятия. Оценку тремора у испытуемого проводим по сумме касаний отдельно для широких и узких прорезей.

*Для оценки утомительности выполнявшейся умственной работы необходимо провести статистическую обработку показателей внимания и тремомерии, полученных в исходном состоянии и в конце занятия у всех студентов группы.*

Показатели внимания и тремомерии заносятся в таблицу (Приложение 9), после чего проводится статистическая обработка данных по формулам 7-12 с оценкой достоверности различия показателей в конце занятия по отношению к исходным данным, полученным в начале занятия.

В случае если после работы произойдет достоверное увеличение показателей внимания и тремора, можно говорить о сниже-

нии работоспособности студентов в результате наступившего утомления.

Степень утомления можно оценить количественно, для чего исходные средние показатели внимания и тремора принимают за 100% и по отношению к ним определяют изменение показателей после выполнения умственной работы.

### 1.6.5 Хронорефлексометрия.

Для определения скорости простой зрительно (слухо-) – моторной реакции используют универсальный хронорефлексометр. Обследуемый садится перед выносным блоком прибора, на который подаются звуковые сигналы и должен как можно быстрее нажать на кнопку после подачи сигнала, а счетчик фиксирует скрытое время реакции в миллисекундах. Желательно давать до 10 последовательных сигналов и рассчитать показатель латентного периода простой двигательной реакции.

Для определения критической частоты слияния мельканий (КЧСМ) обследуемому предъявляют серию световых сигналов, скорость мелькания которых изменяется с помощью потенциометра. Испытуемый должен установить ту минимальную частоту мельканий, при которой световой сигнал воспринимается им как непрерывный.

Определение критической частоты слияния звуковых колебаний проводят следующим образом: обследуемому через наушники подаются звуковые импульсы от генератора, частота которых может плавно изменяться. Импульсы подаются с постепенным увеличением их частоты до максимума. Обследуемый устанавливает момент, когда отдельные звуковые импульсы сливаются в сплошной тон.

### 1.6.6 Методы исследования внешнего дыхания и газообмена

Функциональное состояние дыхательного аппарата может характеризоваться как качественными (ритм), так и количественными (частота, глубина, минутный объём дыхания, жизненная ёмкость лёгких) показателями.

*Жизненная ёмкость лёгких* (ЖЕЛ) – состоит из дыхательного объёма, т.е. объёма воздуха вдыхаемого и выдыхаемого при каждом дыхательном цикле (обычно около 500 мл), дополнительного объёма – объёма воздуха, поступающего в лёгкие при максимальном вдохе (около 1500 мл), и резервного объёма воздуха – объёма, который можно максимально выдохнуть после спокойного

вдоха (около 1500 мл). ЖЕЛ зависит от пола, возраста и роста. Незначительная физическая нагрузка увеличивает ЖЕЛ, тяжёлая – снижает её. Оптимальность рабочей позы человека также влияет на показатель: если ЖЕЛ в вертикальном свободном положении принять за 100%, то при сгибании туловища вперёд она будет составлять 88,5%, а при сгибании назад – 75%.

Определение ЖЕЛ проводится с помощью спирометров, по номограммам и расчётным формулам. Для мужчин 25-60 лет *должная* ёмкость рассчитывается (в литрах) по формуле:

$$ДЖЕЛ = 0,052 \cdot P - 0,019 \cdot B - 3,76 \quad (19)$$

где: P – рост, см; B – возраст, годы.

Считается, что фактическая ЖЕЛ соответствует *должной*, если она отклоняется от неё не более чем на  $\pm 15\%$ .

*Минутный объём дыхания* (МОД), или легочная вентиляция – объём воздуха, который вентилируется в лёгких за 1 минуту. Практически МОД обычно рассчитывают по объёму воздуха, выдыхаемого испытуемым за 3-5 мин, с последующим его делением на число минут. Если дыхание равномерно, то МОД является произведением глубины дыхания на его частоту.

Показатели газообмена можно также использовать для ориентировочного расчёта величины энерготрат:

при региональной работе  $E \text{ (кДЖ)} = 4,18 (-0,52 + 0,17 \text{ МОД})$  (20)

при локальной работе  $E \text{ (кДЖ)} = 4,18 (1,27 + 0,04 \text{ МОД})$  (21)

Порядок фактической оценки изложен в параграфе «Определение тяжести работы по физиологическим показателям» главы VI.

## ГЛАВА II УТОМЛЕНИЕ И ПЕРЕУТОМЛЕНИЕ ЧЕЛОВЕКА

### 2.1 Понятийный аппарат вопроса. Механизмы утомления

Наука физиология рассматривает *утомление* как двоякое явление: как *процесс*, и как *состояние* организма. Утомление может иметь положительное значение (приводить к адаптации и развивать функциональные резервы организма). Его отрицательное значение проявляется при суммировании нескольких отдельных утомлений, что приводит к возникновению переутомления организма.

*Утомление* – это совокупность изменений в физическом и психическом состоянии организма, развивающихся в результате деятельности (работы) и ведущих к временному снижению эффективности деятельности.

*Переутомление* – совокупность стойких функциональных нарушений в организме, возникающих в результате многократно повторяющегося чрезмерного утомления, не исчезающих за время отдыха и являющихся неблагоприятными для здоровья работающих. Отмечается резкое ухудшение самочувствия, головная боль, тяжесть в конечностях, нарушение аппетита, вялость и сонливость, иногда наоборот – бессонница, расстройство внимания, повышается потливость.

*Усталость* – субъективное ощущение утомления, возникающее во время длительной или интенсивной работы, и вызывающее желание либо прекратить её, либо снизить нагрузку.

Субъективно уставший человек ощущает сонливость и слабость, у него расстроены внимание и сенсоры, нарушена моторика, ослаблена воля, страдают память и мышление (рис. 2.1).

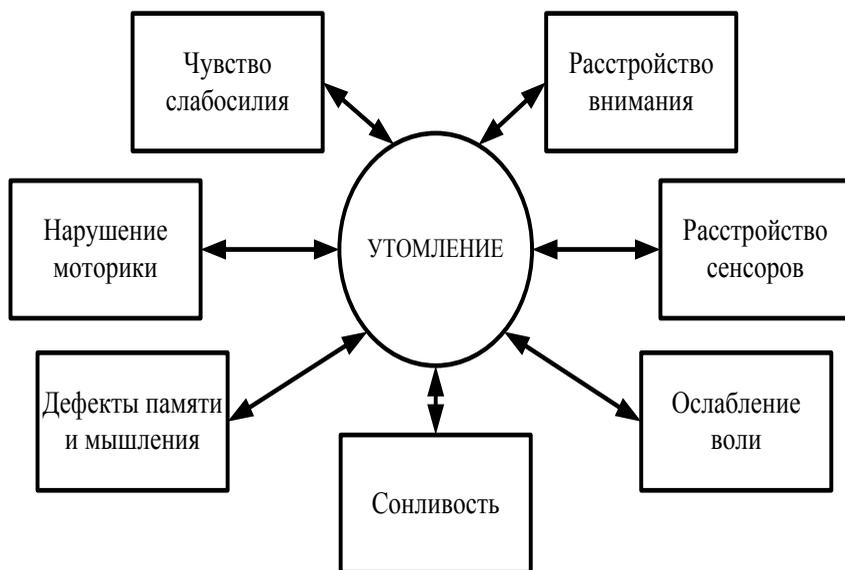


Рис. 2.1 Субъективные психические компоненты утомления

*Чувство слабосилия* – человек чувствует, что не в силах должным образом продолжать работу.

*Расстройство внимания.* Внимание – одна из наиболее утомляемых психических функций (легко отвлекается и становится неустойчивым).

*Расстройство сенсоров.* Под влиянием утомления в первую очередь расстраиваются те рецепторы, которые принимали участие в работе.

*Нарушение моторики.* Появляются замедление или беспорядочная торопливость в движениях, расстраивается их ритм, ослабляется точность и координированность движений (наступает их деавтоматизация).

*Дефекты памяти и мышления* (возможно забывание инструкции при хорошей памяти на все, что не имеет отношение к работе; снижаются сообразительность и умственная ориентация).

*Ослабление воли* (при утомлении ослабляются решительность, выдержка и самоконтроль, отсутствует настойчивость).

*Сонливость.* При сильном утомлении «включается» оборотительное торможение мозга и возникает сонливость. Возможно засыпание в любом положении (сидя, «на ходу», стоя).

Исторически существовало множество теорий развития утомления:

считалось, что организм «отравляется» продуктами метаболизма либо «удушается» вследствие недостатка кислорода (1872г), предполагали существование специального «кенотоксина» – белкового яда утомления (1922г), объясняли утомление накоплением молочной кислоты в мышцах (1929г) и пр.

В настоящее время механизмы физического утомления рассматриваются в зависимости от мощности мышечной работы.

а) При выполнении *работы максимальной мощности* (которая может совершаться 10-20с) ведущим фактором является угнетение двигательных центров ЦНС потоком проприоцептивных импульсов от рецепторов работающих мышц и эфферентных импульсов от центров организации движения. В нейронах падает уровень содержания АТФ, в организме возникает кислородный долг (около 8л).

б) При выполнении *работы субмаксимальной мощности* (которая может продолжаться 3-5 мин) изменяется внутренняя среда организма: гипоксемия, лактацидемия, гипогликемия (развивается обеднение запасов гликогена в мышцах и печени), кислородный долг достигает максимальных величин – до 20л. Работа на 40-80% покрывается за счёт анаэробных реакций.

в) При выполнении *работы большой мощности* (которая может продолжаться не более 30 мин) ведущим фактором утомления является дискоординация моторных и вегетативных функций. Преобладает аэробный путь энергообеспечения (75-97%), а кислородный долг достигает высоких значений (12-15л). Нарастают сдвиги кислотно-основного состояния, гипогликемия (энергетический голод мозга), нарушается терморегуляция.

г) При выполнении *работы умеренной мощности* (которая может длиться час и более) ведущим фактором утомления являются изменения в ЦНС и истощение запасов гликогена в скелетных мышцах и миокарде. Работа характеризуется полным аэробным обеспечением, кислородный долг составляет около 4 л. Усиление потоотделения ведёт к потере воды и солей. Нарушается терморегуляция и способность поддерживать гомеостатические механизмы.

д) При *работе низкой мощности* (время работы – часы и сутки) на первый план выступают нарушения в работе ЦНС (дискоординация ритмических процессов).

## Основы физиологии труда

При физическом труде в механизмах утомления определённую роль играют также нарушения белкового обмена, истощение желёз внутренней секреции (гормонов коры надпочечников и щитовидной железы), наступает сгущение крови из-за потери воды с потом. Всё это снижает функциональные возможности ЦНС.

При умственной работе выделяют *сенсорное, перцептивное и информационное* утомление.

*Сенсорное* утомление развивается в результате длительного или интенсивного воздействия раздражителя, при котором первичные изменения возникают в сенсорных системах – от рецептора до коркового конца анализатора.

*Перцептивное* утомление локализовано преимущественно в корковом конце анализатора и связано с трудностью обнаружения сигнала (при больших помехах, при малой интенсивности сигнала и трудности его дифференцирования).

*Информационное* утомление развивается при перегрузке или недостатке информации, когда наибольшая нагрузка падает на динамику межцентральных отношений (замыкание временных связей между различными структурами ЦНС).

Все виды умственного утомления связаны с функциональными нарушениями в нейронах и синапсах (изменение возбудимых мембран, синтеза и ресинтеза медиаторов, энергетическим обеспечением нейронов).

В процессе трудовой деятельности чаще всего сочетаются все выше перечисленные изменения, связанные как с умственным, так и с физическим трудом. Поэтому говорят об общем утомлении организма, которое, в зависимости от выраженности признаков, развивается в три стадии.

*Первая («компенсированная»)* стадия характеризуется ощущением усталости без каких-либо изменений поведенческих реакций, снижением количества и качества выполняемой работы.

На *второй* стадии появляются чувство раздражения по отношению к выполняемой работе и неуверенность в своей способности должным образом её выполнять, снижение работоспособности, ошибки, ухудшаются качественные показатели. Обычно в эту стадию деятельность прекращается.

В *третью* стадию утомление выражено, сдвиги в различных системах значительны, появляется сочетание подавленности и раздражительности или безразличного состояния, наступает автоматический отказ от работы.

Скорость развития и проявления фаз утомления зависит от ряда внутренних причин: состояния здоровья и физической под-

готовленности человека, от характерологических особенностей личности (уровня тревожности, волевых качеств, в т.ч. настойчивости).

## 2.2 Классификация утомления

Существует ряд классификаций утомления:

А) в зависимости от вида труда выделяют: физическое, умственное, сенсорное и эмоциональное утомление;

Б) по локализации – локальное и общее утомление;

В) по времени возникновения – острое и хроническое утомление.

В динамике утомления выделяют различные стадии (о чём уже говорилось выше):

*Первая* стадия – относительно слабое чувство усталости, производительность труда не падает или снижается незначительно.

*Вторая* стадия – снижение производительности труда становится заметным (чаще страдает качество, а не количество работы).

*Третья* стадия – появляется переутомление (острое переживание утомления). Кривая работы или резко снижается, или же принимает «лихорадочную» форму (безуспешные попытки сохранить темп). Рабочие действия настолько дезорганизованы, что человек чувствует невозможность продолжения работы и произвольно ее прекращает.

**Монотонность.** На работоспособность человека помимо утомления может влиять и состояние монотонности. Такое психическое состояние вызывается действительным и кажущимся однообразием выполняемых на работе движений и действий. Человек становится вялым, безучастным к работе. Однообразные и кратковременные производственные операции (бедность раздражителей, однообразие их, ограниченность поля наблюдения) снижают психическую напряженность и активность, вызывают скуку и полусонное состояние и, в конце концов, приводят к преждевременному утомлению.

## ГЛАВА III РЕЗЕРВЫ ОРГАНИЗМА

### 3.1 Понятие и классификация физиологических резервов

Известно, что организм человека может адаптироваться к значительным физическим нагрузкам, к условиям изменённой газовой среды, к высокой и низкой температуре, повышенной влажности, повышенной и пониженной освещённости и т.д. Под влиянием чрезвычайного усилия и эмоционального возбуждения человек может совершить работу, недоступную для него в спокойном состоянии. Это говорит о том, что организм обладает скрытыми возможностями (резервами), которые могут быть мобилизованы в процессе приспособления к различным нагрузкам.

Выделяют два больших класса физиологических резервов:

- структурные (морфологические);
- функциональные.

*Структурные* резервы можно назвать конструктивными, существующими в организме априори (особенности строения клеток, тканей, органов и систем):

- прочность костей и связок;
- количество митохондрий в клетках;
- строение мышечных волокон;
- васкуляризация (обилие кровеносных сосудов) скелетных и сердечной мышц;
- выраженность межнейронных связей и т.д.

*Функциональные* резервы («включаются» в экстренных ситуациях: интенсификация работы, ухудшение условий окружающей среды) – скрытые возможности организма, заключающиеся:

- в изменении интенсивности и скорости протекания энергетических и пластических процессов обмена на клеточном и тканевом уровнях;
- в изменении интенсивности и скорости протекания физиологических процессов на уровне органов, систем и организма в целом;
- в увеличении физических (сила, быстрота, выносливость) и улучшении психических (осознание цели, готовность бороться за её достижение и т.д.) качеств.

Физиологические резервы могут быть классифицированы по:

*Уровням организации* (клеточные, тканевые, органные, системные, межсистемные и резервы целостного организма).

*Проявлениям физических качеств:*

резервы *силы* (включение дополнительных двигательных единиц в мышце);

резервы *быстроты* (время проведения возбуждения через синапсы);

резервы *выносливости* (мощность механизмов гомеостаза).

*Характеру (мощности, длительности) выполняемой физической работы:*

резервы, запускающиеся при работе *максимальной* мощности (увеличение скорости ресинтеза АТФ, максимальная мобилизация резервов кислорода, увеличение скорости медиаторного обмена);

резервы работы *субмаксимальной* мощности (буферные системы внутренней среды и резервная щёлочность крови; гликолиз);

резервы работы *большой* мощности (возможности кардиореспираторной системы);

резервы работы *умеренной* мощности (возможности терморегуляции и водно-солевого обмена; преимущественное использование энергии жиров и интенсификация глюкогенеза).

*По очередности мобилизации:*

резервы *первого эшелона* – система условных и безусловных рефлексов (усиление деятельности органов до появления чувства усталости);

резервы *второго эшелона* – система условных и безусловных рефлексов + эмоции (включаются при появлении чувства усталости; возможен произвольный отказ от продолжения деятельности);

резервы *третьего эшелона* (включаются при борьбе за жизнь и в агональном состоянии).

*По уровням интеграции:*

Мобилизация систем, адекватных особенностям деятельности данного узкого специалиста (резервы оператора, сталевара, станочника и пр.);

Метасистема физиологических резервов специалиста широкого профиля.

*По степени специфичности:*

общие (неспецифические) – поддержание гомеостаза;

специальные – резервы конкретных профессиональных действий работника.

### 3.2 Физиология и резервы теплообмена человека

Биологические возможности человека в сохранении температурного гомеостаза ограничены. Мышечная работа вызывает у работающего человека перестройку терморегуляции за счёт усиления обмена веществ и энерготрат.

Тепловое состояние можно оценить по субъективным (теплоощущениям) и объективным показателям. К последним относятся показатели сердечно-сосудистой, дыхательной систем, газообмена, температура кожи, температура тела, теплосодержание и его изменение.

В организме человека постоянно происходит два разнонаправленных процесса (теплопродукция и теплоотдача). Из компонентов съеденной пищи вырабатывается энергия – «метаболическое тепло», которая расходуется по двум статьям:

обеспечение *основного обмена* организма (поддержание постоянной температуры тела, работа сердечно-сосудистой, дыхательной, пищеварительной и других анатомических систем). Назовём эту потребность внутренней, т.к. основной обмен изменяют при нахождении организма в покое, т.е. вне выполнения физической работы. Количественно на основной обмен расходуется около 1700 ккал/сутки у мужчин и 1500 ккал/сутки у женщин (в среднем – это 1ккал в 1 час на 1 кг массы тела).

выполнение человеком *работы* (физической или умственной); назовём эту потребность внешней. Чтобы определить точную потребность человека в калориях, необходимо умножить величину его основного обмена на соответствующий коэффициент (К):

для умственного труда  $K = 1,4$ ;

для лёгкой физической работы  $K = 1,6$ ;

для физического труда средней тяжести  $K = 1,9$ ;

для тяжёлой физической работы  $K = 2,2$ ;

для особо тяжёлого физического труда  $K = 2,5$ .

В существующем *основном уравнении теплового баланса* учтены главные факторы, оказывающие влияние на изменение содержания тепла в организме:

$$\pm Q = M \pm C \pm R - E \quad (22)$$

где: Q – тепловая нагрузка на организм (накопление или дефицит); M – теплопродукция (метаболическое тепло, составляющее 67-75% от энерготрат); C – конвекционный обмен организма и окружающего воздуха; R – радиационный теплообмен организма с окружающей средой; E – отдача тепла испарением.

Механизмы теплоотдачи показаны на рисунке 3.1.

В данной формуле величины  $R$  и  $C$  могут быть отрицательными, если теплоотдача происходит путём радиации и конвекции, или положительными, если в результате теплообмена организм получает тепло этими путями, что определяется различием между температурой кожи и температурой окружающих поверхностей (для  $R$ ) или температурой кожи и температурой воздуха (для  $C$ ). При температуре воздуха и окружающих поверхностей  $+32+35^{\circ}\text{C}$  теплоотдача путём конвекции и излучения резко сокращается, а ведущее место в теплоотдаче занимает испарение (пота). При низких температурах наоборот, теплоотдача указанными путями значительно возрастает.

Тепловой баланс может быть нулевым, положительным или отрицательным. Нулевое значение  $Q$  связано с сохранением теплового равновесия между теплопродукцией и теплоотдачей. При положительной или отрицательной тепловой нагрузке (накопление или дефицит тепла) говорят о *напряжении* процессов *терморегуляции*, а при величинах, превышающих допустимые (находящихся за пределами компенсаторных возможностей организма), – о возможности развития *перегрева* или *переохлаждения*.

## Механизмы теплообмена



Рис. 3.1 Механизмы теплоотдачи организма

Организм теряет тепло в основном через кожу (82%) и через органы дыхания (13%). Теплоотдача через кожу зависит от

## Основы физиологии труда

количества крови, циркулирующей в поверхностных слоях тела («оболочке»). Перенос тепла от внутренних органов и тканей (печень, мозг, желудок, лёгкие, кишечник, называемых «ядром») к «оболочке» обеспечивается за счёт расширения просвета капилляров «оболочки» и, соответственно, увеличения поставки в неё крови.

*Теплоотдача конвекцией* – «делегирование» тепла прилегающим к телу или движущимся вдоль тела слоям воздуха. Величина такой теплоотдачи прямо пропорциональна разнице температур кожи и воздуха, а также – скорости его движения (закон охлаждения Ньютона) и в комфортных условиях составляет около 25% всей теплоотдачи организма.

Конвекционные теплотери (Вт) рассчитывают по формуле:

$$Q_k = \alpha \cdot F \cdot (t_T - t_B) \quad (23)$$

где:  $\alpha$  – коэффициент теплоотдачи, зависящий от скорости движения воздуха, Вт/(м<sup>2</sup> • град); F – площадь поверхности тела, м<sup>2</sup>;  $t_T$  – температура тела;  $t_B$  – температура воздуха.

В условиях охлаждающего микроклимата вклад такого пути теплотери возрастает, а в условиях нагревающего – снижается, и становится, практически, невозможным при температуре +32+35°C. При больших температурах организм начинает нагреваться от воздуха и в формуле теплового баланса символ «С» приобретает знак «+».

*Теплоотдача излучением* (radiatio – радиация) – это теплоотдача при непрямом контакте посредством инфракрасного спектра электромагнитного излучения (длина волны 10<sup>-6</sup> – 10<sup>-4</sup> нм). Такая теплоотдача зависит только от температуры окружающих поверхностей и не зависит от параметров воздуха. В условиях комфортного (нейтрального) микроклимата на долю этого механизма приходится около 50% всех теплотери организма.

Величина теплотери радиацией рассчитывается по формуле:

$$Q_{rad} = hr \cdot (T_{sk} - T_s), \quad (24)$$

где: hr – коэффициент теплового излучения; (T<sub>sk</sub> – T<sub>s</sub>) – градиент температур между телами

или по формуле:

$$Q_{rad} = g \cdot S \cdot t \cdot (K_1 \cdot T_{пов. тела} - K_2 \cdot T_{предм.}), \quad (25)$$

где: g – постоянная Стефана-Больцмана; S – площадь радиационной поверхности тела; t – время; K<sub>1,2</sub> – коэффициенты

## Основы физиологии труда

«черноты» (излучения поверхностей, участвующих в радиационном теплообмене;  $T_{пов. тела}$  – абсолютная температура поверхности тела в  $K^{\circ}$ ;  $T_{предм.}$  – средняя температура окружающих предметов в  $K^{\circ}$ ).

При охлаждающем микроклимате (температура окружающих поверхностей снижается) этот механизм активизируется. В условиях нагревающего микроклимата (когда человека окружают поверхности, нагретые выше  $35^{\circ}C$  – температуры его кожи) организм больше получает тепла, чем отдаёт и в формуле теплового баланса символ «R» получает знак «+». Для оценки такого микроклимата Санитарными нормами введён дополнительный интегральный показатель тепловой нагрузки среды – ТНС индекс. Он определяется по уравнению:

$$TNS = 0,7 \cdot t_{вл} + 0,3 \cdot t_{ш} \quad (26)$$

где:  $t_{вл}$  – температура влажного термометра аспирационного психрометра;

$t_{ш}$  – температура шарового термометра

В производственных условиях тепловое излучение от нагретых рабочих поверхностей может превышать нивелирующие физиологические возможности организма. Так, при облучении до 25% поверхности тела человека с интенсивностью более  $140 \text{ Вт/м}^2$ , и экспозиционной дозой облучения более  $500 \text{ Вт}\cdot\text{ч}$  условия труда относятся к вредным, даже если ТНС – индекс имеет допустимые параметры. При излучении на рабочем месте, превышающим  $1000 \text{ Вт/м}^2$ , оценка степени вредности и опасности нагревающего микроклимата идёт только по этому показателю.

*Теплоотдача испарением.* Превращение жидкости в пар сопряжено с потреблением значительного количества энергии (при испарении 1 г пота организм теряет 2,2 кДж). Отдавая тепло испаряющимся (с поверхности кожи и дыхательных путей) частицам жидкости, тело охлаждается. В комфортных условиях, при лёгкой работе влагопотери не превышают 80 г/ч и на испарение приходится 25-30% теплоотдачи ( $2/3$  – с поверхности кожи и  $1/3$  – с поверхности органов дыхания). При нагревающем микроклимате (при ощущении «жарко») организм может полностью (100%) покрывать потребности в охлаждении за счёт этого механизма, теряя при этом влаги до 250 г/ч.

Чем ниже относительная влажность и выше скорость движения воздуха, тем интенсивнее испарение пота. При «профузном» потоотделении (когда теряется более 2 литров влаги в час и пот не успевает испаряться, а стекает каплями) этот механизм

теплоотдачи становится неэффективным (организм не столько теряет тепло, сколько воду и растворённые в ней элементы). При тяжёлой работе в условиях высоких температур, сочетающихся с интенсивным тепловым излучением, влагопотери могут достигать 6000 – 9000 и более г/смену.

*Теплоотдача кондукцией* (от лат. Conductio) – проведение тепла от тела к соприкасающимся с ним предметам. Уровень потери тепла рассчитывают по формуле:

$$Q_{\text{cond}} = A \cdot \gamma \cdot (T_{\text{int}} - T_{\text{sk}}) / D \quad (27)$$

где:  $A$  – площадь контакта;  $\gamma$  – коэффициент передачи тепла;  $(T_{\text{int}} - T_{\text{sk}})$  – градиент температур (разница температур поверхности кожи и объекта контакта);  $D$  – толщина теплоизоляционного слоя.

Кондукция может способствовать как местному, так и общему охлаждению организма.

Часто в технической литературе пишут, что нормальной температурой тела человека являются ее показатели в интервале  $+36,5+37,0^{\circ}\text{C}$ . Это не совсем корректная формулировка, необходимо оговорить, что имеется в виду температура под мышкой. При оценке теплового состояния организма (в покое) определяют, как *комфортную*, следующие виды его температуры: *ректальная* (в прямой кишке), равная  $37,1^{\circ}\text{C}$ , *подмышечная* –  $36,6^{\circ}\text{C}$ , *подъязычная* –  $36,9^{\circ}\text{C}$ , *средневзвешенная температура кожи* (определяется в 5 точках: лоб, грудь, тыл кисти, середина наружной поверхности бедра, голень; рассчитывают по формуле, с учетом коэффициентов смешивания) –  $33,2^{\circ}\text{C}$ .

В практических исследованиях, при субъективной оценке теплоощущений человека используется 7- балльная шкала: 1 – холодно; 2 – прохладно; 3 – слегка прохладно; 4 – комфорт; 5 – слегка тепло; 6 – тепло; 7 – жарко.

При планировании профессиональной нагрузки на работника и профилактических мероприятий по его защите полезно знать виды теплового состояния организма, их выделяют четыре: оптимальное, допустимое, предельно допустимое и недопустимое (табл.3.2).

Таблица 3.2

Виды теплового состояния человека

Вид теплового состояния организма	Граница вида	Показатель Состояния	Изменения в организме
Оптимальное	-	Ректальная температура – 37,1; средне взвешенная температура кожи – 32,5 – 33,5; теплоощущения – 4балла «комфортно»	Отсутствие общих и /или локальных дискомфортных теплоощущений, минимальное напряжение механизмов терморегуляции, сохранение высокой работоспособности.

Основы физиологии труда

<p>Допустимое</p>	<p>верхняя нижняя</p>	<p>Ректальная температура – 37,3; средне взвешенная температура кожи – 33,8;  теплоощущения – 5 баллов «слегка тепло»  Ректальная температура – 37,0; средне взвешенная температура кожи – 32,0; теплоощущения - 3 балла «слегка прохладно»</p>	<p>Незначительные общие и /или локальные дискомфортные теплоощущения, умеренное напряжение механизмов терморегуляции. Нарушение здоровья отсутствует.  Возможно снижение выносливости мышц кистей к статической нагрузке (до 10%) и удлинение латентного периода простой зрительно-моторной реакции (до 7%).  Снижение работоспособности: возможно снижение показателя координации движений (до 10%).</p>
-------------------	---------------------------	---	---

Основы физиологии труда

Предельно-допустимое	Верхняя граница (не более 3 часов за смену)	Ректальная температура – 37,4; средне взвешенная температура кожи – 34,6; теплоощущения - 6 баллов «тепло»	<p>Выраженные общие и /или локальные дискомфортные теплоощущения, значительное напряжение механизмов терморегуляции не гарантирующее сохранение термического гомеостаза и здоровья, ограничивающее работоспособность. Снижение выносливости мышц кистей (до 20%), удлинение периода простой зрительно-моторной реакции (до 10%).</p> <p>Снижение выносливости мышц кистей (до 30%), удлинение латентного периода зрительной реакции (до 15%).</p>
	Верхняя (не более 1 часа за смену).	Ректальная температура – 37,5; средне взвешенная температура кожи – 35,4; теплоощущения - 7 баллов «жарко».	
	Нижняя (не более 3 часов за смену)	Ректальная температура – 36,9; средне взвешенная температура кожи – 31,0; теплоощущения	

## Основы физиологии труда

		- 2 балла «прохладно», 1 балл «холодно»	Снижение показателя координации движений (до 20%).
Недопустимое		Выход показателей за границы предельно-допустимых.	Чрезмерное напряжение и срыв механизмов терморегуляции, нарушение здоровья.

С увеличением энергозатрат организма возрастает и число сердечных сокращений (частота пульса), поэтому, ориентировочно, тепловое состояние можно оценить по приращению (дельте) количества сердечных ударов (табл. 3.2.1)

Таблица 3.2.1

Изменения ЧСС (при различных энергозатратах) организма как показатель его теплового состояния

Тепловое состояние организма	Дельта ЧСС, уд./мин (энерготраты от 60, до 153 ккал/м <sup>2</sup> • ч)
Оптимальное	6 – 32
Допустимое (верхняя граница тепловой нагрузки)	8 – 34
Допустимое (нижняя граница тепловой нагрузки)	5 – 25
Предельно допустимое (верхняя граница тепловой нагрузки). Воздействие не более 3-х часов за смену.	12 – 38
Предельно допустимое (верхняя граница тепловой нагрузки). Воздействие не более 1-го часа за смену.	18 – 44
Предельно допустимое (нижняя граница тепловой нагрузки). Воздействие не более 3-х часов за смену.	4 – 22

Дыхательная система, как один из механизмов «теплосбора» также увеличивает свою работу при возрастании тепловых нагрузок. Если в комфортных условиях частота дыхания равна 12 – 15, то при высокой температуре повышается возбудимость дыхательного центра, что приводит к увеличению числа дыханий до 20 – 26 в минуту.

*Особенности действия инфракрасного излучения. Местное*

## Основы физиологии труда

действие на кожу более выражено при излучении длинного волнового диапазона (3 и 6 мкм). Так, время переносимости облучения интенсивностью  $1400 \text{ Вт/м}^2$  от источника с  $\lambda_{\text{max}} = 3,6 \text{ мкм}$  составляет 2,5 мин, в то время как от источника с  $\lambda_{\text{max}} = 1 \text{ мкм}$  уже 5 мин. За этими пределами появляется эритема, а затем – ожог. У большинства людей непереносимое ощущение сильного жжения возникает при температуре кожи  $44^\circ\text{C}$ .

Различают *острые* и *хронические* формы нарушения терморегуляции. К острым формам при воздействии нагревающего климата относятся:

*тепловая гипертермия* – теплоотдача при повышенной относительной влажности воздуха (75-80%) – легкое повышение температуры тела, обильное потоотделение, жажда, небольшое учащение дыхания и пульса. При более значительном перегреве возникает также одышка, головная боль и головокружение, затрудняется речь;

*судорожная болезнь* – преобладание нарушения водно-солевого обмена (различные судороги, особенно икроножных мышц, большая потеря пота и сгущение крови, замедление ее движения по сосудам – гипоксия тканей организма). Судорожная болезнь появляется в результате ускоренного вымывания микроэлементов из организма с потом. В условиях высоких температур воздуха нельзя пить «*просто воду*», необходимо пить чай, морсы, минерально-витаминные концентраты или слабо подсоленную воду (по этой причине в «горячих» цехах устанавливают сатураторные установки);

*тепловой удар* – потеря сознания, повышение подмышечной температуры до  $40\text{-}41^\circ\text{C}$ , слабый учащенный пульс. Признаком тяжелого поражения при тепловом ударе является полное прекращение потоотделения.

Работа в условиях нагревающего климата через 10 лет стажа, как правило, приводит к стойким изменениям в состоянии нервной, эндокринной, сердечно – сосудистой системах, водно-солевого обмена, вызывает радикулиты, невралгии. *Артериальная гипотония* (пониженное кровяное давление) у рабочих «горячих» цехов встречается в 8 раз чаще, чем у населения.

*Катаракта* – хроническое заболевание, проявляющееся частичным или полным помутнением хрусталика глаза. Оно возможно при инфракрасном излучении на рабочем месте более  $1000 \text{ Вт/м}^2$  (у сталеваров, прокатчиков, кузнецов, литейщиков, стеклодувов при наблюдении за открытым пламенем печи, расплавленным металлом, стеклом).

Тепловое состояние организма в условиях охлаждающего микроклимата.

В охлаждающем микроклимате приспособительные реакции организма направлены на ограничение теплопотерь, одновременное увеличение обмена веществ и теплообразования (в 4 раза). Однако эти механизмы мало эффективны при значительных холодовых нагрузках. Спазм и снижение скорости кровотока в сосудах «оболочки» сопровождается существенным увеличением кровотока внутренних органов. Когда напряжение процессов терморегуляции не компенсирует интенсивное холодовое воздействие и происходит снижение температуры тела, развиваются процессы торможения ЦНС (в т.ч. вегетативной). Механизм «периферического спазма» нарушается, происходит расширение сосудов «оболочки» и увеличение теплопотерь. Наступают брадикардия (урежение частоты сердечных сокращений), уменьшение объёма циркулирующей крови, снижение артериального давления, снижение температуры кожи до 12°C, вызывающее локальную болезненность. Уже через 30 мин. пребывания на холоде (-10°C) увеличивается потребление кислорода, которое, при продолжении холодового воздействия начинает уменьшаться на 5% на каждый градус снижения температуры тела. Дыхание становится редким и поверхностным, уменьшается минутный объём дыхания, развивается гипоксия тканей.

При дефиците тепла в организме (недостаток по сравнению с комфортными условиями) до 2,7 кДж/кг поддержание нормальной температуры тела обеспечивается слабым напряжением механизмов терморегуляции (тепловое ощущение «слегка прохладно»). Нарастание дефицита тепла более 6,2 кДж/кг соответствует уже чрезмерному напряжению процессов терморегуляции и снижению температуры тела (тепловое ощущение «очень холодно»).

Резкое охлаждение рук, работающих сопровождается понижением всех видов кожной чувствительности пальцев (на 85%), значительным падением выносливости мышц к статическим усилиям, невозможностью выполнения точных и мелких операций, повышением травматизма. При высокой влажности воздуха и низких температурах возможно *ознобление конечностей* (покраснение, посинение, отёчность рук или ног с зудом и нарушением чувствительности). *Отморожения* возникают как от воздействия низких температур воздуха (пальцев, кистей и стоп, ушей и носа), так и при непосредственном контакте с сильно охлаждёнными предметами. Различают отморожения трёх степеней:

I-я степень (сначала спазм сосудов и побеление кожи, за-

## Основы физиологии труда

тем – их паралич, покраснение и отёк кожи);

II-я степень (гибель клеток кожи, образование пузырей);

III-я степень (гангрена и некроз тканей).

В профессиях (мясообвальщики на мясокомбинатах и колбасных заводах, рабочие рыбоконсервных заводов, лесорубы, геодезисты, геологоразведчики), где имеет место охлаждение рук и ног вследствие непосредственного контакта с мороженым или охлаждённым материалом возможны заболевания: вегетативно-сенсорный полиневрит, ангионевроз, облитерирующий эндартериит.

При общем холодовом воздействии возможны заболевания дыхательной системы (последствия сосудистых реакций): рениты, бронхиты, пневмонии, ангины; обострение таких заболеваний как пояснично-крестцовый радикулит, диабет, невралгии лицевого, тройничного и седалищного нервов.

При нормировании экспозиции охлаждающего производственного микроклимата ориентируются на климатический регион, скорость ветра, физиологические возможности преодоления организмом низких температур во времени и категорию тяжести выполняемой работы (табл. 3.2.2)

Таблица 3.2.2

Классы условий труда по показателям температуры воздуха (нижняя граница) для открытых территорий при наличии регламентированных перерывов на обогрев

Климатический регион, скорость ветра, м/с	Категория работ	Класс условий труда	
		Вредный	Опасный
		3.1	4
IA (особый), 6,8	I	-8,1	<-20,0
	II	-24,3	<- 36,0
IB, 1,3	I	-21,3	<-35,5
	II	-42,0	<-56,0
II, 3,6	I	-2,7	<-13,5
	II	-16,8	<-27,5
III, 5,6	I	+3,5	<-5,9
	II	-8,1	<-17,6

*Оценка теплового баланса* может быть проведена инструментальным (методики представлены в пособии под ред. В.Ф. Кирилловой) и расчётным методами (Н.Т. Витте). При расчётном методе с помощью таблиц и формул находят составляющие уравнения теплового баланса по показателям, полученным при обследовании

## Основы физиологии труда

довании испытуемого работника (масса тела, рост, средневзвешенная температура кожи, влагопотери) и исследовании микроклимата помещения (температура, относительная влажность и скорость движения воздуха, температура окружающих поверхностей).

## ГЛАВА IV СЕНСОРЫ

Информацию о внешней и внутренней среде организм получает с помощью сенсорных систем.

*Сенсорная система* – это специализированные части нервной системы, включающие периферические рецепторы (*органы чувств*), отходящие от них нервные волокна (*проводящие пути*) и клетки центральной нервной системы (ЦНС), сгруппированные вместе (*сенсорные центры*). Этапы и направления работы анализатора представлены на рисунке 4.1

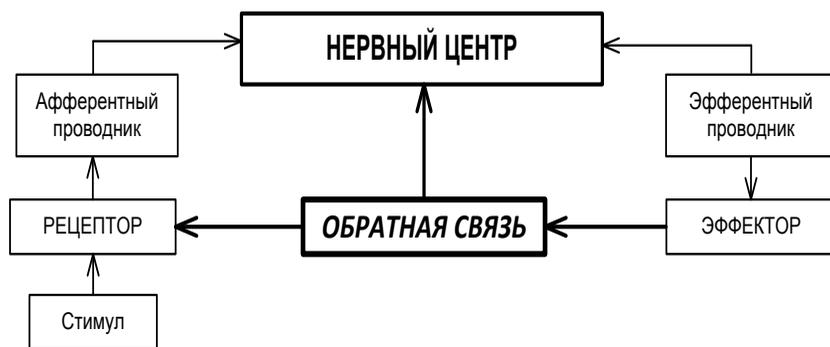


Рис.4.1 Принципиальная модель анализатора

Эффектор, это орган, исполняющий «указания» нервного центра и заставляющий организм адекватно реагировать на поступивший стимул.

По отношению к среде, от которой воспринимаются стимулы, рецепторы подразделяются на:

а) *внутренние* (интерорецепторы) – висцерорецепторы (от внутренних органов: хемо-, баро-, термо-, осмо- и др. рецепторы), проприо- или кинестетические рецепторы (от мышц и сухожилий), вестибулорецепторы (в полости уха);

б) *внешние* (экстерорецепторы) – фоторецепторы (глаза), фонорецепторы (уши), механорецепторы (тактильный и болевой в коже), температурный (кожа), обонятельные (в носовой полости), вкусовые (язык).

Всем рецепторам свойственна *специфичность* – способность реагировать на один вид раздражителя и не реагировать на прочие.

Между физическими характеристиками раздражителя (стимула) и порождаемыми ими субъективными реакциями

Основы физиологии труда

(ощущениями) существует взаимосвязь. В основе её понимания лежит понятие о пороге ощущения. Под *порогом* понимают некую границу в ряду раздражителей, отделяющую сигналы, которые вызывают один, от сигналов, вызывающих другой ответ или вообще не вызывающих ответа.

Основные параметры анализаторов, учитываемые при обеспечении достаточной надежности деятельности человека в ходе производственного приема и анализа сигналов представлены в табл. 4.1.

Таблица 4.1.

Основные параметры анализаторов

Параметр	Содержание параметра и способы его определения
Абсолютный порог ощущения	Минимальное значение раздражителя, при котором возникает ощущение (в зависимости от вида раздражителя абсолютный порог измеряется в единицах энергии, давления, температуры, количества или концентрации вещества). Интенсивность ощущения ( $E$ ) выражается законом Вебера-Фехнера: $E = K \cdot \lg J + C$ , где $J$ - интенсивность раздражителя, $K$ и $C$ – константы, определяемые данной сенсорной системой.
Нижний порог чувствительности	Минимальная, адекватно ощущаемая интенсивность сигнала
Верхний порог чувствительности	Максимальная, адекватно ощущаемая интенсивность сигнала (предельно-допустимая интенсивность близка к болевому порогу)
Диапазон чувствительности	Все значения раздражителя от абсолютно-го до болевого порогов чувствительности
Дифференциальная чувствительность к изменению частоты сигнала	Минимальное значение частоты сигнала ( $F$ ), ощущаемое человеком: - абсолютный дифференциальный порог ( $\Delta F$ ); - относительный дифференциальный порог ( $\Delta F/F \cdot 100\%$ )

## Основы физиологии труда

Дифференциальная чувствительность к изменению интенсивности сигнала	Минимальное изменение интенсивности сигнала ( $J$ ), ощущаемое человеком: - абсолютный дифференциальный порог ( $\Delta J$ ); - относительный дифференциальный порог ( $\Delta J/J \cdot 100\%$ ), где $J$ - исходная интенсивность
Диапазон спектральной чувствительности	Для зрительного, слухового и вибрационного анализаторов измеряют верхний и нижний пороги по частоте и длине волн
Минимальная длительность сигнала, необходимая для возникновения ощущений	<i>Латентный период</i> – время (с) от начала воздействия раздражителя до появления ответа (сенсомоторная реакция)
Адаптация	Приспособление к силе раздражителя через привыкание (снижение чувствительности) к постоянно действующему раздражителю
Сенсибилизация	Повышенная чувствительность

При величине раздражителя, равной абсолютному порогу (т.е. при  $J = J_0$ ), ощущение  $E = 0$ . Из закона Вебера – Фехнера следует, что с увеличением интенсивности раздражителя величина его ощущения растёт значительно медленнее, чем сам раздражитель – по логарифмическому закону (если интенсивность раздражителя возрастает в 100, в 1000 раз, то величина ощущения по закону натурального логарифма увеличивается соответственно в  $\sim 4,6$ , в  $\sim 6,9$  раза).

При оценке пороговых показателей нельзя не учитывать и способность анализаторов к *адаптации*, т.е. к самонастройке. Благодаря адаптации анализаторы повышают свою чувствительность к восприятию сигналов малой интенсивности (близким к абсолютным порогам) и, наоборот, понижают чувствительность при восприятии сигналов, приближающихся к верхнему порогу.

Временные характеристики рецепции позволяют судить о физическом состоянии работника (оператора), уровне его загруженности, степени утомления. Элементарной разновидностью реакции является *простая сенсомоторная реакция*: человек с максимальной скоростью выполняет заданное ему движение (нажимает на кнопку, переключает рычаг) в ответ на заранее известный, но внезапно появившийся сигнал. Время задержки с ответом

складывается в этом случае из скрытого – латентного периода (от момента появления сигнала до начала ответного движения) и времени моторного периода (длительности ответного действия). Чем сильнее сигнал, тем короче латентная и моторная составляющая времени реакции. За счёт увеличения интенсивности сигнала время реакции на него может уменьшаться в 4 раза и более.

Величина латентного периода (в секундах) у различных анализаторов колеблется: 1) тактильный (прикосновение) – 0,09 – 0,22; 2) слуховой (звук) – 0,12 – 0,18; 3) зрительный (свет) – 0,15 – 0,22; 4) обонятельный (запах) – 0,31 – 0,39; 5) температурный (тепло-холод) – 0,28 – 1,6; 6) вестибулярный аппарат (вращение) – 0,4; 7) болевой – 0,13 – 0,89.

Сенсорная работоспособность может меняться в зависимости от напряжённости и специфики труда, от уровня активации нервной системы, от условий производственной среды (т.е. от состояния организма в целом).

#### 4.1. Краткая анатомо-физиологическая характеристика анализаторов человека

**Зрительный анализатор.** Оптическая система глаза включает роговицу, переднюю камеру глаза, хрусталик, заднюю камеру, стекловидное тело. Физиологическое значение этой системы заключается в создании изображения на сетчатке.

Приспособление глаза к ясному видению разноудаленных предметов называется *аккомодацией*, которая осуществляется путем изменения кривизны хрусталика (т.е. изменения его преломляющей способности) и выражается в *диоптриях*.

Выделяют три основных вида аномалии рефракции:

1. *Близорукость* (миопия) – фокус глаза расположен не на сетчатке, а перед ней. Корректируется миопия вогнутыми линзами («минус»).

2. *Дальнозоркость* (гиперметропия) – фокус глаза находится за сетчаткой (коррекция выпуклыми линзами «плюс»).

3. *Астигматизм* неодинаковая преломляющая сила в разных плоскостях или отделах оптической системы (коррекция цилиндрическими линзами).

Глаз различает семь основных цветов и более сотни оттенков. Наибольшая чувствительность в условиях дневного освещения ( $B = 9,56 \text{ кд/м}^2$ ) достигается при длине волн 554 нм (в желто-зеленой части спектра) и убывает в обе стороны от этого значения.

Различие предмета на фоне других определяется контра-

## Основы физиологии труда

стом его с фоном. Для практических целей используют показатель, именуемый *порогом контрастной чувствительности*. Величина контраста оценивается количественно, как отношение яркости (кд/м<sup>2</sup>) предмета и фона к большей яркости:

$$\text{Кпр} = (Вф - Воб) / Вф \cdot 100\%; \quad (28)$$

$$\text{Коб} = (Воб - Вф) / Воб \cdot 100\%, \quad (29)$$

где  $Воб$  и  $Вф$  – яркости объекта и фона.

Временные характеристики восприятия сигналов:

привыкание к темноте (неполная темновая адаптация) длится от нескольких секунд до нескольких минут;

– восприятие мелькающего света (критическая частота слияния мельканий) от 14 до 70 Гц.

При оценке восприятия пространственных характеристик острота зрения характеризуется минимальным углом, под которым две точки видны как отдельные. При оптимальной освещенности порог разрешения составляет от 1° до 5 минут.

*Бинокулярное* поле зрения охватывает в горизонтальном направлении 120-180°, по вертикали вверх – 55-60° и вниз – 65-72°. Опознание взаимного расположения, форм объектов возможно в границах: вверх-25, вниз-35, вправо и влево – по 32° от оси зрения. Точное восприятие зрительных сигналов и четкое разделение деталей возможно только в центральной части поля зрения размером 3° от оси во все стороны.

*Глубинное* зрение связано с восприятием пространства. Ошибка восприятия абсолютной удаленности составляет 12% при дистанции 30м.

В *сетчатке* глаза находится около 125 млн. *палочек* и 7 млн. *колбочек*. Палочки различают только градации серого цвета и отлично работают при минимальном освещении. Колбочки действуют при ярком свете и различают цвета.

Нарушения цветового зрения (*дальтонизм*) это наследственная аномалия, которая может проявляться в слепоте

а) на один из основных цветов, при сохранении восприятия других (протанопия – слепота на красный цвет, дейтеранопия – слепота на зеленый цвет, тританопия – слепота на фиолетовый и синий цвет);

б) монохроматизме (полной цветовой слепоте).

Слуховой анализатор. Орган слуха анатомически делится на 3 отдела (табл. 4.2.)

Таблица 4.2.  
Анатомические отделы органа слуха

Анатомический отдел	Компоненты отдела уха и их роль в звуковой рецепции
Наружное ухо	Ушная <i>раковина</i> – рупорная функция. Слуховой <i>проход</i> – проводник звукового колебания. Барабанная <i>перепонка</i> – улавливание и передача колебания в среднее ухо через молоточек.
Среднее ухо	Косточки: молоточек, наковальня и стремечко (звукопроводящий аппарат)
Внутреннее ухо	Улитка – костный извитой канал со сложным звуковоспринимающим аппаратом.

Барабанная перепонка имеет воронкообразную форму и толщину 0,1 мм. В ее внутреннюю сторону вплетена рукоятка молоточка. Молоточек сочленен с наковальней, наковальня со стремечком, а стремечко прилежит к овальному окну вестибулярной лестницы полости улитки. Система косточек работает по принципу механического усилителя звуковых колебаний как за счет разности в длине рычагов, так и за счет меньшего размера овального окна по сравнению с барабанной перепонкой (3,2 мм<sup>2</sup> и 70 мм<sup>2</sup> соответственно, что усиливает звук в 22 раза). Это важно, т.к. требуется достаточная сила колебаний для приведения в движение жидкости внутреннего уха (эндолимфы).

Имеются 2 мышцы, степень сокращения которых меняется в зависимости от громкости звука (регуляция пропускаемой в ухо энергии). Этот рефлекс срабатывает через 10 мс после подачи громкого звука. Его дуга замыкается в стволовом отделе мозга. Одна мышца натягивает барабанную перепонку, другая фиксирует стремечко и ограничивает его движение.

Евстахиева труба соединяет барабанную полость среднего уха с носоглоткой, чем выравнивается давление в барабанной полости и внешней среде (например, «продувание ушей» при глотательных движениях, совершаемых пассажиром самолета).

Диапазон звуков, воспринимаемых человеком, находится в интервале 16-20000 Гц. Максимальная чувствительность уха лежит в диапазоне частот 1000 – 3000 Гц. Дифференциальная чувствительность частоты составляет 2-3 Гц (более 7 Гц считается плохим признаком). Слышимость (обнаружение звукового сигнала) начинается с его продолжительности более 0,1 с. Верхний

предел слышимости (болевого порог) составляет 130-140 дБ. Нормативом шепотной речи (нижний порог чувствительности) считается четкое ее восприятие на расстоянии 8 м. Абсолютный порог слышимости имеет тенденцию с возрастом уменьшаться. Сильные и длительные звуковые раздражения в производственных условиях приводят к поражению волосков рецепторных клеток, их гибели и снижению слуха, вплоть до его потери.

Важным условием восприятия *речи* человеком-оператором является различие длительности и интенсивности отдельных звуков и их комбинаций. Время длительности произнесения гласного звука равно примерно 0,36 с, согласного 0,02-0,03 с. Оптимальным считается *темп* 120 слов/мин, а *интенсивность речи* должна превышать интенсивность шумов на 6,5 дБ. При значительном увеличении уровня речи и шума до 120 и 115 дБ (соответственно) разборчивость речи ухудшается на 20%.

Вестибулярный анализатор. Рецепторный отдел анализатора расположен в толще височной кости, представлен тремя полукружными каналами и двумя мешочками преддверия. Полукружные каналы расположены во взаимно перпендикулярных плоскостях. Внутри их находится перепончатый лабиринт, заполненный эндолимфой, а снаружи омывается перилимфой. *Полукружные каналы имеют ампулы, где находятся рецепторные волосковые клетки, раздражаемые потоком эндолимфы, возникающим при изменении положения головы и всего тела.*

Адекватные раздражители полукружных каналов – угловые ускорения в различных плоскостях. Раздражители отолитового аппарата – линейные ускорения, тряска, качка, наклоны головы или тела. Порог различения ускорения  $2 - 20 \text{ см/с}^2$  ( $2 - 3^\circ/\text{с}^2$  для угловых ускорений), порог различения наклона – около  $2^\circ$ .

Характеристика кожного анализатора.

Каждый микроучасток кожи обладает наибольшей чувствительностью к тем раздражителям (сигналам), для которых на нем имеется наибольшая концентрация соответствующих рецепторов – болевых, тактильных и температурных. В норме на  $1 \text{ см}^2$  кожи в среднем насчитывают 100 – 200 болевых, около 25 тактильных, 12 – 15 холодových и 1 – 2 тепловых рецептора.

*Тактильная рецепция.* Выделяют три вида тактильных рецепторов: давления, прикосновения и вибрации.

Рецепторы *давления* расположены в глубоких слоях кожи и работают как пропорциональные датчики (частота импульсов пропорциональна силе раздражителя). Порог раздражения различных участков тела различен и колеблется от 50 мг до 30 г.

## Основы физиологии труда

Рецепторы *прикосновения* имеются на голой коже, коже, покрытой волосами и в сосудах кожи. Реагируют только на изменение силы, поэтому способны адаптироваться (дифференциальные датчики). Пороги ощущений: для кончиков пальцев рук – 3 г/мм<sup>2</sup>, на тыльной стороне пальца – 5 г/мм<sup>2</sup>, на тыльной стороне кисти – 12 г/мм<sup>2</sup>, на животе – 26 г/мм<sup>2</sup>, на пятке – 250 г/мм<sup>2</sup>. Порог различения в среднем равен 0,07 исходной величины давления.

Рецепторы *вибрации* расположены в глубоких слоях кожи, реагируют на ускорение изменения воздействия, быстро адаптируются. Наиболее высока чувствительность к частотам 200 – 250 Гц.

*Чувствительность кожи к боли* обусловлена воздействием механических, тепловых, химических, электрических и др. раздражителей. Биологический смысл боли состоит в том, что она, являясь сигналом опасности, мобилизует организм на борьбу за самосохранение. Под влиянием болевого сигнала перестраивается работа всех систем и повышается реактивность организма.

Болевой порог при механическом давлении зависит от места давления: на коже живота – 15 – 20 г/мм<sup>2</sup>, а на коже кончиков пальцев – 300 г/мм<sup>2</sup>. Латентный период около 370 мс. Критическая частота слияния дискретных болевых раздражителей – 3 Гц. Пороговая плотность потока тепла, вызывающая боль, составляет 88 Дж/(м · с).

*Температурная чувствительность.* При контактном воздействии температурное ощущение возникает уже на площади в 1мм<sup>2</sup>, при лучевом – начиная с 700 мм<sup>2</sup>. Латентный период температурного ощущения равен 0,2 с. Абсолютный порог чувствительности определяется по минимально ощущаемому изменению температуры участков кожи относительно *физиологического нуля* (собственной температуры данной области кожи, адаптировавшейся к внешней температуре). Физиологический нуль для различных областей кожи достигается при температурах среды между 12-18 °С и 41-42 °С. Для тепловых рецепторов абсолютный порог составляет 0,2 °С, для холодových – 0,4°С. Порог различной чувствительности составляет примерно 1°С.

*Центростремительное проведение возбуждения* от рецепторов кожи происходит по чувствительным нервным волокнам, которые подразделяются на три группы:

группа А – (покрытые толстой миелиновой оболочкой) по которым афферентный импульс проводится со скоростью 12 – 120 м/сек;

## Основы физиологии труда

группа В – (с тонкой оболочкой) проводят импульс со скоростью 3 – 14 м/сек;

группа С (без миелиновой оболочки) – скорость проведения импульса – 1 – 2 м/сек. Волокна группы А служат проводниками тактильной и глубокой чувствительности, группы В – проводят болевые и тактильные раздражения, группы С – как правило, проводят болевые раздражения.

Кинестетический анализатор. Проприорецепторы обеспечивают получение центральной нервной системой информации о состоянии локомоторного аппарата и положении тела в пространстве. Имеется три вида таких рецепторов:

Мышечные (реагируют на скорость и силу растяжения).

Сухожильные (возбуждаются в момент сокращения).

Суставные (возбуждаются в момент движения в суставе).

Возможности двигательного аппарата человека – оператора представляют определенную значимость при конструировании системы «человек-машина» (органов управления, защитных устройств).

Сила сокращения мышц колеблется в широких пределах. Например, номинальная сила кисти (450-650 Н) при соответствующей тренировке может быть доведена до 900 Н. Сила сжатия, в среднем равная 500 Н для правой и 450 Н для левой руки, может увеличиваться в два раза и более.

Оптимальные усилия на органы управления:

для рукояток 20-40 Н (100 Н – максимальное);

для кнопок, тумблеров, переключателей легкого типа 14-16 Н, тяжелого – 60-120 Н;

для ножных педалей управления – 20-50 (используемых часто), до 300 Н (используемых редко);

для рычажного управления 20-40 (используемых часто), до 120-160 Н (используемых редко).

Диапазон скоростей, развиваемых движущимися руками человека, находится в пределах 0,01 – 8000 см/с. Чаще используются скорости порядка 5 – 800 см/с. Скорость движения больше в направлении к себе, чем от себя; в вертикальной плоскости, чем в горизонтальной; сверху вниз, чем снизу-вверх; вперед-назад, чем вправо-влево; слева направо для правой руки и справа налево для левой. Вращательные движения в 1,5 раза быстрее поступательных.

Обонятельный анализатор предназначен для восприятия человеком различных запахов (их диапазон охватывает до 3000 наименований). Рецепторы расположены на участке площадью

около 2,5 см<sup>2</sup> слизистой оболочки в носовой полости. Они представляют клетки, снабженные микроскопическими выростами – обонятельными ресничками, окутанными слизью. Пахучие молекулы растворяются в слизи и впитываются ресничками. Далее информация о запахе попадает по обонятельному нерву в переднюю часть головного мозга где происходит анализ и узнавание запаха.

Условиями восприятия запахов являются летучесть и растворимость в жирах пахучего вещества; движение воздуха, содержание молекул пахучего вещества в области обонятельного анализатора.

Абсолютный порог обоняния измеряется долями миллиграмма вещества на литр воздуха (мг/л). Запахи могут сигнализировать человеку о нарушениях в ходе технологического процесса и об опасностях. Однако необходимо учитывать, что возможны врожденная и приобретенная на производстве потери обоняния (аносмия). Аносмию могут вызвать вещества, обладающие прижигающим эффектом и вызывающие атрофические явления на слизистый нос.

Вкусовой анализатор. Различные участки языка воспринимают вкус по-разному:

- одни чувствительны к сладкому (кончик языка);
- другие – к соленому (справа и слева от рецепторов, реагирующих на сладкое, т. е. от кончика, но глубже по краю);
- третьи - к кислому (справа и слева по краю языка, но глубже от соленого рецепторного поля);

и, наконец – к горькому (поле, лежащее глубоко, у корня языка в его центре). Все остальные разновидности ощущений есть комбинация этих четырех вкусов. Абсолютные пороги вкусового анализатора выражаются в величинах концентраций раствора, и он примерно в 10000 раз выше, чем обонятельного. Восстановление вкусовой чувствительности после воздействия различных раздражителей заканчивается через 10-15 мин.

## **4.2 Влияние факторов производственной среды на сенсорные функции**

Изменения состояния сенсорных систем возможны при действии на организм микроклиматических факторов. При тепловом стрессе (повышение температуры тела до + 38°С и выше) снижается пропускная способность зрительного анализатора, его лабильность, сужается поле зрения, увеличивается площадь слепых пятен, увеличивается время зрительно-моторных дифференциро-

## Основы физиологии труда

вочных реакций. Термический фактор отрицательно сказывается на состоянии кинестетического анализатора, нарушая качество регулирующих движений. В тех случаях, когда гипертермия в сочетании с шумом сопровождается значительной физической нагрузкой, слуховая чувствительность понижается на 15 – 25 дБ, увеличиваются латентные периоды слухо-моторных реакций. Низкая влажность при скорости движения воздуха более 1 м/с может оцениваться как неблагоприятный фактор для конъюнктивы и роговицы глазного яблока, а также – для барабанной перепонки (высыхание и образование микротравм с последующим инфицированием).

Наиболее типичные изменения газового состава воздуха, влияющие на сенсорные функции, – гипоксия и гиперкапния. При уменьшении содержания кислорода во вдыхаемом воздухе до 12% появляются такие зрительные расстройства как ухудшение пространственного зрения, снижение абсолютной световой чувствительности, сужение поля зрения и расширение слепого пятна. Вдыхание воздуха, содержащего 3,5% углекислого газа, понижает способность к различению яркости, а при большой продолжительности угнетает остроту слуха. При концентрациях углекислоты выше 6% возрастают латентные периоды зрительных последовательных образов, повышаются слуховые пороги на 15 – 20 дБ.

В физиологической акустике предметом исследования является действие стационарного шума на слух человека, т.е. шума с постоянным спектром частот и неизменной громкостью. Однако непостоянный, хаотичный шум более вреден, чем постоянный. Изменения звукового давления в пределах 40 – 70 дБ оказывают больший эффект на слуховой анализатор, чем постоянный уровень 80 дБ. Наиболее неблагоприятное действие на слух оказывают импульсные шумы. Высокие уровни шума затрудняют речевую коммуникацию. Человеческий голос максимальной громкости соответствует звуковому давлению 105 дБ. Обычная разговорная речь не превышает уровня 50 – 75 дБ. Поэтому в рабочем пространстве, где осуществляется речевой обмен, уровень шума не должен превышать 55 дБ. Уровень шума 20дБ не мешает разборчивости речи; при уровне помех 40 дБ разборчивость речи не превышает 75%; при шуме 70 дБ речь становится неразборчивой. При шуме 75 дБ практически исключается возможность использования телефонной связи. Результатом профессионального воздействия шума часто является сенсорная тугоухость различной степени выраженности.

На сенсорные системы оказывает действие и вибрация. В объектах подвижной техники основной её источник – двигатель. При перемещении машин по пересечённой местности на тело человека действуют толчки, ускорения, тряска, создающие дополнительную нагрузку на мышечную систему и вестибулярный анализатор. Действуя на человека вдоль вертикальной оси, вибрация выше 15 Гц снижает остроту зрения, а способность следить за колебательными движениями она нарушает при частотах менее 4 Гц. Толчки, тряска и периодическая вибрация ухудшают точность и координацию движений за счет нарушения адекватной афферентации. При действии угловых ускорений снижается скорость переработки зрительной информации. Результатом длительного воздействия локальной вибрации на верхние конечности обычно является вибрационная болезнь, сопровождающаяся расстройством всех видов чувствительности (температурной, болевой, тактильной).

Освещение рабочих мест влияет на работу зрительного анализатора. Чем выше разряд зрительных работ, тем больший уровень освещённости рабочей поверхности требуется. Однако при организации системы освещения рабочей зоны необходимо учитывать и такие возможные отрицательные моменты как избыточная яркость, прямая и отражённая блёкость, стробоскопический эффект (нарушение восприятия вращающихся предметов), высокий уровень коэффициента пульсации ламп, недостаточная контрастность объекта различения и фона, недостаточная переадаптация зрения (например, у водителей транспорта в ночное время при въезде на ярко освещённые участки пути).

### 4.3 Взаимоотношение сенсорных систем

Каждая сенсорная система функционирует во взаимосвязи с другими. Было установлено, что возможности параллельного приёма сигналов у человека весьма ограничены, особенно если эти сигналы логически не связаны между собой; в таком случае один сигнал может служить помехой для восприятия другого. Однако на промышленном производстве чаще приходится иметь дело с восприятием сигналов логически связанных или дублированных по нескольким сенсорным каналам. Время реакции на одновременное предъявление дублированных сигналов по каналу зрения и слуха оказывается меньшим, чем время наиболее быстрой реакции на каждый из отдельных сигналов.

## 4.4 Динамика сенсорной работоспособности

*Сенсорная работоспособность* – это способность к поддержанию сенсорной деятельности на требуемом уровне в течение заданного времени. Следует подчеркнуть, что сенсорная работоспособность и сенсорное утомление – суть не одно и то же. Сенсоры могут «плохо работать» по целому ряду причин, не связанных с утомлением, а определяемых качеством производственной среды. Например, экстремальные воздействия на рецепторный аппарат в течение короткого времени могут вывести его из строя, не вызывая утомления (временное ослепление после импульсных световых воздействий, или временная глухота после взрыва). Вестибулярный нистагм (непреднамеренное движение глазных яблок) ухудшает функцию зрительного слежения в 1,5 раза, а укачивание ограничивает сенсомоторную деятельность. Появление иллюзий пространственного положения и нарушение функций вестибулярного аппарата после 2-х суточного шума интенсивностью 100 дБ исключает возможность деятельности, требующей хорошей пространственной ориентировки.

Одна из ведущих отрицательных особенностей однообразного труда – монотония. В основе развития *сенсорной монотонии* лежит преобладание процессов торможения в коре головного мозга, развивающееся при действии однообразных повторяющихся раздражителей. При этом снижается возбудимость анализаторов, рассеивается внимание, снижается скорость реакций и быстро наступает сенсорное утомление.

Динамика сенсорной работоспособности идентична физической работоспособности т.к. претерпевает те же стадии (рисунок 1.1). Началом развития сенсорного утомления считается фаза субкомпенсации. Но у сенсорного утомления имеется особенность, не свойственная мышечному утомлению: наиболее важная для профессиональной деятельности функция утомляется относительно меньше, чем другие. Происходит своеобразное физиологическое перераспределение сенсорного утомления, при котором за счёт активности отдельных центров в коре головного мозга обеспечивается высокий уровень приоритетной для работы функции.

Отмечены случаи снижения сенсорной работоспособности, обусловленные очень продолжительным или интенсивным воздействием того или иного фактора. Например, после 1 часа шума интенсивностью 120 дБ требуется 5 часов для полного восстановления слуха, а после 4 часов воздействия восстановление длится до 20 часов.

## 4.5 Методы исследования анализаторов

Методы исследования функционального состояния анализаторов применяются для оценки работоспособности, определения степени утомления, а также для выявления ранних признаков профессиональных поражений при действии вредных факторов производственной среды.

### Кожный анализатор

#### *Исследование болевой чувствительности.*

В норме человек чувствует все уколы, наносимые остриём булавки в симметричные участки кожи туловища и конечностей. При изменении чувствительности возможно отсутствие реакции на укол (анестезия), снижение (гипестезия) или усиление (гиперестезия) реакции.

При исследовании болевой чувствительности с помощью прибора альгезиметра норма показателя на тыльной поверхности кисти составляет 0,26-0,38мм; на ладонной поверхности пальцев кисти 0,2-0,55мм.

#### *Исследование вибрационной чувствительности.*

Определяют длительность ощущения колебаний камертона (с числом колебаний 128 или 256 в мин.) после установки ножки камертона на участке кожи конечности. При изменении чувствительности наблюдается ослабление или сокращение времени ощущения вибрации (гипестезия) или отсутствие ощущения (анестезия).

При исследовании с помощью паллестезиометров на частотах 63, 125 и 250 Гц проводят 6 измерений (3 по восходящей: от неощутимой до явноощутимой вибрации и 3 – по нисходящей) чувствительности III или IV пальцев руки и рассчитывают среднюю величину.

#### *Исследование температурной чувствительности.*

Используют две пробирки, одну с горячей (около 40°C), другую с холодной (18-22°C) водой, поочередно прикладывая их к симметричным участкам туловища и конечностей. В норме человек легко распознаёт холод и тепло.

Определение скрытого времени рефлекторной реакции на контактное и радиационное тепло в производственных условиях производят с помощью хронорефлексометра.

### Слуховой анализатор.

Применяют тональную пороговую аудиометрию, исследование слуха речью и с помощью камертона.

*Камертонным исследованием* определяют остроту слуха при воздушной и тканевой звуко- проводимости (определяют

время в секундах, в течение которого максимально звучащий камертон воспринимается испытуемым). Полученные данные сравнивают с паспортными данными набора камертонов.

Для ориентировочной оценки состояния слуха используют *шепотную и разговорную речь*. Слух считается нормальным при восприятии шепотной речи на расстоянии 6м, и восприятии разговорной речи на расстоянии 60-80м.

*Аудиометрия* даёт качественную и количественную характеристику слуховой функции, выраженную в сравниваемых величинах (в дБ) над нормальным порогом слышимости ( $2 \cdot 10^{-5}$  Па), заложенным в прибор в виде нулевого уровня. Строят аудиограмму (на оси абсцисс – частота в герцах, на оси ординат – порог слухового восприятия в дБ).

Аудиометрическое исследование с целью установления потерь слуха (постоянное смещение порога слышимости) проводится не менее чем через 14 ч после воздействия на исследуемого производственного шума с уровнем более 80 дБ.

Аудиометрическое исследование с целью определения временных смещений порогов слышимости (обратимое функциональное изменение слуховой чувствительности) проводят на 5-й минуте после прекращения шумового воздействия на исследуемого.

## ГЛАВА V РЕЖИМ ТРУДА И ОТДЫХА

### 5.1 Рациональные режимы труда и отдыха

Главным назначением выделяемого времени на отдых является уменьшение развивающегося в процессе труда утомления, профилактика переутомления, а также – уменьшение экспозиции вредного производственного фактора (принцип «защиты временем»).

Разработка рациональных режимов труда и отдыха заключается в организации физиологически обоснованной сменности и длительности рабочей смены (неполный рабочий день, гибкие и скользящие графики, технологические перерывы и пр.) перерывов на обед и отдых с учётом специфики технологии, половозрелого состава работающих и закономерностей динамики работоспособности человека в различные отрезки времени.

Длительность, частота и содержание отдыха внутри смены устанавливаются в зависимости от степени утомления работающих и содержания их труда.

Регламентированный отдых должен осуществляться в благоприятных условиях (работа при охлаждающем климате – отдых в комнатах обогрева, работа в нагревающем климате – отдых с охлаждением организма, работа в условиях психического напряжения – отдых в комнатах эмоциональной разгрузки и т.д.). Для обеспечения таких условий проектируются специальные помещения и площадки.

Научная разработка рациональных режимов труда персонала предприятия осуществляется при использовании Межотраслевых рекомендаций НИИ Труда «Типовые внутрисменные режимы труда и отдыха рабочих промышленных предприятий» (извлечение представлено в табл. 5.1)

## Основы физиологии труда

Таблица 5.1  
Типовые режимы труда и отдыха

Характеристика работ	Продолжительность и распределение перерывов
С незначительными физическими усилиями или умеренным нервным напряжением	Два перерыва по 5 минут в течение смены: через 2 часа после начала работы и за 1,5 часа до её окончания
Со средними физическими усилиями или средним нервным напряжением	Два перерыва по 10 минут в течение смены: через 2 часа после начала работы и за 1,5 часа до её окончания
Не требующие значительных физических усилий, но неблагоприятные по монотонности, неудобству позы и темпу работы	Четыре перерыва по 5 минут в течение смены, через каждые 1,5 часа работы
С большим напряжением при высоком темпе, неблагоприятных условиях (загрязнённость воздуха, вибрация, тепловое излучение)	Перерывы в течение каждого часа, из них 2 перерыва за смену по 10 минут (один – в первой, другой – во второй половине смены), остальные по 3-5 минут
С очень большими физическими усилиями или при незначительных физических усилиях, но в неблагоприятных условиях	Перерывы по 8-10 минут в течение каждого часа, или 3 перерыва в течение смены по 15-20 минут, из них две – во второй половине смены
Выполняемые в неблагоприятных условиях при высоком темпе и повышенном нервном напряжении	Перерывы по 4-5 минут в течение каждого часа
Выполняемые с большими физическими усилиями в особо неблагоприятных условиях	Перерывы по 12-15 минут в течение каждого часа работы
Выполняемые в благоприятных условиях, но связанные со значительным напряжением внимания	Три перерыва по 5 минут (один – в середине первой половины дня, два – во второй половине дня)

Со значительным напряжением функций мышления	Вводная гимнастика, 5 – минутные физкультурные паузы в первой половине рабочего дня
--	---

В таблице представлены межотраслевые типовые варианты режимов, но при разработке нормативов времени на отдых для конкретных производств, кроме того, необходимо ещё учитывать следующее:

В тех случаях, когда при выполнении работы имеют место перерывы, обусловленные установленной технологией или организацией производства и равномерно распределяющиеся в течение смены, во время которых рабочий практически не работает, они рассматриваются как отдых при нормальных санитарно-гигиенических условиях в цехе. Для того чтобы определить, нужно ли в этом случае предоставлять время на отдых дополнительно, необходимо отдельно подсчитать суммарное время этих перерывов и необходимое время на отдых. Если суммарное время перерывов полностью не перекрывает время на отдых, то при разработке норм времени учитывается только разность указанных величин.

Такой порядок установления нормы времени должен применяться также на тех производствах, где у рабочего в течение смены ручная или машинно-ручная работа регулярно чередуется с периодом *пассивного наблюдения* за ходом аппаратурного или машинно-автоматического процесса. В тех случаях, когда рабочему в период машинно-автоматической работы не поручается выполнение другой работы или обслуживание нескольких агрегатов, время пассивного наблюдения рассматривается как отдых, а норма времени на отдых уменьшается на величину времени пассивного наблюдения. Простой рабочих не должны рассматриваться как время отдыха.

Временем пассивного наблюдения за работой оборудования называется время, в течение которого нет необходимости в наблюдении за работой оборудования или технологическим процессом, но рабочий производит его в период отсутствия работы, предусмотренной технологией и организацией производства.

При разработке нормативов времени отдыха на работах, для которых режим труда определен специальными постановлениями государственных и профсоюзных органов, а также инструкциями органов технического и санитарно-гигиенического надзора, данная методика не должна применяться. К таким работам относятся ремонт горячих котлов и металлургических печей, кессонные, водолазные работы и др.

Следует подчеркнуть, что выделение времени на отдых за неблагоприятные санитарно-гигиенические элементы условий труда (§5.2) предусматривается лишь в случае невозможности обеспечения на данном этапе улучшения условий труда, связанных с особенностями технологического процесса.

На санитарно-гигиенические элементы условий труда со значениями, не превышающими предельно-допустимые концентрации и уровни (ПДК и ПДУ), время на отдых не выделяется, т.к. в соответствии с ГОСТами эти значения санитарно-гигиенических элементов являются совершенно безвредными и не вызывают «каких-либо отклонений от нормального состояния или заболеваний, обнаруживаемых современными методами исследований».

Время на отдых, выделяемое в зависимости от условий труда, дается в процентах от оперативного времени и в минутах за 8-часовую рабочую смену. При меньшей или большей длительности рабочей смены время на отдых должно пропорционально уменьшаться или увеличиваться. При этом время на отдых определяется в основном в минутах за смену. Способ определения времени отдыха в процентах от оперативного времени применяется лишь в случае, когда первый способ неприменим. Например, это может иметь место в машиностроении на предприятиях мелкосерийного производства, где рабочий в течение смены выполняет различные технологические операции и на каждую операцию ему устанавливается своя норма штучного времени.

Кроме выделения времени на отдых, для ряда элементов условий труда предусматривается ограничение времени пребывания работников в этих условиях без сокращения рабочей смены.

## **5.2 Время на отдых, выделяемое на различные элементы условий труда**

### **5.2.1 Физическая нагрузка**

Физическая нагрузка связана с перемещением груза (орудий и предметов труда) или с затратами физических усилий.

Физическая нагрузка характеризуется весом грузов в килограммах (кг) с учетом времени перемещения груза или выполненной работой в килограммометрах (кг/м). Работающим с физической нагрузкой предоставляется время на отдых (табл.5.2.1).

Таблица 5.2.1

Время на отдых, выделяемое за физическую нагрузку

Вес перемещаемых грузов или затрачиваемые усилия, кг	Время, затрачиваемое на физические усилия (в % от времени смены)	Величина нагрузки в смену, кг/м	Время на отдых в смену	
			мин	% от оперативного времени
6-10	<50	6000 –	4	1
6-10	>50	15000	8	2
11-15	<50	15100 –	8	2
11-15	>50	30000	12	3
16-20	<50	15100 –	12	3
16-20	>50	30000	16	4
21-25	<50	30100 –	16	4
21-25	>50	45000	18	4,5
26-30	<50	30100 –	18	4,5
26-30	>50	45000	20	5
31-35	<50	45100 –	20	5
31-35	>50	60000	24	6
36-40	<50	45100 –	24	6
36-40	>50	60000	28	7
41-45	<50	60100 –	28	7
41-45	>50	75000	32	8
46-50	<50	60100 –	32	8
46-50	>50	75000	36	9
		7		
		5100 –		
		90000		

		75100 –		
		90000		
		90100 –		
		105000		
		90100 –		
		105000		
		105100		
		–		
		120000		
		105100		
		-120000		
		120100		
		–		
		135000		
		1		
		20100 –		
		135000		
		135100		
		–		
		150000		

### 5.2.2. Нервное напряжение

Нервное напряжение обусловлено нервной нагрузкой, одним из психофизиологических элементов условий труда.

Нервное напряжение – состояние преодоления трудности в работе, связанное с ломкого динамического стереотипа. Оно вызывается высоким темпом, сложностью управления машинами (аппаратами), необходимостью поддержания произвольного внимания, дефицитом времени, необходимостью обеспечения безопасности ведения работы, а также стойкими эмоциями. Работающим в условиях нервного напряжения выделяется время на отдых (табл. 5.2.2).

## Основы физиологии труда

Таблица 5.2.2

Время на отдых, выделяемое за нервное напряжение

Характеристика работы	Время на отдых за смену	
	мин.	% от оперативного времени
Работы средней точности. Размер объекта различения 1,1 – 0,51 мм. Работы на подмостках с ограждением. Работы, связанные с напряжением слуха. Работы в подземных забоях	3	0,75
Работы высокой точности. Размер объекта различения 0,5 – 0,31 мм. Работы с ответственностью за материальные ценности (в т.ч. сложные машины, оборудование, дорогостоящее сырьё). Работы по вождению средств транспорта. Работа на небольшой высоте без ограждения, или с ограждением с расплавленным металлом, раскалённым полом металлургических агрегатов. Работа по скачиванию шлака, сливу и заливу раскалённого металла, маркировке, резке раскалённого металла в потоке прокатки.	6	1,5

<p>Работы особой точности. Размер объекта различения 0,3 – 0,15 мм.</p> <p>Работы, выполняемые на высоте, или на подмостках без ограждения, когда применение индивидуальных средств безопасности не учитывается нормами труда.</p> <p>Работа с ответственностью за безопасность окружающих, с риском травматизма.</p>	<p>4</p> <p>1</p>	<p>3,5</p>
<p>Работы наивысшей точности. Размер объекта различения менее 0,15 мм.</p> <p>Работы, связанные с высоким личным риском.</p>	<p>6</p> <p>1</p>	<p>4</p>

### 5.2.3. Рабочая поза и перемещение в пространстве

Рабочая поза – это положение тела и конечностей при выполнении какой-либо работы; поза зависит от выполняемой работы, места и условий ее проведения. При определении позы, учитываются те, в которых работа выполняется не менее 50% времени смены. Расстояние перемещения исполнителя определяется с помощью шагомера. Число фиксированных шагов умножается на 0,75 (среднюю длину шага).

За неудобную рабочую позу выделяется время на отдых (табл. 5.2.3).

Таблица 5.2.3

Время на отдых, выделяемое за рабочую позу

Характеристика основных рабочих поз и перемещений в пространстве	Время на отдых за смену	
	мин.	% от оперативного времени
Фиксированная, «сидя».	4	1
Стоя, частые наклоны и повороты туловища.	8 10	2 2,5
Стоя, вытянув вверх руки.	1	3
Скорчившись в тесных местах, лёжа, на коленях, на корточках.	21 7	4,5
Ходьба от 11 до 16 км. за смену.	2	6
Ходьба свыше 16 км. за смену.	3	

#### 5.2.4. Монотонность работы

Под монотонностью понимается объективная характеристика некоторых видов труда, связанных с длительным выполнением однообразных элементарных действий или с длительным пассивным наблюдением, недостатком притока информации, ограниченным воздействием на кору головного мозга производственных сигналов или раздражителей.

Для оценки монотонности используется длительность однообразных операций, число элементов в операции и условия временной регламентации выполнения деятельности, т. е свободный или заданный ритм работы. За монотонность работы выделяется время на отдых в соответствии с табл. 5.2.4 и 5.2.4.1

## Основы физиологии труда

Таблица 5.2.4  
 Определение времени на отдых в зависимости от степени монотонности труда при заданном ритме работы

Длительность выполнения операции, сек.	Число элементов операции	Время на отдых за смену	
		м ин.	% от оперативного времени
Более 30	8 – 10	-	-
21 – 30	5 – 7	7	2
11 – 20	2 – 5	1	2,5
2 - 10	2 – 5	0	5
		8	

Таблица 5.2.4.1  
 Определение времени на отдых в зависимости от степени монотонности труда при свободном ритме работы

Длительность выполнения операции, сек.	Число элементов операции	Время на отдых за смену	
		м ин.	% от оперативного времени
Более 30	8 – 10	-	-
21 – 30	5 – 7	2	0,5
2 – 20	2 – 5	7	2

## 5.2.5. Темп работы

Темп работы характеризуется количеством движений (рук, ног), производимых в единицу времени, а также числом трудовых действий.

*Трудовое движение* – это простейший и неделимый элемент трудового процесса – однократное перемещение рук, ног, головы, глаз и корпуса исполнителя в процессе труда (например, «протянуть руку», «повернуться», «нагнуться», «разжать пальцы» и т.д.)

*Трудовое действие* – это «комплекс трудовых движений,

имеющих одно целевое назначение и характеризующихся постоянством материальных элементов в течение всего времени его выполнения. Трудовое действие состоит из двух и более трудовых движений и является составной частью трудового приема. Изменение материальных элементов означает начало нового трудового действия. Например, для того, чтобы повернуть болт, нужно выполнить сначала два действия: «взять ключ» и «установить ключ на головку болта». Действие «взять ключ» состоит из двух трудовых движений: «протянуть руку» и «взять (захватить пальцами)». Действие «установить ключ на головку болта» состоит из двух трудовых движений: «переместить ключ к болту» и «совместить ключ с головкой болта». Материальными элементами первого трудового действия является ключ, второго – ключ и болт».

Подсчет числа движений производится с использованием таблиц следующим образом:

1. Трудовая операция расчленяется на движения и описывается
2. Подсчитывается число движений рук в операции.
3. Определяется количество данных операций, выполняемых за смену.
4. Подсчитывается количество трудовых движений за смену по данной операции путем умножения числа трудовых движений в операции на количество операций, выполненных за смену.
5. Аналогично производится подсчет числа трудовых движений в смену по другим операциям.
6. Число движений в смену по всем операциям суммируется.
7. Количество трудовых движений за смену делится на количество минут в смене.

Подсчет числа трудовых действий производится следующим образом:

1. Операция расчленяется на трудовые действия, определяется количество действий в операции.
2. Определяется количество данных операций, выполняемых за смену.
3. Подсчитывается количество выполняемых трудовых действий за смену путем умножения количества действий в операции на количество операций, выполненных за рабочую смену.
4. Аналогично производится подсчет числа трудовых действий в смену по другим операциям.
5. Число трудовых действий по всем операциям суммируется.
6. Определяется количество трудовых действий в час путем деления количества выполняемых трудовых действий за смену на число часов в смене.

В зависимости от темпа работы выделяется время на отдых (табл. 5.2.5).

Таблица 5.2.5

Время на отдых, выделяемое за темп работы

Темп работы		Время на отдых за смену	
Число трудовых движений в минуту	Число трудовых действий в час	м ин.	% от оперативного времени
26 – 60	601 – 1440	3	0,75
61 – 100	1441 – 2400	1	3
Более 100	Более 2400	2	4,5
		7	

### 5.2.6. Гиподинамия и гипокинезия

Под гиподинамией понимают ограничение мышечных усилий, под гипокинезией – ограничение двигательной активности.

В большинстве случаев гиподинамия и гипокинезия сопровождают монотонные виды труда или виды труда с фиксированной рабочей позой. Поскольку в данной работе предусматривается выделение времени на отдых за «монотонность работы» и «рабочую позу», то не следует специально выделять время на отдых за сопровождающие их гиподинамию и гипокинезию. Эти элементы учитываются при определении характера отдыха, при этом время на отдых, выделенное на другие элементы, заполняется физкультурно-оздоровительными мероприятиями. Кроме того, при видах труда с гиподинамией и гипокинезией рекомендуется применение активного отдыха и во вне рабочее время.

### 5.2.7. Метеорологические условия

К метеорологическим условиям на производстве относятся температура (в °С), влажность (в процентах), подвижность воздуха (м/сек.) и инфракрасное (тепловое) излучение (кал/см<sup>2</sup> мин.).

Время на отдых выделяется для работ с повышенной температурой воздуха и повышенным тепловым излучением (табл. 5.2.7 и 5.2.7.1).

Таблица 5.2.7

## Основы физиологии труда

## Время на отдых в зависимости от температуры воздуха

Температура воздуха, °С в рабочей зоне	Время на отдых в смену	
	мин	% от оперативного времени
25 -28	4	1
29 – 31	8	2
32 – 35	11	3
36 - 40	15	4

При снижении относительной влажности до 20% и повышении ее более 75% время на отдых следует увеличивать в 1,2 раза. При снижении влажности до 10% и повышении ее свыше 80% время на отдых увеличивается в 1,3 раза.

При тяжелой физической работе (работа по переноске груза суммарно за смену составляет 83000 кг/м и более) время на отдых, выделяемое за повышенную температуру, увеличивается в 4 раза.

При работе в условиях повышенной температуры воздуха отдых следует проводить в специальных помещениях или в радиационных кабинах. Кроме того, в этих условиях особую важность приобретает соблюдение питьевого режима.

Работающим на открытых рабочих площадках при низких температурах соответствующими документами предусматривается время на перерывы для обогрева. В этот период работник, естественно, отдыхает. При температуре -25°C и ветре 8 – 10 м/сек или температуре -30 ... -40 и ветре 5 м/сек, а также при температуре ниже -40°C при штиле работу на открытом воздухе рекомендуется прекращать из-за суровости погоды. Отдельные виды работ могут допускаться лишь по согласованию с органами здравоохранения.

Выполнение работ при температуре воздуха +35°C и относительной влажности 100%, а также при температуре воздуха +45°C и любой влажности опасно для здоровья и для жизни и может допускаться с особого разрешения органов здравоохранения.

При работе в условиях инфракрасного (теплового) излучения следует применять средства индивидуальной защиты. Суконная спецодежда, каска и обувь задерживают около 75% лучистого тепла (табл. 5.2.7.1).

Таблица 5.2.7.1

Время на отдых в зависимости от инфракрасного

(теплового) излучения

Фактическая величина излучения, кал/см <sup>2</sup> мин	Время на отдых в смену	
	мин	% от оперативного времени
0,6 – 1,0	4	1
1,1 – 2,0	8	2
2,1 – 3,0	11	3
3,1 – 4,0	15	4
4,1 – 5,0	19	5

### 5.2.8. Вредные вещества

Вредными веществами называют вещества, которые при контакте с организмом человека в случае нарушения требований безопасности могут вызывать производственные травмы, профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами как в процессе работы, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

Время на отдых выделяется в зависимости от концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны (табл. 5.2.8).

Таблица 5.2.8

Время на отдых, выделяемое за вредные вещества

Концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны (кратность превышения ПДК)	Время на отдых в смену	
	м ин.	% от оперативного времени
До 2,5	6	1,5
От 2,6 до 4	9	2,5
От 4,1 до 6	1	3,5
Более 6	3	4,5
	7	

Так как установлено, что влияние вредных веществ усиливается в условиях высокой температуры воздуха и значительной физической нагрузки, рекомендуется ко времени отдыха, выделяемому за вредные вещества, вводить коэффициенты 1,2 в случае наличия высокой температуры воздуха или интенсивной физической нагрузки и 1,4 в случае наличия обоих факторов.

### 5.2.9. Производственный шум

Беспорядочное сочетание звуков, состоящее из большого количества тонов различной частоты и силы, называется шумом. Шум характеризуется определенным частотным составом, или спектром и силой, или интенсивностью.

Для ориентировочной оценки шума допускается пользоваться общим его уровнем, измеренным по шкале «А» шумомера и именуемым «уровнем звука» в дБА. Время на отдых выделяется по табл. 5.2.9.

Таблица 5.2.9

Время на отдых, выделяемое за производственный шум

Уровни шума, дБА	Время на отдых в смену	
	ми	% от
	н.	оперативного времени
85 - 89	4	1
90 - 94	5	1,5
95 - 99	7	2
100 - 104	10	2,5
105 - 109 <*>	12	3
110 - 115 <*>	16	4

<\*> Работа выполняется с использованием средств индивидуальной защиты при соблюдении условий техники безопасности (индивидуальная радиосвязь, световая сигнализация и пр.).

### 5.2.10. Ультразвук

Ультразвуки (неслышимые звуки) представляют собой механические колебания упругой среды и отличаются от звуковых волн более высокой частотой, превышающей верхний порог слышимости (20000 Гц); диапазон ультразвуковых колебаний чрезвычайно широк - от  $2 \cdot 10^4$  до 109 Гц. Ультразвук измеряется в децибелах (дБ). В условиях работы с ультразвуком выделяется время на отдых (табл. 5.2.10).

Таблица 5.2.10  
 Время на отдых, выделяемое для работающих с  
 ультразвуком

Амплитуда частоты колебаний	Превышени е ПДУ, дБ	Время на отдых в смену	
		м ин.	% от оперативного времени
От 20 до 40 кГц	До 10	8	2
		1	3
	11 – 20	2	5
		0	
Более 40 кГц	До 10	1	3
		2	5
	11 – 20	2	7
		0	
	Более 20	2	
	8		

### 5.2.11. Вибрация

Вибрация представляет собой механические колебания в области инфразвуковых и частично звуковых частот.

Время на отдых для работающих в условиях вибрации определяется в соответствии с «Положением о режиме труда работников виброопасных профессий», разработанным применительно к своей отрасли министерствами и ведомствами, имеющими предприятия и организации, применяющие вибрирующие машины.

Суммарное время работы в контакте с вибрацией при работе с ручными машинами, удовлетворяющими требованиям санитарных норм и не должно превышать 2/3 рабочей смены. В остальное время следует проводить работы, не связанные с вибрацией. Продолжительность одноразового непрерывного воздействия вибрации, включая микропаузы, входящие в данную операцию, не должна превышать для ручных машин 15 – 20 минут.

Таблица 5.2.11

Допустимая суммарная длительность воздействия вибрации за смену (при пятидневной рабочей неделе)

## Основы физиологии труда

Превышение допустимых уровней виброскорости в октавных полосах частот относительно санитарных норм, дБ (раз)	Допустимая суммарная длительность вибрации за рабочую смену (мин.)	
	Ручные машины	Рабочие места
0 (1раз)	320	480
До 3 (1,41 раза)	160	120
До 6 (2 раза)	80	60
До 9 (2,8 раза)	40	30
До 12 (4 раза)	20	15

При таком режиме (если прочие факторы условий труда соответствуют санитарным нормам) рекомендуется устанавливать, кроме обеденного перерыва длительностью не менее 40 минут, два регламентированных перерыва. Перерывы необходимы для активного отдыха, проведения производственной гимнастики по специальному комплексу и физиопрофилактических процедур: 20 минут через 1 – 2 часа после начала смены и 30 минут через 2 часа после обеденного перерыва.

При необходимости эксплуатации машин, вибрация которых превышает значения, предусмотренные санитарными нормами, после получения от местных центров гигиены и эпидемиологии разрешения на эксплуатацию подобных машин, разрабатываются временные рациональные режимы труда в целях снижения вредного влияния производственной вибрации на работающих.

Соотношение длительности воздействия вибрации и выполнения других операций, не связанных с ней, должно составлять не менее 1: 2. Например, при превышении оптимальных норм вибрации ручной машины до 9 дБ целесообразно устанавливать порядок работы с этой машиной до 10 минут с периодами других видов работы по 20 минут каждый, т.е. (10 мин. + 20 мин. + 10 мин. + 20 мин. + 10 мин. + 20 мин. + 10 мин.) = 100 минут. В остальное рабочее время (480 – 100 = 380 минут) должны проводиться работы, не связанные с вибрацией. Работы с машинами, уровень вибрации которых более чем в 4 раза (более 12 дБ) превышает санитарные нормы, запрещаются.

Для работников виброопасных профессий при наличии других неблагоприятных факторов (шум, температура, токсические вещества, тепловое излучение и др.), превышающих санитарные нормы, режимы труда и отдыха должны устанавливаться на основе изучения изменения работоспособности, отражающей степень неблагоприятного воздействия всего комплекса факторов условий

труда на организм человека.

При работе на машинах, генерирующих общие вибрации (средства транспортировки, самоходные машины и т.д.), в случае невозможности введения внутрисменных режимов устанавливаются режимы рабочих циклов. Для внедрения режимов рекомендуется организация комплексных бригад с взаимозаменяемостью профессий, совмещение профессий.

### 5.2.12. Освещение

Время на отдых в связи с недостаточным освещением не предусматривается, за исключением работ, выполняемых в полной темноте, когда на отдых выделяется 15 – 20 минут в смену.

При работах, связанных с резким ослепляющим светом или с телами, имеющими блестящую поверхность, т.е. при наличии блескости, выделяется время на отдых по табл. 5.2.12.

Таблица 5.2.12

Время на отдых, выделяемое на блескость

Блескость, стильбы (1сб = 10 <sup>4</sup> кд/м <sup>2</sup> )	Время на отдых в смену	
	мин.	% от оперативного времени
0,5 – 1	4	1
1,1 – 2	8	2
2,1 – 3	12	3

### 5.2.13. Электромагнитные поля радиочастот (ЭМП)

Электромагнитные поля радиочастот включают в себя поля высокой частоты ВЧ (60 кГц – 30 МГц), ультравысокой частоты УВЧ (от 30 МГц до 300 МГц) и сверхвысокой частоты СВЧ (от 300 МГц до 300 ГГц).

Электромагнитные поля ВЧ и УВЧ измеряются напряженностью (В/м по электрической составляющей и А/м по магнитной составляющей), поля СВЧ измеряются плотностью потока энергии (Вт/м<sup>2</sup>, мкВт/см<sup>2</sup>).

Время на отдых для работающих в условиях воздействия полей ВЧ и УВЧ выделяется по таблице 5.2.13.

## Основы физиологии труда

Таблица 5.2.13  
 Время на отдых в зависимости от значений электромагнитных полей радиочастот ВЧ и УВЧ

ЭМП радиочастот	Диапазон	Превышение ПДН<*> %	Время на отдых в смену	
			м ин.	% от оперативного времени
ВЧ От 60 кГц до 30 МГц		50 и более	4	1
		25 и более	4	1
УВЧ От 30 МГц до 300МГц		50	8	2
		100 и более	1	3
		2		

<\*> ПДН – предельно допустимая напряженность.

В связи с высокой биологической активностью полей СВЧ ГОСТом предусмотрено ограничение длительности воздействия волн СВЧ на работающих (табл. 5.2.13.1).

Таблица 5.2.13.1

Ограничение длительности воздействия волн СВЧ на работающих

Плотность потока энергии		Время пребывания в зоне СВЧ <*>	Примечание
В Т/м <sup>2</sup>	мкВт/с м <sup>2</sup>		
До 0,1 От 0,1 до 1	До 10 От 10 до 100	Рабочий день Не более 2 часов	-В остальное время плотность потока энергии не должна превышать 0,1 Вт/м <sup>2</sup> (10 мкВт/см <sup>2</sup> ). При условии использования защитных очков. В остальное время плотность потока энергии не должна превышать 0,1 Вт/м <sup>2</sup> (10 мкВт/см <sup>2</sup> )
От 1 до 10	От 100 до 1000	Не более 20 мин.	

<\*> В остальное время смены следует выполнять работы, не связанные с воздействием электромагнитных полей.

### ПРИМЕРЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕНИ НА ОТДЫХ ПО ПРЕДЛАГАЕМОМУ МЕТОДУ

*Пример 1.* Профессия – прессовщики пластмассовых изделий. Работа заключается в разборке и сборке пресс-форм и заполнении их пластмассовым порошком.

Санитарно-гигиенические условия в цехе в основном благоприятны, за исключением повышенной температуры (31°C) при относительной влажности 70%. В соответствии с таблицей 5.2.7 данной методики на этот элемент условий труда выделяется 2% от оперативного времени (8 минут). Для удобства расчетов величина оперативного времени в смену принимается равной 80% от сменного времени.

Психофизиологические условия. Физическая нагрузка незначительна, время на отдых на нее не предусматривается. Рабочая поза – стоя с наклонами, в связи с этим на отдых выделяется еще 2% от оперативного времени (8 минут).

Кроме того, работа прессовщиков пластмассовых изделий характеризуется высоким темпом. Темп определяется по числу трудовых действий в час следующим образом: выполняемая операция (обслуживание прессов) состоит из 867 трудовых действий. Длительность операции 17 минут. Всего в смену производится 23 операции. Число трудовых действий в смену равно  $867 \times 23 = 19941$ , в час –  $19941 : 8 = 2493$  трудовых действия. Этому темпу в таблице 5.2.6 соответствует время на отдых, равное 17 мин. (4,5% от оперативного времени).

Общее время на отдых за смену равно сумме времени, выделяемого за каждый неблагоприятный элемент условий труда:  $2\% + 2\% + 4,5\% = 8,5\%$  от оперативного времени или  $8 + 8 + 17 = 33$  минуты.

*Пример 2.* Профессия – аппаратчики на производстве эмалевых красок. Работа заключается в регулировке технологического процесса по производству красок.

Санитарно-гигиенические условия: концентрация ксилола превышает ПДК в 3,5 раза. В табл. 5.2.8 этому значению концентрации вредного вещества соответствует время на отдых, равное 2,5% оперативного времени (9 минут). Кроме того, имеются пары бутанола, уайт-спирита с концентрацией в пределах ПДК. На эти факторы не выделяется время на отдых.

Психофизиологические условия. Работа характеризуется небольшой физической нагрузкой (перемещение грузов весом 6 – 10 кг в течение менее 50% времени смены). За этот элемент условий труда в табл. 5.2.1 на отдых выделяется 1% от оператив-

## Основы физиологии труда

ного времени (4 минуты в смену). Рабочая поза у аппаратчиков – стоя с наклонами, в связи с чем в табл. 5.2.3 предусматривается время на отдых в размере 2% от оперативного времени (8 минут в смену).

Всего аппаратчикам эмалевых красок выделяется время на отдых, равное 5,5% (2,5% + 1% + 2%) от оперативного времени или 21 минута (9 + 4 + 8).

*Пример 3.* Профессия – радиомонтажницы в серийном производстве. Работа заключается в монтаже деталей по установленной программе.

Санитарно-гигиенические условия соответствуют СН.

Психофизиологические условия. Физическая нагрузка незначительна. Поза фиксированная, «сидя» (по табл. 5.2.3 на отдых дается 1% от оперативного времени или 4 минуты). Монотонность – длительность операции до 25 сек. При свободном ритме (по табл. 5.2.4 на отдых выделяется 0,5% от оперативного времени или 2 минуты).

Темп работы определяется по числу трудовых движений в минуту. В операции (монтаж деталей) 28 движений рук. За смену производится 922 операции, т.е.  $28 \times 922 = 25816$  движений. Число трудовых движений в минуту равно  $25816 : 384 = 67$  движений.

При таком темпе в соответствии с табл.5.2.5 предусматривается 3% от оперативного времени (12 минут в смену) на отдых.

Всего в смену отдых составляет:  $1\% + 0,5\% + 3\% = 4,5\%$  от оперативного времени или  $4 + 2 + 12 = 18$  минут.

*Пример 4.* Профессия – электросварщики. Работа заключается в зачистке крупных металлических конструкций и их сварке.

Санитарно-гигиенические условия: концентрация марганца в воздухе превышает ПДК в 5 раз, в связи с чем по табл. 5.2.8 на отдых выделяется 3,5% от оперативного времени (13 минут).

Психофизиологические условия. Физическая нагрузка незначительна, поэтому время на отдых за нее не дается. Рабочая поза – стоя в наклонном положении (по табл.5.2.3 время отдыха равно 2% от оперативного времени или 8 минут в смену).

Всего в смену время на отдых составляет:  $3,5\% + 2\% = 5,5\%$  от оперативного времени или  $13 + 8 = 21$  минута в смену.

*Пример 5.* Профессия – наладчики автоматических линий. Работа заключается в наладке и контроле шлифовальных автоматов на поточной линии. Действия производятся по заранее выработанному алгоритму. Контрольная функция составляет 75% сменного времени, включая около 30% времени на пассивное

наблюдение.

Санитарно-гигиенические условия благоприятные.

Психофизиологические условия. Физическая нагрузка незначительная, вес деталей и инструментов до 5 кг. Поза переменная – «сидя» и «стоя» с наклонами до 30°. При выполнении работы происходит чередование операций – наблюдения и исполнительских функций.

Так как перечисленные психофизиологические и санитарно-гигиенические элементы благоприятны, время на отдых не предусматривается, однако выделяется 10 минут на производственную гимнастику.

### 5.3 Защита временем как обязательный элемент рационального режима труда

Научно установлено, что ряд вредных производственных факторов, действуя комплексно, усиливает негативное влияние друг друга на организм работающего. Поэтому, время на отдых, выделяемое за высокую температуру воздуха, увеличивается при тяжёлой физической работе. Вводятся коэффициенты, увеличивающие время на отдых при совместном действии вредных веществ и повышенной температуры или физической нагрузки и т.д.

#### 5.3.1 Защита временем при работе в условиях нагревающего микроклимата

Для обеспечения среднесменного термического напряжения работающих на допустимом уровне суммарная продолжительность их деятельности в условиях нагревающего микроклимата в течение рабочей смены не должна превышать 7, 5, 3 и 1 часа соответственно классам вредности условий труда (см. табл. 5.3.1). Рекомендуемое ограничение стажа работы в зависимости от класса вредности нагревающего микроклимата также представлено в табл. 5.3.1

Таблица 5.3.1

Класс условий труда	Допустимая суммарная продолжительность термической нагрузки за рабочую смену, час	Рекомендуемый стаж работы, годы
2	8	20
3.1	7	17
3.2	5	13
3.3	3	10
3.4	1	7

Во избежание чрезмерного (опасного) общего перегревания и локального повреждения (ожог) должна быть регламентирована продолжительность периодов непрерывного инфракрасного облучения человека и пауз между ними (табл. 5.3.1.1)

Таблица 5.3.1.1

Интенсивность инфракрасного облучения, Вт/м <sup>2</sup>	Продолжительность периодов непрерывного облучения, мин	Продолжительность паузы, мин	Соотношение продолжительности облучения и пауз
350	20	8	2,5
700	15	10	1,5
1050	12	12	1,0
1400	9	13	0,7
1750	7	14	0,5
2100	5	15	0,33
2450	3,5	12	0,3

Примечание.

– Указанное предполагает применение спецодежды согласно ГОСТ ССБТ 12.4.176–89 «Одежда специальная для защиты от теплового излучения», ГОСТ ССБТ 12.4.045–87 «Костюмы мужские для защиты от повышенных температур» и использование средств коллективной защиты от инфракрасных излучений согласно ГОСТ ССБТ 12.4.123–83 «Средства коллективной защиты от инфракрасных излучений» (СИЗ предохраняют от острого локального поражения и лишь частично от общего перегревания).

– Рекомендуется принимать на работу в нагревающей среде лиц не моложе 25 лет и не старше 40. обладающих тепловой устойчивостью не ниже средней, определяемой в соответствии с методическими рекомендациями «Способы определения тепловой устойчивости рабочих» (№10–11/114, 1988 г., Минздрав СССР).

– Доказано, что при работе в условиях нагревающего микроклимата класса 3.3 патологические состояния развиваются в среднем через 15,5 лет, а в условиях 3.4 – через 8 лет стажа работы.

– Учитывая сложность реадаптации, дополнительный отпуск желателен, но не к основному, а вторым в году с использованием его для медицинской профилактики.

### 5.3.2 Защита временем при воздействии аэрозолей преимущественно фиброгенного действия (АФФД)

Для оценки возможности продолжения работы в конкретных условиях труда, расчета допустимого стажа работы в этих условиях труда (для вновь принимаемых на работу) необходимо сопоставление фактических и контрольных уровней пылевой нагрузки (раздел 4.4 руководства Р 2.2. 2006-05).

В том случае, когда фактические ПН не превышают КПН, подтверждается возможность продолжения работы в тех же условиях.

При превышении КПН необходимо рассчитать стаж работы ( $T_1$ ), при котором ПН не будет превышать КПН. При этом КПН рекомендуется определять за средний рабочий стаж, равный 25 годам. В тех случаях, когда продолжительность работы более 25 лет, расчет следует производить исходя из реального стажа работы.

$$T_1 = \frac{КПН_{25}}{K \times N \times Q}, \text{ где} \quad (30)$$

$T_1$  – допустимый стаж работы в данных условиях;

$КПН_{25}$  – контрольная пылевая нагрузка за 25 лет работы в условиях соблюдения ПДК;

$K$  – фактическая среднесменная концентрация пыли;

$N$  – количество смен в календарном году;

$Q$  – объем легочной вентиляции за смену.

При этом значение  $K$  принимается как средневзвешенная величина за все периоды работы:

$$K = \frac{K_1 \times t_1 + K_2 \times t_{21} + \dots + K_n \times t_n}{\sum t}, \quad \text{где} \quad (31)$$

$K_1 - K_n$  – фактические среднесменные концентрации за отдельные периоды работы;

$t_1 - t_n$  – периоды работы, за время которых фактические концентрации пыли были постоянны.

Величина  $Q$  рассчитывается аналогично значению  $K$ .

В случае изменения уровней запыленности воздуха рабочей зоны или категории работ (объема легочной вентиляции за смену) фактическая пылевая нагрузка рассчитывается как сумма фактических пылевых нагрузок за каждый период, когда указан-

ные показатели были постоянными. При расчете контрольной пылевой нагрузки, также учитывается изменение категории работ в различные периоды времени.

### 5.3.3 Защита временем работающих при воздействии шума.

Одним из наиболее эффективных способов снижения шумовой экспозиции является введение перерывов, т. е. рационализация режимов труда в условиях воздействия интенсивного шума. Длительность дополнительных регламентированных перерывов устанавливается с учетом уровня шума, его спектра и средств индивидуальной защиты (табл. 5.3.3). Для тех групп работников, где по условиям техники безопасности не допускается использование противошумов (прослушивание сигналов и т. п.) учитывается только уровень шума и его спектр.

Таблица 5.3.3

Рекомендуемая длительность регламентированных дополнительных перерывов в условиях воздействия шума, мин

Уровни звука и валентные уровни звука, дБА,	Частотная характеристика шума	Работа без противошумов		Работа с противошумами	
		До обеденного перерыва	После обеденного перерыва	До обеденного перерыва	После обеденного перерыва
до 95	Низко частотный	10	10	5	5
	Средне частотный	10	10	10	10
	Высоко частотный	15	15	10	10
до 105	Низко частотный	15	15	10	10
	Средне частотный	15	15	10	10
	Высоко частотный	20	20	10	10
до 115	Низко частотный	20	20	10	10
	Средне частотный	20	20	10	10

	Высоко частотный	25	25	15	15
до 125	Низко частотный	25	25	15	15
	Средне частотный	25	25	15	15
	Высоко частотный	30	30	20	20

Примечание. Длительность перерыва в случае воздействия импульсного шума должна быть такой же, как для постоянного шума с уровнем на 10 дБА выше импульсного. Например, для импульсного шума 105 дБА, длительность перерывов должна быть такой же, как при постоянном шуме в 115 дБА.

Отдых в период регламентированных перерывов следует проводить в специально оборудованных помещениях. Во время обеденного перерыва работающие при воздействии повышенных уровней шума также должны находиться в оптимальных акустических условиях (при уровне звука не выше 50 дБА).

### 5.3.4 Защита временем работающих при воздействии локальной вибрации

При использовании виброопасных ручных инструментов работы следует производить в соответствии с разработанными режимами труда, согласно которым суммарное время контакта с вибрацией в течение рабочей смены устанавливается в зависимости от величины превышения санитарных норм СН 2.2.4/2.1.8.566–96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий» (табл. 5.3.4).

Таблица 5.3.4

Допустимое суммарное за смену время действия локальной вибрации

Превышение локальной вибрации		ПДУ	Допустимое суммарное время воздействия локальной вибрации за смену, мин
дБ	раз		
1	1,1		381
2	1,25		302
3	1,4		240
4	1,6		191
5	1,8		151

6	2,0	120
7	2,25	95
8	2,5	76
9	2,8	60
10	3,2	48
11	3,6	38
12	4	30

Режимы труда следует разрабатывать в соответствии с методикой, указанной в приложении 2 СанПиН 2.2.2.540–96 «Гигиенические требования к ручным инструментам и организации работ».

Регламентированные перерывы продолжительностью 20–30 мин, являющиеся составной частью режимов труда, устраиваются через 1–2 ч после начала смены и через 2 ч после обеденного перерыва (продолжительность которого должна быть не менее 40 мин) и используются для активного отдыха, проведения специального комплекса производственной гимнастики, физиотерапевтических процедур.

Время регламентированных перерывов включается в норму выработки, а режимы труда – в сменно-суточные задания.

Запрещается проведение сверхурочных работ с виброопасными ручными инструментами.

### **5.3.5 Защита временем работающих при воздействии контактного ультразвука**

При систематической работе с источниками контактного ультразвука в течение более 50 % рабочего времени необходимо устраивать два регламентированных перерыва – десятиминутный перерыв за 1,0–1,5 ч до и пятнадцатиминутный перерыв через 1,5–2,0 ч после обеденного перерыва. Указанные перерывы используются для проведения физиотерапевтических процедур (тепловых процедур, массажа, ультрафиолетового облучения), а также лечебной гимнастики, упражнений для глаз, витаминизации и т. п.

## ГЛАВА VI ОЦЕНКА ТЯЖЕСТИ И НАПРЯЖЁННОСТИ ТРУДА НА ПРОИЗВОДСТВЕ

Практически любые формы труда человека на производстве (немеханизированный, механизированный, автоматизированный полностью или частично) могут оцениваться как по тяжести, так и по напряженности.

Классификация работ по тяжести и напряженности имеет большое практическое значение, поскольку она дает возможность оценить производственную и физиологическую нагрузку при различных видах профессиональной деятельности, что используется в целях нормирования и оценки условий труда, при разработке рациональных режимов труда и отдыха и проведении социального отбора.

В настоящее время при оценке тяжести и напряженности труда используются гигиенические критерии оценки условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса (Р 2.2. 2006-05).

При оценке тяжести и напряженности труда по физиологическим показателям приходится учитывать, что функциональные сдвиги в организме зависят не только от характера работы, но также от условий производственной среды (например, в условиях нагревающего, или охлаждающего микроклимата могут значительно изменяться такие показатели, как частота сердечных сокращений, энергозатраты и др.) и от индивидуальных особенностей организма (пола, возраста, тренированности и др.).

В связи с этим для оценки тяжести и напряженности труда предложены показатели, разработанные институтом гигиены труда и профболезней АМН и критерии Свердловским научно-исследовательским институтом гигиены труда и профзаболеваний (Приложение №13).

Определение тяжести и напряженности труда по производственным показателям

Методика выполнения работы. Производственные исследования на рабочем месте выполняются двумя студентами. Наблюдения с заполнением таблицы, приведенной в Приложении №11, проводятся на рабочем месте в течение 1-1,5 часов непрерывно. Рабочая поза шифруется следующим образом:

- 1 – рабочая поза «стоя»;
- 2 – рабочая поза «сидя»;
- 3 – вынужденные наклоны работниками до 30°;
- 4 – нахождение в наклонном положении до 30°;
- 5 – прочие рабочие позы (сидя на корточках, лежа на спине, на боку и т.д.).

Обработка и анализ полученных результатов. По карте производственных наблюдений вычисляются следующие показатели:

а) Величина выполненной работы (А) в кг/м рассчитывается по формуле №1:

$$A = (P \cdot H + P \cdot L/9,8 + P \cdot H_1/2) K,$$

где: А – работа в кг/м; Р – вес груза в кг; Н – высота подъёма груза от исходного состояния в метрах; L – расстояние перемещения по горизонтали в метрах; Н<sub>1</sub> – расстояние опускания груза в метрах; К – коэффициент = 6.

Далее вычисляется мощность работы по формуле:

$$N = A K_1 / t, \quad (31)$$

где: N - мощность работы в ваттах; А - работа в кг/м; t - время выполнения данной работы в сек.; K<sub>1</sub> - коэффициент перевода кг/м в ватты = 9,8.

При определении мощности внешней работы вычисляем количество работы, выполняемой за каждые 0,5 часа наблюдения, далее определяем среднюю величину и в формуле 31 берём время работы в секундах.

б) Рассчитываем время пребывания рабочего в неудобной рабочей позе (в % ко всему времени наблюдения). К неудобным рабочим позам относят позы с вынужденными наклонами рабочего до 30°, нахождение в позе сидя на корточках, лежа на спине, на боку.

в) Определяем продолжительность сосредоточенного наблюдения (в процентах ко всему времени наблюдения). Сюда включается все время пассивного наблюдения за уходом технологического процесса, связанное с напряжением основных анализаторных систем (зрения, слуха, осязания).

г) Рассчитываем среднее время выполнения повто-

## Основы физиологии труда

ряющихся операций (в сек.), результаты произведенных наблюдений и все рассчитанные показатели заносим в таблицу (Приложение №12).

На основе полученных результатов делается вывод о тяжести и напряженности труда изучающейся профессии.

Определение тяжести работы по физиологическим показателям

Методика выполнения работы. Работа выполняется на реальном объекте труда или в профильной аналитической лаборатории вуза двумя группами студентов по 2-4 человека в каждой. Один из студентов назначается испытуемым, другие выполняют все необходимые физиологические исследования.

Для оценки тяжести работы и времени необходимого отдыха определяем:

- а) состояние сердечно-сосудистой системы:
  - частоту сердечных сокращений (ЧСС);
  - артериальное давление;
  - минутный и систолический = ударный объемы крови;
- б) состояние дыхательной системы:
  - частоту дыхания;
  - минутный объем дыхания (МОД);
  - глубину дыхания;
- в) энергозатраты:

до работы, во время дозированной работы, после окончания работы (восстановительный период) через 5 и 10 минут.

У испытуемого после 10-15 минутного отдыха в положении сидя определяют следующие физиологические показатели:

- 1) частоту пульса;
- 2) частоту дыхания;
- 3) артериальное давление по способу Короткова;
- 4) легочную вентиляцию.

Для определения легочной вентиляции необходимо собрать систему, состоящую из газообменной маски, трехходового крана с гофрированной трубкой и мешка Дугласа, укрепленного на спине испытуемого с помощью головных лямок. Желательно, чтобы в покое сопротивление дыханию при использовании маски не превышало 10-20 мм водяного столба.

Края маски протираются спиртом. После высыхания спирта испытуемый закрывает маской рот и нос и с помощью головных лямок плотно прижимает ее к лицу.

Несколько минут испытуемый привыкает дышать в этом снаряжении, при этом трехходовой кран открыт на соединение с

## Основы физиологии труда

атмосферным воздухом. После этого трехходовой кран поворачивают на соединение с мешком Дугласа и засекают время. В течение 2-х минут собирают воздух в мешок, а затем закрывают трехходовой кран, накладывают на мешок зажимы и снимают его с крана.

Объем выдохнутого воздуха, собранного в мешок, определяют с помощью сухого спирометра, который присоединяют к концу гофрированной трубки и, плавно надавливают на мешок, создают равномерный ток воздуха, имитирующий спокойный выдох.

При пропускании воздуха через спирометр следует измерять его температуру с помощью ртутного термометра. После определения показателей в исходном состоянии испытуемый выполняет дозированную работу, заключающуюся в подъеме груза весом 6 кг с пола на стол (80 см) в течение 2-х минут со скоростью 30 подъемов в минуту.

Легочная вентиляция определяется непосредственно во время работы, остальные показатели - тотчас после ее окончания. Затем все измерения физиологических показателей проводят через 5 и 10 минут отдыха, в положении испытуемого сидя.

Используя результаты измерений, дополнительно проводят расчет некоторых физиологических показателей.

1. По данным максимального (систолического) и минимального (диастолического) АД рассчитываем пульсовое давление (Р пульс).

$$P \text{ пульс} = P \text{ макс.} - P \text{ мин.} \quad (\text{мм.рт.ст.}) \quad (32)$$

2. По формуле Стара (Starr, 1954) рассчитываем систолический объем крови ( $C_0$ ) в миллиметрах:

$$C_0 = 90,97 + 0,54 P \text{ пульс} - 0,57 P \text{ диаст.} - 0,61 B, \quad (33)$$

где: Р пульс – пульсовое давление в мм.рт.ст.; Р диаст. – диастолическое давление в мм.рт.ст.; В – возраст в годах.

3. Определяем минутный объем крови (МОК) в литрах:

$$\text{МОК} = C_0 \cdot \text{ЧСС} \quad (34)$$

ЧСС – частота сердечных сокращений.

4. Минутный объем дыхания (МОД) рассчитываем следующим образом:

а) Объемы воздуха из мешков Дугласа приводим к нормальным условиям

б)  $\text{МОД} = \text{объем выдохнутого воздуха} / t$

## Основы физиологии труда

(35)

t – время сбора воздуха в минутах.

5. Рассчитываем глубину дыхания (ГД) в мл.:

$$\text{ГД} = \text{МОД} \cdot 100 / \text{частота дыхания} \quad (36)$$

6. Энерготраты ( $M_{\text{эн}}$ ) в ккал/мин. рассчитываем по формулам, используя МОД:

а) по формуле Сарторелли (Sartorelli, 1956).

$$M_{\text{эн}} = 0,20 \text{ МОД} - 0,26 \quad \text{при МОД} = 8-52 \text{ л/мин.} \quad (37)$$

б) по формуле Раманатана (Ramanathan, 1964)

$$M_{\text{эн}} = 0,17 \text{ МОД} - 0,01 \quad \text{при МОД} = 6-42 \text{ л/мин} \quad (38)$$

в) по формуле Датта и Романатана

$$M_{\text{эн}} = 0,21 \text{ МОД} \quad \text{при МОД} = 6-40 \text{ л/мин} \quad (39)$$

Энерготраты в ккал/мин определяем как среднее значение из трех, рассчитанных по указанным формулам. После этого пересчитываем энергозатраты на час работы (Вт/час).

Сопоставляя величину физиологических сдвигов у испытуемых во время работы с данными таблиц определяем тяжесть работы.

Необходимое время отдыха определяем по формулам В.В. Розенבלата и Ю.Г. Солонина (1971), которые считают, что средняя частота пульса за смену не должна превышать 100 уд./мин. Исходя из этого, ими предложена формула для расчета времени отдыха в процентах ко всему времени смены с учетом средней частоты пульса при работе (ПР) и во время отдыха (ПО):

$$\text{ДО}_p = 100 (\text{ПО} - 100) / \text{ПР} - \text{ПО} \quad (40)$$

Используя данные частоты пульса во время работы и отдыха, условно рассчитывают необходимое время отдыха за смену (при 5-дневной рабочей неделе продолжительность рабочего дня в большинстве профессий составляет 8 часов).

Эргономическая оценка рабочей позы и рабочих мест

Эргономическая оценка рабочих мест в производственных условиях проводится комплексно согласно методических рекомендаций «Основные принципы и методы эргономической оценки рабочих мест для выполнения работ сидя и стоя» №8212-85.

Перед проведением изучения рабочих мест нужно решить вопрос о рациональности выбранной рабочей позы, чаще всего в производстве она выбрана правильно, но организационно-

Основы физиологии труда

техническое оснащение рабочего места не всегда соответствует эргономическим требованиям, поэтому выполнение работы делает ее неудобной.

Некоторые условия, с учетом которых осуществляется выбор рациональной рабочей позы:

Таблица 6.1

Условия труда	Тип рабочей позы		
	сидя	сидя-стоя	стоя
Величина прикладываемого усилия (верхние конечности), кгс	До 5	5-10	Более 10
Быстрота и точность движений	Наиболее быстрые точные	Средней тяжести (2а-2б)	Тяжелая (3)
Тяжесть работы (СанПиН 2.2.4.548-96)	Лёгкая (1а-1б)		
Величина энергозатрат	На 6-10% ниже, чем в позе стоя		

Кроме приведенных условий при выборе рабочей позы учитывают особенности техпроцесса. Если поза выбрана правильно, то решается вопрос о выборе параметров для эргономической оценки рабочего места, которая включает в себя оценку:

- пространственную организацию рабочего места;
- временную структуру трудовой деятельности;
- функционального состояния систем организма.

При оценке пространственной организации рабочего места определяется достаточность площади для размещения основного и вспомогательного оборудования, рабочей мебели, деталей и др., а также возможность свободного передвижения рабочего с наибольшей экономией усилий и движений.

Для проведения пространственного анализа (компоновки) рабочего места чертят его эскиз в трех проекциях: сверху, спереди и в профиль, схематически изображают элементы рабочего места. Измерения и расчеты параметров производят в основных ортогональных плоскостях: горизонтальной, фронтальной и сагиттальной.

Основы физиологии труда

Полученные параметры рабочего места сравнивают с соответствующими величинами, установленными нормативными документами ГОСТом 12.2.032-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования», ГОСТом 12.1.033-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования», ГОСТом 12.2.049-80 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования» и др. Для характеристики и оценки рабочей позы делают фотоснимок рабочего в этой позе в профиль. На кальке, закрепленной скрепками на фотоснимке, обозначают следующие точки (рис. 6.1): наружное слуховое отверстие (а); большой бугор плечевой кости (б); наружный мыщелок этой же кости (в); шиловидный отросток локтевой кости (г); пястно-фаланговое сочленение III пальца (д); большой вертел бедренной кости (е); наружный надмыщелок этой же кости (ж); лодыжку малоберцовой кости (з); область сустава II или III пальца стопы (и); пяточный бугор (к).

Соединяя эти точки попарно в определенном порядке, получают проекции рабочих звеньев тела: шеи (а - б); плеча (б - в); предплечья (в - г); кисти (г - д); туловища (б - е); бедра (е - ж); голени (ж - з); стопы (и - к). Схематическое изображение рабочей позы в виде отдельных звеньев - эпюра позы (рис. 6.1). Для нанесения углов отклонения шеи, плеча и туловища от вертикали через точку «б» (плечевой сустав) проводят линию, параллельную какой-либо вертикальной линии на фотоснимке. Измерение углов производят транспортиром.

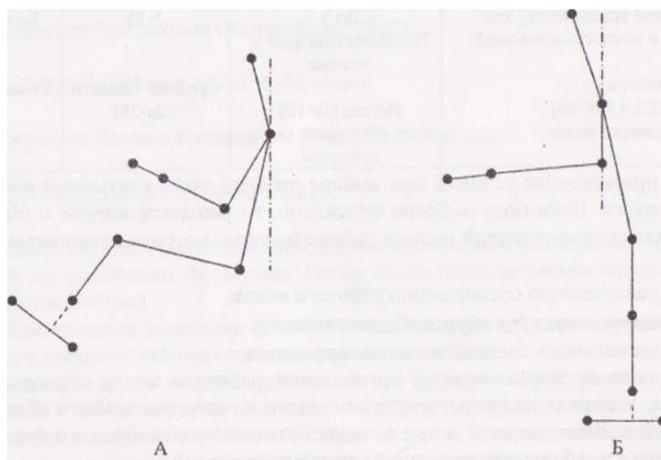


Рис.6.1 Эпюры рабочих поз сидя (А) и стоя (Б).

## Основы физиологии труда

Построив эпюр и сравнив полученные угловые величины с оптимальными (табл.6.2) делают заключение о рациональности рабочей позы. При этом отмечают, какие элементы рабочего места сделаны неудобно и что следует рекомендовать, чтобы выполнять работу в правильной позе.

Таблица 6.2

Оптимальные пределы колебаний гониометрических показателей при работе сидя и стоя.

№ угла	Наименование (суставы)	углов	Рабочая поза	
			градусы	
			сидя	стоя
1	Лучезапястный		170-190	170-190
2	Локтевой		80-110	80-100
3	Тазобедренный		85-100	165-180
4	Коленный		95-120	180
5	Голеностопный		85-95	90-100
6	Отклонение шеи от вертикали	от	10-25	10-25
	Отклонение плеча от вертикали	от	15-35	0-15
	Отклонение туловища от вертикали		15-25	0-15

Сравнив полученные угловые величины с оптимальными, можно дать конкретные рекомендации по оптимизации рабочей позы: изменить высоту рабочей поверхности, сиденья, пространства для ног и т.д.

На основании полученных результатов организации рабочего места и изучения временной структуры трудовой деятельности делаем заключение о степени соответствия рабочего места эргономическим требованиям.

Ситуационные задачи для отработки навыка по разделу «Оценка тяжести и напряжённости труда»

*Задача 1.*

Работа операторов по производству аммиака требует от них наблюдения за технологическим процессом с пульта управления в течение 65% времени смены. При этом оператор считывает информацию с 10 индикаторов фронтального табло, на индикаторы в течение часа поступает следующее количество сигналов.

## Основы физиологии труда

№ индикатора	Кол-во сигналов
1	15
2	30
3	40
4	40
5	30
6	50
7	60
8	10
9	10
10	15

Кроме того, для обеспечения безаварийной работы установки на следующие 2 часа пять из этих показателей оператору необходимо запомнить.

Оценка условий обзора индикаторов показала, что индикаторы 1-4 находятся в максимальном поле зрения. Для считывания с них необходимо поворачивать голову (угол зрения 200°). Индикаторы 5-7 находятся в обычном поле зрения (110°) и 8-10 - в первичном поле зрения (наиболее удобный угол зрения 24-30°).

1. Определите напряженность труда оператора и укажите системы и органы оператора, испытывающие наибольшую нагрузку в течение смены.

2. Перечислите приборы, с помощью которых можно установить наличие сдвигов в функциональных показателях указанных Вами систем и органов.

3. Дайте оценку табло индикатора и предложения по его совершенствованию.

#### *Задача 2.*

Хирург производит операцию в течение 2 часов. Рабочая поза стоя, причем в течение 60% времени операции угол наклона корпуса составляет 35° и больше. Газоаналитические данные показали, что количество поглощенного им кислорода в среднем равно 1,1 л/мин, а выделенной углекислоты - 1060 см<sup>3</sup>/мин. Число объектов одновременного наблюдения - 6-8. Время зрительно-моторной реакции хирурга до операции составляло 0,319 с, после операции - 470 мс.

1. Определите тяжесть и напряженность труда хирурга во время операции в соответствии с классификацией труда по тяжести и напряженности (Р.2.2.2006 - 05).

2. С помощью каких методов исследования и приборов получены данные, характеризующие трудовую деятельность хирур-

га.

3. Дайте рекомендации по оптимизации условий труда хирурга.

### *Задача 3.*

На заводе резино-технических изделий в цехе формовки изготавливаются прокладки методом прессования с одновременной их вулканизацией. Один рабочий обслуживает 4 прессы. Рабочий день - 8 часов с 30-минутным обеденным перерывом через 3 часа работы. Хронометражными наблюдениями установлено, что на основную работу приходится 73,5% времени. В таблице даны результаты физиологических исследований.

Показатели	7.00	8.30	11.00	Обед 11.30	15.30
Частота пульса, уд/мин	92	98	106	94	120
в % к исходному уровню	100	106	118	102	130
Сила мышц руки, кг	53	50	48	50	46
в % к исходному уровню	100	94	91	94	87
Выносливость, сек	38	30	28	33	22
в % к исходному уровню	100	79	74	87	58
Латентный период ЗМР, мс	155	163	184	167	214
в % к исходному уровню	100	105	119	108	138

1. Дайте оценку тяжести работы в соответствии с классификацией труда по тяжести и напряженности.

2. Перечислите методы исследования, с помощью которых были получены данные.

3. Изобразите графические приведенные результаты исследований и дайте оценку работоспособности рабочих в динамике смены.

4. Предложите основные профилактические мероприятия для оптимизации условий труда рабочих.

### *Задача 4.*

При проведении физиологических исследований у летчика пассажирского самолета, находящегося в рейсе, было установлено, что количество поглощенного организмом кислорода в среднем равно 840 см<sup>3</sup>/мин, а выделенной углекислоты - 0,7 л/мин. Летчик одновременно следит за показаниями 14 приборов. Рабочее место стационарное. Латентный период зрительно-моторной реакции до взлета самолета составлял 0,19 с, после посадки в аэропорту назначения - 275 мс.

1. Определите тяжесть и напряженность труда летчика. Предложите оздоровительные мероприятия.

2. С помощью каких методов исследования получены данные, характеризующие трудовую деятельность летчика? Какие использованы приборы?

*Задача 5.*

Работа поездных диспетчеров железнодорожного транспорта включает в себя получение, переработку поступающей информации о движении поездов, принятие соответствующего решения и передачи распоряжения. Так, при работе в ночную смену поездной диспетчер ежечасно получает 58 различных сообщений. В отдельные периоды работы при принятии ответственных решений в условиях дефицита времени частота пульса у диспетчера достигла 100 уд/мин. При изучении времени скрытого периода слухо-моторной реакции было выявлено его увеличение к концу работы по сравнению с дорабочим уровнем (со 190 мс до 247 мс).

Определите категорию напряженности труда поездных диспетчеров.

*Задача 6.*

При исследовании сердечно-сосудистой системы у швеймотористки возраста 35 лет были получены следующие данные.

Артериальное давление и пульс работы составили соответственно 118/76 мм.рт.ст. и 74 уд/мин. После работы эти показатели были равны 126/76 мм.рт.ст. и 78 уд/мин.

1. Рассчитайте гемодинамические показатели и дайте сравнительную оценку полученным результатам. Охарактеризуйте состояние швеймотористки.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ТЕСТЫ ДЛЯ САМООЦЕНКИ ЗНАНИЙ

Укажите один правильный ответ

1. Динамическая отрицательная работа – это работа
  - а) по поддержанию тела
  - б) по перемещению груза в направлении силы тяжести
  - в) по перемещению груза против силы тяжести
2. При работе на клавиатуре персонального компьютера физическая работа
  - а) региональная
  - б) глобальная
  - в) локальная
3. Показатель выносливости – это
  - а) время, в течение которого может выполняться работа заданной силы
  - б) вес, который может поднять рабочий за отрезок времени
  - в) способность организма противостоять стрессовым факторам
4. Утомление – это
  - а) нарушение производственного динамического стереотипа
  - б) временное снижение работоспособности, вызванное выполнением работы
  - в) функциональные изменения в органах и системах организма
  - г) возникновение застойного торможения в центрах головного мозга
5. Зависимость между тяжестью труда и степенью активизации внутрисменного отдыха
  - а) прямая
  - б) обратная
6. Зависимость между тяжестью труда и длительностью регламентированного перерыва
  - а) прямая
  - б) обратная
7. Время регламентированного перерыва
  - а) входит в длительность смены
  - б) не входит в длительность смены
8. Как наиболее правильно и полно определить понятие

Основы физиологии труда

«активный отдых»?

- а) физиологически обоснованное мероприятие
- б) по ускоренному восстановлению работоспособности, которая снизилась за счет утомления
- в) средство сохранения работоспособности на постоянном уровне
- г) обеспечение согласованности процессов динамического стереотипа
- д) обеспечение совершенствования трудовых навыков

9. Регламентированные перерывы в течение смены вводятся

- а) в середине фазы высокой работоспособности
- б) в начале снижения работоспособности
- в) в конце фазы вработываемости
- г) в фазу «конечного порыва»

Укажите все правильные ответы

10. Критерии тяжести труда – это

- а) мощность внешней работы
- б) монотонность
- в) объем оперативной памяти
- г) максимальный вес перемещаемого груза
- д) длительность сосредоточенного наблюдения
- е) рабочая поза
- ж) перемещение по цеху

11. Универсальным хронорефлексометром определяют

- а) скрытый период зрительно-моторной реакции
- б) объем памяти
- в) концентрацию внимания
- г) скрытый период слухо-моторной реакции
- д) скрытое время сухожильных рефлексов

12. Психические профессионально значимые функции человека – это

- а) острота зрения
- б) память
- в) питание
- г) внимание
- д) мышление
- е) зрение
- ж) нервно-эмоциональное напряжение

13. К статистической может быть отнесена работа

Основы физиологии труда

а) по поддержанию тела в положении для выполнения производственных операций

б) по перемещению груза в направлении силы тяжести

в) по поддержанию груза в неподвижном состоянии

г) по перемещению груза против силы тяжести

14. С помощью метода динамометрии определяются

а) максимальная произвольная сила

б) число касаний в единицу времени

в) число касаний в единицу времени

г) выносливость к статистическим напряжениям

д) количество движений за смену

15. Наиболее характерные условия для продуктивной умственной работы- это

а) постепенное вхождение в работу

б) отделка интерьера «холодной» цветовой гаммой

в) последовательность и систематичность в работе

г) чередование труда и активного отдыха

16. Основные мероприятия по борьбе с монотонней – это

а) увеличение числа элементов в трудовых операциях

б) уменьшение числа элементов в трудовых операциях

в) увеличение числа повторений операций

г) снижение числа повторений операций

д) постоянный темп и ритм выполнения операций

е) изменяющийся ритм и темп выполняемых операций

ж) смены выполняемых операций

з) отсутствие смены выполняемых операций

17. Признаки утомления при выполнении физической работы – это

а) повышение мышечной силы

б) снижение мышечной силы

в) повышение показателя выносливости

г) снижение показателя выносливости

д) снижение минутного объема дыхания

е) увеличение минутного объема дыхания

ж) снижение показателя треморометрии

з) снижение ударного объема сердца к) увеличение

ударного объема сердца

18. Наиболее общие виды умственной деятельности – это

## Основы физиологии труда

- а) управленческий труд
  - б) операторский труд
  - в) труд преподавателей и медработников
  - г) труд учащихся и студентов
  - д) труд транспортных работников
  - е) творческий труд
  - ж) трудовая деятельность при работе на компьютере
19. Объективные признаки утомления - это
- а) усталость
  - б) снижение количественных показателей трудовой деятельности
  - в) увеличение количества брака в выполняемой работе
  - г) увеличение количества дней временной нетрудоспособности
  - д) изменения показателей функционального состояния органов и систем работающего
20. К количественным показателям снижения работоспособности вследствие утомления относятся
- а) снижение производительности труда
  - б) увеличение времени выполнения операций
  - в) снижение брака в работе
  - г) снижение скорости движений
21. Группа испытуемых для проведения производственных физиологических исследований должна быть однородна
- а) по численности
  - б) по полу
  - в) по социальному положению
  - г) по возрасту
  - д) по образованию
  - е) по стажу
  - ж) по состоянию здоровья
22. Операторский труд характеризуется
- а) значительным физическим напряжением
  - б) значительным нервно-эмоциональным напряжением
  - в) частым переключением внимания
  - г) восприятием и переработкой разнообразного потока информации
23. Электромиографические признаки утомления
- а) снижение частоты следования утомления
  - б) увеличение частоты следования осцилляций

## Основы физиологии труда

- в) снижение частоты следования осцилляций
  - г) снижение амплитуды осцилляций
  - д) увеличение амплитуды осцилляций
24. Основные формы научной организации труда
- а) рационализация трудовой деятельности
  - б) рационализация режима труда и отдыха
  - в) экономия усилий
  - г) создание благоприятной санитарно-гигиенической обстановки
- д) выбор оптимальной рабочей позы
25. Основные условия, определяющие выбор рабочей позы
- это
- а) величина прикладываемого усилия
  - б) величина энергозатрат
  - в) глубина оптимальной зоны г) скорость выполняемых движений
  - д) экономия энергозатрат
  - е) вид физической работы
26. Методом хронометражных исследований определяют
- а) продолжительность отдельных операций
  - б) время сенсомоторных реакций
  - в) загруженность рабочего дня
  - г) почасовую производительность труда
  - д) время на личные отвлечения
27. Для оценки функции внешнего дыхания при выполнении физической работы необходимы следующие приборы
- а) электрокардиограф
  - б) универсальный хронорефлексометр
  - в) газовые часы
  - г) тонометр
  - д) мешок Дугласа
28. Критерии напряженности труда - это
- а) величина ручного грузооборота
  - б) количество стереотипных движений
  - в) длительность сосредоточенного внимания
  - г) плотность поступающих сигналов в час
  - д) количество наклонов корпуса
  - е) монотонность
  - ж) нервно-эмоциональное напряжение

## ГЛАВА VII ФИЗИОЛОГИЯ ТРУДА ЖЕНЩИН

Условия труда женщин, с учётом особенностей физиологии женского организма, нормируются Санитарными Правилами. В правилах определены гигиенические требования к:

- производственным процессам;
- оборудованию;
- рабочим местам;
- режиму труда;
- производственной среде и санитарно-бытовому обеспечению.

Основное содержание санитарных правил сводится к следующему:

технологическое оборудование и мебель должны соответствовать анатомо-физиологическим особенностям женского организма (например, размеры и рабочая зона – росто-весовым показателям, столешница должна иметь вырез для живота беременной женщины и округлённые углы, работы сидя выполняются беременными на вращающемся стуле, с регулирующимися по углу наклона поверхностями и т.д.);

на тяжёлых работах с вредными (III класс) и опасными (IV класс) условиями труда запрещается использовать труд женщин; должны обеспечиваться допустимые (II класс) условия труда;

начиная со дня установления беременности (в ранние её сроки, когда формируются органы и системы у плода) необходимо перевести будущую маму на работу, не связанную с воздействием вредных производственных факторов;

оценка условий труда женщин проводится с учётом нормативов физиологического напряжения (частота сердечных сокращений, энергозатраты, минимальный объём дыхания, кожно-легочные влаготери, снижение статической выносливости) по двум видам показателей: гигиеническим и профессиографическим;

показатели допустимой трудовой нагрузки для женщин установлены ниже, чем для мужчин. Например, подъём и перемещение тяжестей (постоянно в течение рабочей смены) для мужчин – 15 кг, для женщин – 7 кг; перемещение (ходьба) по горизонтали для мужчин – до 8 км, для беременных женщин – до 2 км; сменность работы – у женщин должна быть двухсменная, без ночной вахты; степень риска для собственной жизни и безопасности других должна отсутствовать;

беременные женщины не должны выполнять производ-

## Основы физиологии труда

ственные операции, связанные с подъёмом предметов труда выше уровня плечевого пояса, подъёмом предметов труда с пола выше установленных ограничений (вес груза при постоянном перемещении должен быть не более 1,25 кг, при чередовании с другой работой – не более 2,5 кг);

беременные женщины не привлекаются к трудовым операциям с преобладанием статического напряжения мышц ног и брюшного пресса; вынужденной рабочей позой; на оборудовании, использующем ножную педаль управления; на конвейере, с принудительным ритмом труда; с повышенным нервно-эмоциональным напряжением;

беременные женщины не допускаются к работам с воздействием инфракрасного излучения, а температура нагретых поверхностей оборудования не должна превышать 35°C; связанными с намоканием одежды и обуви; на сквозняке; в условиях резкого перепада барометрического давления; в помещениях без естественного света;

параметры производственной среды на рабочих местах беременных женщин должны быть оптимальными (отсутствие вредных веществ, промышленных аэрозолей фиброгенного действия, общей и локальной вибрации, ультразвука), а инфразвук, ионизирующее излучение, биологические факторы, постоянное геомагнитное поле должны быть на уровне естественного фона.

Физическое напряжение беременных женщин необходимо регулировать с учётом данных табл. 7.1

Таблица 7.1

Физиологические нормативы физического напряжения при труде беременных

	Критерии напряжения организма	Допустимые величины			
		Виды работ			
		локальная	региональная	общая	с неблагоприятными статическими нагрузками
1.	Частота сердечных сокращений в 1 мин при работе	85	90	не более 100	90

## Основы физиологии труда

2.	Энергозатраты, ккал./ мин при работе	1,7	2,8	4,2	
3.	Минутный объем дыхания (TR), л/мин	9	14	18	
4.	Кожно-легочные влагопотери, г/ч	250			
5.	Снижение статической выносливости при усилии в 0,75 максимальной силы мышц, %	не более 20			

## Примечания.

1. Величины частоты ударов сердечных сокращений при общей работе следует принимать ниже на 5 ударов в 1 мин для лиц старше 30 лет и на 10 ударов в 1 мин для лиц старше 40 лет. При региональной и локальной работах соответствующие для указанных возрастных групп поправки составляют 3 и 7.

2. При общей работе в комбинации с тепловой нагрузкой величины частоты сердечных сокращений надо принимать ниже приведенных на 5 ударов в 1 мин.

3. Энергозатраты, минутный объем дыхания и влагопотери даны для людей весом 70 кг. Для приведения полученных данных к этой величине их надо разделить на средний вес обследуемого и умножить на 70.

## 4. Работа:

- общая - с участием мышц нижних конечностей и туловища;
- региональная - с преимущественным участием мышц плечевого пояса;
- локальная - связанная с мелкими стереотипными движениями кистей и пальцев рук.

Администрация предприятия обязана не принимать женщин детородного возраста на работы с веществами, влияющими на репродуктивное здоровье (список веществ опубликован).

Постановлением правительства РФ утверждён и опубликован Перечень работ (39 разделов, содержащих 456 видов работ) при выполнении которых запрещается применение труда женщин. Однако необходимо подчеркнуть, что в настоящее время этот Перечень планируется пересмотреть в сторону сокращения. Мини-

стерство труда обосновывает такой подход рядом обстоятельств (предоставлением равных прав в выборе профессий, автоматизацией и механизацией производства, выпуском более эффективных средств индивидуальной защиты, оптимизацией процедуры специальной оценки условий труда).

В составе санитарно-бытовых помещений объектов, где используется труд женщин, обязательно должны быть объекты по Перечню СНиП «Вспомогательные здания и помещения промышленных предприятий», учитывающие физиологию женского организма. Кроме того, набор таких помещений зависит от группы («агрессивности») производственного процесса. Как правило, это: гардеробные, умывальные, душевые, туалетные комнаты; помещения для обеспыливания, стирки, сушки, обезвреживания, обеззараживания, химической чистки специальной одежды и обуви; респираторные; помещения отдыха, обогрева и охлаждения персонала. К помещениям здравоохранения относятся: здравпункты, ингалятории, фотарии, комнаты личной гигиены женщины (обязательны при количестве работниц в смене более 15), помещения ручных и ножных ванн.

## ГЛАВА VIII ФИЗИОЛОГИЯ ТРУДА ПОДРОСТКОВ

### 8.1 Физиологические особенности юношеского организма

Практически все системы организма подростков ещё растут и это необходимо учитывать при организации их труда. Биологическое развитие подростков может протекать с нормальным, замедленным или ускоренным темпом. У школьников, как с замедленным, так и с ускоренным темпом физического развития более низкая трудоспособность, чем у детей, биологический возраст которых соответствует календарному. Формирование двигательных навыков происходит неравномерно: в возрасте 8-9 лет интенсивно развивается скорость, в 13-14 лет – сила, а в 15-16 лет – выносливость.

Не завершено созревание и развитие костно – мышечной системы

Позвоночный столб у человека не прямой, а имеет четыре физиологических изгиба: 2 вперёд – *лордозы* и 2 назад - *кифозы*, благодаря которым обеспечиваются его рессорные свойства, увеличивается ёмкость грудной клетки и тазовой полости. Данные изгибы окончательно формируются к 18-20 годам. Изгибы в сторону, правую или левую, *сколиозы* – являются патологическими. Причинами сколиоза и нарушения осанки могут быть: однообразные физические упражнения (производственные операции), недостаточная двигательная активность (гипокинезия), нерациональная одежда (в т.ч. специальная), недостаточная освещённость рабочих мест, несоответствующая росту подростка мебель. От 11–12 до 15–16 лет позвоночник отстает в годичной прибавке от темпа роста тела в длину. До 14 лет пространство между позвонками заполнено хрящом. Именно этим объясняются искривления позвоночника. Чувствителен позвоночник и к чрезмерным нагрузкам (подъём тяжестей), неправильному положению тела и длительному напряжению, когда подросток часами не меняет позу (сидит за компьютером). Кости таза легко смещаются, так как они срстаются только к 21 году, а такое смещение у девочек может повлечь за собой проблемы при рождении ребенка.

Интенсивно изменяется мышечная система. Однако она отстает в развитии от костной, поэтому подростки кажутся непропорционально сложенными, долговязыми. Мышечная сила еще только развивается, что часто приводит к быстрому утомлению, слабости, спаду энергии, резкому снижению результатов физической работы. По мере развития костно–мышечной системы раз-

## Основы физиологии труда

виваются и двигательные навыки подростков, развивается крупная мускулатура, дети становятся сильнее. Совершенствуется и мелкая мускулатура.

Вытягивание мальчиков 11-12 лет идёт исключительно за счёт нижних конечностей. Между 14-15 годами ноги перестают расти, и наступает пик скорости роста для туловища. Прекращение роста в длину происходит у юношей в 18-19 лет, у девушек в 16-17 лет.

### *Особенности кровеносной и дыхательной систем у подростка*

Развитие подростка связано с изменением в кровеносной и дыхательной сферах. Изменения касаются работы и массы сердца, кровяного давления, кровеносных сосудов. Несоответствие увеличивающейся массы сердца состоянию кровеносных сосудов, которые растут медленнее, приводит к повышению кровяного давления. Пульс более частый, чем у взрослого. Возможно появление болей в сердце, их называют подростковыми сердечными болями. Дыхательная система также имеет особенности. Объем легких увеличивается, как и масса сердца. Но у подростка учащенное дыхание, поэтому мозг испытывает дефицит кислорода. В результате могут возникнуть головные боли.

### *Развитие нервной системы подростка*

У подростка недостаточно сформирован контроль за своим поведением. Головной мозг состоит из двух полушарий, соединенных между собой пучком нервных волокон. Каждое полушарие мозга покрыто корой мозга – слоем серого вещества, которое контролирует сенсорные и двигательные процессы, восприятие и интеллектуальную деятельность. Несмотря на то, что правое и левое полушария идентичны, они выполняют разные функции и контролируют разные участки тела. Левое полушарие мозга, контролирующее правую сторону тела, включает центры речи, слуха, словесной памяти, принятия решений, обработки речевых сообщений и выражения положительных эмоций. В правом полушарии расположены центры обработки зрительно-пространственной информации, не относящихся к речи звуков, тактильных ощущений и выражения отрицательных эмоций. Оно контролирует левую сторону тела. Но это не значит, что полушария мозга не зависят друг от друга. Развитие нервной системы, особенно передних отделов больших полушарий, делает подростка «говорливым»: он не допускает никаких замечаний в свой адрес, реагирует на них словесно и чаще всего возмущается, выражает несогласие. Процессы возбуждения и торможения не уравновешены: возбуждение

преобладает над торможением. Вследствие быстрого распространения возбуждения подросток легко раздражается, становится вспыльчивым. Кроме силы реакции возбуждения отмечается и подвижность (иррадиация) нервных процессов. Так, подростки достаточно быстро реагируют на какие-то раздражители, особенно новые. Они легко переходят от одного состояния к другому (взаимная индукция). Возможна ситуация, когда ребенок в этом возрасте может заснуть на работе, почувствовать себя разбитым, измученным, хотя ничего не делал. Для подростков характерны смена настроения, необычно высокая чувствительность к несправедливости и личным неудачам. Различные отделы нервной системы разбалансированы. Вегетативная система, соединяющая кору головного мозга с нервными волокнами, которые расположены во внутренних органах и железах, работает неритмично и нескоординировано (учащенный пульс, неравномерное наполнение кровеносных сосудов и др.), что приводит к вегетососудистой дистонии, упадку сил, мышечной слабости. Такие особенности нервной системы подростка влияют на регуляцию, т. е. произвольность, осмысленность деятельности. Произвольность деятельности, требующая умения доводить все до конца, развита плохо. Поэтому подросток часто бросает начатое. Резкая смена настроений и психических состояний, повышенная возбудимость, импульсивность, проявление полярности и амбивалентности реакций, эмоциональная неустойчивость, утомляемость, раздражительность – наиболее яркие особенности проявления изменений в нервной системе и эмоциях, возникающих у подростка. В сфере личности они приводят к неусидчивости, смене настроения, которые окружающие часто воспринимают как лень.

Заболеваемость психическими расстройствами и расстройствами поведения среди подростков стоит на 5-м месте, в то время как у взрослых на 8-м.

#### *Изменения в гормональной системе подростка*

В подростковом возрасте отмечают гормональные «бури». Большие изменения в функционировании желез внутренней секреции, особенно щитовидной и половых, влияют на обмен веществ. Изменения в эндокринной системе выражаются в повышенной активности щитовидной железы, которая провоцирует появление бурных аффектов, подъем энергии и следующий за ними спад, усталость. Эндокринная система связана с нервной, что приводит к умственному переутомлению, повышенной раздражительности, расстройствам сна. Изменения в функционировании половых желез могут быть связаны с нервными перегруз-

## Основы физиологии труда

ками, переутомлением и сильными эмоциональными переживаниями. От полового созревания зависит общая неуравновешенность подростка. Появление вторичных половых признаков сопровождается выработкой мужских и женских половых гормонов – эстрогенов и андрогенов.

*Индивидуально–типологические особенности организма подростка*

К индивидуальным особенностям организма подростка можно отнести различия в функционировании мозга – преобладание левого или правого полушария. Люди с доминирующим правым полушарием склонны к целостному восприятию предметов. Такие подростки больше сосредоточены на форме, размерах, так как у них больше развиты воображение и интуиция. Они высказывают вздорные мысли, желают неосуществимого, планируют такие дела, которые им не под силу. Правое полушарие помогает живо представить прошлое и будущее, отвечать на вопросы живо и увлеченно, но неточно. Такие подростки любят поэзию, музыку, хорошо запоминают артистов, мелодии, пробуют писать стихи. Они более открыты, непредсказуемы, эмоциональны. Развитое левое полушарие влияет на обработку информации. «Левополушарные» подростки более основательны, склонны к занятиям техникой и точными науками. Считается, что у девочек–подростков чаще доминирует правое полушарие, поэтому у них преобладает интерес к гуманитарным предметам; у мальчиков–подростков доминирует левое полушарие, и поэтому они больше склонны к выполнению заданий по математике и физике. Особенности подростков в зависимости от преобладания правого или левого полушария:

Таблица 8.1

Левое полушарие	Правое полушарие
Усидчивы	Неусидчивы
Предпочитают заниматься в одиночестве	Предпочитают заниматься в компании
Во время учебных занятий спокойны	Подвижны, любят трогать предметы и манипулировать с ними
Обычно хорошо учатся	Успеваемость скачкообразная

Одна из индивидуальных особенностей развития организма

подростка – связь полушарий мозга с мыслительными способностями. Так, дивергентным мышлением обладают подростки с развитым правым полушарием. Они мыслят творчески, выдвигают неожиданные и порой странные идеи, как правило, тяготеют к художественному творчеству. Конвергентно мыслящие левополушарные подростки действуют по правилам, стремятся мыслить логически и действовать аргументированно. Они лучше справляются с заданиями, требующими точных ответов. К индивидуальным особенностям организма подростка можно отнести проявление типа высшей нервной деятельности и темперамента. Под типом высшей нервной деятельности имеют в виду наиболее яркое сочетание силы, уравновешенности и подвижности возбуждения и торможения. Сила нервных процессов, по И.П. Павлову, это способность нервных клеток выдержать сильные и продолжительно действующие раздражители. Сильная нервная система в обычной жизни видна по тому, как долго и усиленно, не отвлекаясь и не входя в запредельное торможение, может заниматься подросток. Причем после таких занятий он быстро восстанавливается и снова упорно занимается. Уравновешенность нервных процессов – соотношение возбуждения и торможения. При уравновешенной нервной системе возбуждение и торможение проявляются умеренно. Подросток с такой нервной системой ведет себя живо, эмоционально, без срывов, умеет вовремя остановиться, действует осмысленно и без аффектов, но если они возникают, то быстро проходят. Подвижность нервных процессов означает, насколько быстро или медленно они захватывают весь организм. Подвижность проявляется прежде всего в моторике и мимике. У подростка с подвижными нервными процессами живая мимика, хорошо развита моторика.

#### 8.2 Реализация физиологических особенностей организма подростков в Санитарных Правилах

Санитарные Правила, регламентирующие труд несовершеннолетних, устанавливают следующие ограничения:

до достижения 18 лет не допускается приём на работы, которые могут причинить физическому и психическому здоровью подростков. Перечень таких работ утверждён Постановлением правительства РФ и содержит 42 вида работ по 2198 профессиям; противопоказанием для трудоустройства подростков являются условия труда, характеризующиеся по химическим факторам:

а) присутствием химических веществ 3-4 классов опасности в концентрациях, превышающих ПДК для воздуха рабочей зоны;

Основы физиологии труда

б) присутствием химических веществ 1-2 классов опасности в концентрациях, превышающих ПДК для атмосферного воздуха населённых мест;

в) присутствием химических веществ, опасных для развития острых отравлений, канцерогенов, опасных для репродуктивного здоровья, аллергенов, в концентрациях, превышающих ПДК для атмосферного воздуха населённых мест;

г) присутствием противоопухолевых лекарственных средств, гормонов-эстрогенов, наркотических анальгетиков;

д) присутствием ядовитых растений и лекарственного сырья, относящихся к списку «Б» Государственной фармакопии;

по биологическим факторам:

е) присутствие в воздухе микроорганизмов-продуцентов и препаратов, содержащих живые клетки и споры микроорганизмов в концентрациях, превышающих ПДК для воздуха рабочей зоны;

ж) присутствие в воздухе микроорганизмов-продуцентов и препаратов, содержащих живые клетки и споры микроорганизмов, способных вызывать аллергические заболевания в производственных условиях в концентрациях, превышающих ПДК для атмосферного воздуха населенных мест;

и) присутствие патогенных микроорганизмов и возбудителей паразитарных болезней, продуктов их жизнедеятельности;

по физическим факторам:

к) присутствие слабифиброгенных аэрозолей в концентрациях, превышающих ПДК для воздуха рабочей зоны;

л) присутствие высоко- и умереннофиброгенных аэрозолей преимущественно фиброгенного действия в концентрациях, превышающих ПДК для атмосферного воздуха населенных мест;

м) шум на рабочих местах, превышающий установленный для подростков предельно-допустимый уровень (ПДУ) эквивалентный уровень звука 70 дБА (табл. 8.2);

Таблица 8.2

Разрешённая длительность работы подростков в условиях производственного шума

Уровни звука L <sub>A</sub> и эквивалентные уровни звука L <sub>A</sub> экв., дБА	Возраст (года)	
	14-15 лет	16-18 лет
75 дБА	3,5 часа	5 часов
80 дБА	3 часа	4 часа

Примечание:

1. По истечении допустимого времени работы в условиях шума подростков переводят на другую работу вне действия повышенных для подростков уровней шума.

2. При работах в условиях шума, превышающего 70 дБА, необходимо вводить 15 минутные перерывы через 45 минут работы с отдыхом в нешумном помещении.

3. При импульсном шуме длительность работы соответственно возрасту должна сокращаться на 30 минут.

4. Пребывание подростков в условиях шума больше времени, указанного в таблице без применения средств защиты, не допускается.

н) общая вибрация 1 и 2 категории транспортных и транспортно-технологических машин и механизмов;

о) общая вибрация 3 категории (эквивалентный скорректированный уровень виброскорости, виброускорение, дБ/раз), превышающая ПДУ на рабочем месте;

п) вибрация локальная (эквивалентный скорректированный уровень виброскорости, виброускорение, дБ/раз) превышающая ПДУ;

р) инфразвук (общий уровень звукового давления, дБ Лин) на рабочем месте, превышающий ПДУ;

с) ультразвук воздушный (уровни звукового давления в 1/3 октавных полосах частот, дБ) на рабочем месте, превышающий ПДУ; наличие контактного ультразвука;

т) электромагнитные излучения на рабочих местах (постоянное магнитное поле, электростатическое поле, электрические поля промышленной частоты - 50 Гц, магнитные поля промышленной частоты - 50 Гц, электромагнитные излучения радиочастотного диапазона), превышающие ПДУ для населения;

у) условия работ с лазерами 2-го, 3-го, 4-го класса опасности;

ф) ультрафиолетовое излучение при наличии производственных источников ( $Вт/м^2$ ), превышающее установленные нормативы для рабочих мест;

х) в условиях работ, связанных с наличием радиоактивных веществ и источников ионизирующих излучений;

ц) параметры микроклимата (температура, влажность, скорость движения воздуха), превышающие допустимые на рабочих местах для различных категорий работ;

ч) параметры световой среды (освещенность рабочей по-

## Основы физиологии труда

верхности; показатель ослеплённости; коэффициент пульсации; уровни ультрафиолетовой радиации), не соответствующие нормативам, принятым для работ выполняемого класса точности, установленных для рабочих мест в различных видах экономической деятельности;

ш) отсутствие естественного освещения на рабочих местах;  
э) при повышенном атмосферном давлении (в кессонах, барокамерах, водолазные работы и т.п.).

При наличии на производстве вредных физических факторов, превышающих гигиенические нормативы, и которые не могут быть приведены в соответствие с гигиеническими требованиями необходимо предусмотреть сокращение времени контакта работников в возрасте от 16 до 18 лет с этими вредными факторами (защита временем) в следующих случаях:

при превышении уровня шума более 70 дБА, но не превышающего 80 дБА, сократить время работы в условиях шума, в соответствии с требованиями таблицы 8.2;

в условиях воздействия общей вибрации 3 категории, соответствующей ПДУ, время работы подростка не должно превышать 3,5 часов в день. Подростки моложе 16 лет к таким работам не допускаются;

в условиях воздействия локальной вибрации, соответствующей нормативным требованиям, время работы не должно превышать 3,5 часов в день. Подростки моложе 16 лет к таким работам не допускаются.

#### Тяжесть труда

Допустимая тяжесть трудового процесса для подростков разного возраста и пола (по физической динамической и статической нагрузке, массе перемещаемого груза, стереотипным рабочим движениям, рабочей позе, перемещениям) не должна превышать величин, представленных в Приложении 14.

#### Напряженность труда

Для подростков должна исключать повышенные нервно-психические нагрузки (интеллектуальные, сенсорные, эмоциональные и монотонные нагрузки). В связи с этим, для подростков должны быть исключены:

а) условия труда и виды деятельности с высокой степенью интеллектуальных нагрузок, при которых осуществляется решение сложных задач с выбором по известным алгоритмам (работа по серии инструкций); восприятие сигналов с последующей коррекцией действий, требование принятия срочных решений. При-

## Основы физиологии труда

мерами таких работ могут быть операторские профессии на транспорте и при управлении технологическими процессами;

б) условия (труда) работы и виды деятельности с высокой степенью сенсорных нагрузок, при которых:

длительность сосредоточенного контроля превышает 50% рабочего времени;

плотность сигналов (световых, звуковых) и сообщений в среднем за 1 час работы превышает 175 сигналов;

число производственных объектов одновременного контроля составляет более 10;

имеет место повышенная нагрузка на слуховой анализатор (восприятие речи и дифференцированных сигналов, разборчивость которых менее 70%; имеются помехи, на фоне которых речь слышна на расстоянии до 2 метров);

нагрузка на голосовой аппарат (суммарное количество часов, наговариваемое в неделю) превышает половину рабочих часов в неделю.

в) условия труда и виды деятельности с высокими нагрузками на зрительный анализатор, при которых:

зрительно-напряженная работа при величине объектов различения от 1 мм - до 0,3 мм превышает более 50% рабочего времени, при величине объектов менее 0,3 мм - превышает более 25% времени;

зрительно-напряженная работа с оптическими приборами (микроскопы, лупы и т.п.) превышает более 50% рабочего времени;

зрительно-напряженная работа при наблюдении за экранами видеотерминалов более 2-х часов в день при буквенно-цифровом типе отображения информации и более 3-х часов в день при графическом типе отображаемой информации;

г) условия работы, связанные со значительными эмоциональными нагрузками, при которых:

повышена ответственность за функциональное качество основной работы (задания);

имеется риск для собственной жизни и безопасности других людей;

д) условия работы, связанные с высокой степенью монотонности, при которых:

число элементов (приемов), необходимых для реализации простого задания или в многократно повторяющихся операциях, менее 6;

продолжительность операций менее 25 секунд;

## Основы физиологии труда

время активных действий менее 10% продолжительности смены, а в остальное время работы осуществляется контроль за ходом производственного процесса;

Станки, оборудование, инструменты, рычаги управления, рабочая мебель по своим параметрам должны соответствовать эргономическим требованиям с учетом роста и физического развития подростка.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Р 2.2. 2006-05. Руководство, по гигиенической оценке, факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.

Методические указания по методам контроля 4.3.1895-04 «Оценка теплового состояния человека с целью обоснования гигиенических требований к микроклимату рабочих мест и мерам профилактики охлаждения и перегревания».

3. Руководство к лабораторным занятиям по гигиене труда: Учебное пособие под ред. В.Ф. Кириллова. – М. Медицина, 2001. – 400 с.

4. Методические рекомендации № 8212-85 «Основные принципы и методы эргономической оценки рабочих мест для выполнения работ сидя и стоя».

5. ГОСТ 12.2.032-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования».

6. ГОСТ 12.1.033-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования».

7. ГОСТ 12.2.049-80 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования».

8. СанПиН 2.2.0.555-96. Гигиенические требования к условиям труда женщин.

9. СанПиН 2.2.6. 2553-09. Санитарно-эпидемиологические требования к безопасным условиям труда работников, не достигших 18-летнего возраста.

10. Постановление Правительства РФ от 25 февраля 2000г. № 162. Об утверждении Перечня тяжёлых работ и работ с вредными или опасными условиями труда, при выполнении которых запрещается применение труда женщин.

11. Постановление Правительства РФ от 23 февраля 2000г. № 163. Об утверждении Перечня тяжёлых работ и работ с вредными или опасными условиями труда, при выполнении которых запрещается применение труда лиц, моложе 18 лет (в ред. Постановлений Правительства РФ от 20.06.2001 № 473, от 20.06.2011 № 479).

12. СанПиН 2.2.4. 3359-16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах.

13. Р 2.1.10. 1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду.

14. Сливина Л.П., Квасов А.Р., Айдинов Г.В., Степаненко

Основы физиологии труда

А.Ф. и др. Изучение влияния трудовой деятельности на организм человека и профилактика утомления: Учебно-методическое пособие. – Ростов н/Д: КМЦ «КОПИЦЕНТР», 2006. – 50с.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Состояние и законы функционирования организма человека в процессе труда сложно понять без наличия специальных медицинских знаний об организме как единой биологической системе, как «механизме», оптимально функционирующем в определённых пределах воздействующих нагрузок.

Производственные нагрузки отличаются разнообразием по своему генезису, уровням и экспозиции (физические, психоэмоциональные, химические, биологические, тяжесть и напряжённость труда; допустимые, вредные и экстремальные значения воздействий; разовые = острые, среднесменные = хронические и пр.).

Как уже отмечалось в *предисловии* к данному изданию, у студентов технических (не медицинских) вузов возникает объективная гностическая трудность междисциплинарного характера, а именно – невозможность понимания логики изучаемых физиологических явлений. По мнению авторов данного пособия, указанную трудность можно минимизировать, если изучать предмет, основываясь на тренде к техническому полюсу физиологических знаний (через математический аппарат иллюстрации явлений, через детальное цифровое выражение границ дозволенного производственного воздействия на человека). Такой подход возможно реализовать изучая не только узко физиологические аспекты функционирования организма в процессе труда, но и используя знания биомеханики, инженерной психологии, эргономики, токсикологии и гигиены труда.

Будущий инженер должен в общем виде представлять пути повышения работоспособности и сохранения профессионального здоровья человека:

1) рациональная организация режима труда и отдыха, допустимые рабочие нагрузки, направленные на компенсацию неблагоприятных сдвигов в функциональном состоянии организма под влиянием профессиональной деятельности;

2) оптимальное распределение функций между человеком и системами управления (оборудованием), эргономичная организация рабочего места;

3) реализация всех направлений научной организации труда (физиологических, гигиенических, психологических, эстетических);

4) разработка системы контроля функционального состояния человека в процессе труда и научное обоснование мероприя-

тий по регулированию этого состояния – как элемент СУОТ на предприятии;

5) гигиеническое нормирование качества производственной среды и экспозиции вредных производственных факторов;

6) учёт возрастно-половых возможностей работников по компенсации вредного производственного воздействия на организм;

7) обязательное использование всех универсальных методов защиты работающих от вредных производственных воздействий (защита экраном, временем, расстоянием и уровнем вредности в источнике).

По нашему мнению, данный учебный предмет будет динамично развиваться и занимать всё значимое место в учебных планах вузов инженерного профиля.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение №1

КАРТА

Хронометражных наблюдений

Название предприятия

Цех          Смена          Дата

Наименование операции

Ф.И.О. рабочего

Возраст    Общий стаж работы

Стаж работы по данной специальности (профессиональный

стаж)

№ п/п	Наименование элемента работ	Шифр опера- ции	Текущее время (показания секундомера)	Продолжительность операции	8- 00	Час работы	Рабочая поза
1	Наладка станка	В	2'30"	2 мин. 30 сек			
2	Работа на станке: 1-я операция	Т	5'	30 сек.			
	2-я операция	Т	8'20"	3 мин. 30 сек.			
	3-я операция	Т	12'30"	4 мин.			
3	Измерение детали	К	13'	30 сек.			
4	Отдых	ОЛ	21'	3 мин.			

Основы физиологии труда

Расшифровка сокращений:

ОЛ – отвлечения личные; К – контрольные операции; В – вспомогательные операции; Т – технологические операции, и т.д.

**Приложение №2**

РЕЗУЛЬТАТЫ

хронометрических наблюдения за рабочими  
\_\_\_\_\_ завода (фабрики)

В \_\_\_\_\_ цехе

Операция

Операции Техно- логические		Вспомо- гательные		Кон- троль- ные		Отвлечения Личные				Произво- дствен- ные		Отдых (перерыв на обед, регламен. перерыв)		Рабочая нагрузка	
сек	%	сек	%	сек	%	сек	%	сек	%	сек	%	сек	%	сек	%

### Приложение 3

ТАБЛИЦА  
 значений полного времени изготовления деталей  
 рабочим (выполнение операции)  
 за каждые 0,5 часа работы

№ деталей (операции)	1-е полчаса работы		2-е полчаса работы	
	Время изготовления детали (время опе- рации), сек.	Отклонение вариант от средне арифметической величины (a)	Время от изготовления детали (время операции), сек.	Отклонение вариант от средне арифмети- ческой величины (a)
1				
2				
3				

#### Статистические показатели

X				
$\pm m$				
$\pm \sigma$				
V				
t				
p				

## Приложение 4

Константы К для средних ошибок, вычисляемых по формуле:  $m = \pm \Sigma a K$

Число вариант (n)	Константа К	Число вариант (n)	Константа К	Число вариант (n)	Константа К
2	0,2904	36	0,0059	69	0,0022
4	0,1809	37	0,0056	70	0,0022
5	0,1268	38	0,0054	71	0,0021
6	0,0984	39	0,0052	72	0,0021
7	0,0731	40	0,0050	73	0,0020
8	0,0592	41	0,0048	74	0,0020
9	0,0492	42	0,0047	75	0,0019
10	0,0418	43	0,0045	76	0,0019
11	0,0360	44	0,0043	77	0,0019
12	0,0315	45	0,0042	78	0,0018
13	0,0278	46	0,0040	79	0,0018
14	0,0248	47	0,0039	80	0,0018
15	0,0223	48	0,0038	81	0,0017
16	0,0202	49	0,0037	82	0,0017
17	0,0184	50	0,0036	83	0,0017
18	0,0169	51	0,0035	84	0,0016
19	0,0156	52	0,0034	85	0,0016
20	00,0144	53	0,0033	86	0,0016
21	0,0133	54	0,0032	87	0,0016
22	0,0124	55	0,0031	88	0,0015
23	0,0010	56	0,0030	89	0,0015
24	0,0109	57	0,0029	90	0,0015
25	0,0102	58	0,0028	91	0,0015
26	0,0096	59	0,0027	92	0,0015
27	0,0091	60	0,0027	93	0,0014
28	0,0086	61	0,0026	94	0,0014
29	0,0082	62	0,0025	95	0,0014
30	0,0078	63	0,0025	96	0,0014
31	0,0074	64	0,0024	97	0,0013
32	0,0070	65	0,0024	98	0,0013
33	0,0067	66	0,0023	99	0,0013
34	0,0064	67	0,0023	100	0,0013
35	0,0062	68	0,0023	101	0,0012

### Приложение 5

ТАБЛИЦА  
значений показателей существенности различий (t)

Число степеней свободы	Распределение коэффициента Стьюдента					
	Уровень значимости (P)					
0	0,10	0,05	0,02	0,01	0,002	0,001
1	6,134	12,71	31,82	63,66	318,3	636,6
2	2,920	4,303	6,0959	62,80	12,33	31,60
3	2,853	3,182	4,541	5,841	10,21	12,92
4	2,134	2,776	3,447	4,604	7,173	8,160
5	2,015	2,571	3,365	4,032	5,893	6,869
6	1,943	2,447	3,143	3,707	5,208	5,959
7	1,860	2,365	2,998	3,499	4,785	5,408
8	1,833	2,306	2,896	3,355	4,501	5,041
9	1,812	2,2962	2,821	3,250	4,297	4,781
10	1,796	2,228	2,764	3,169	4,144	4,587
11	1,782	2,201	2,718	3,106	4,025	4,437
12	1,771	2,179	2,681	3,056	4,930	4,318
13	1,761	2,160	2,650	3,012	3,852	4,221
14	1,753	2,145	2,624	3,977	3,787	4,140
15	1,746	2,131	2,602	2,947	3,733	4,073
16	1,740	2,120	2,543	2,921	3,686	4,015
	1,734	2,110	2,567	2,898	3,646	4,965
18	1,729	2,101	2,552	2,878	3,610	3,922
19	1,725	2,003	2,539	2,861	3,579	3,883
20	1,721	2,086	2,528	2,845	3,552	3,850
21	1,717	2,080	2,518	2,831	3,527	3,819
22	1,714	2,074	2,508	2,819	3,505	3,792
23	1,711	2,069	2,500	2,807	3,485	3,767
24	1,708	2,064	2,492	2,797	3,467	3,745
25	1,706	2,060	2,485	2,767	3,450	3,725
26	1,703	2,056	2,479	2,779	3,435	3,707
27	1,703	2,052	2,473	2,771	3,421	3,690
28	1,701	2,048	2,467	2,763	3,408	3,674
29	1,699	2,045	2,462	2,756	3,396	3,659
30	1,697	2,042	2,457	2,750	3,365	3,646
31	1,645	1,960	2,326	2,576	3,090	3,291

Приложение 6

Десятичные логарифмы трехзначных чисел

200	2,30
250	2,39
300	2,47
350	2,54
400	2,60
450	2,65
500	2,70
550	2,74
600	2,78
650	2,81
700	2,84
750	2,87
800	2,90



**Приложение 7**

«Корректурная проба»

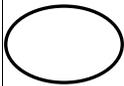
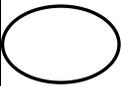
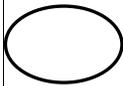
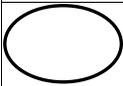
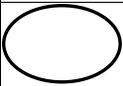
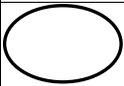
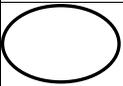
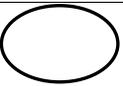
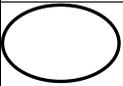
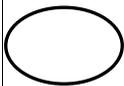
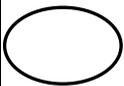
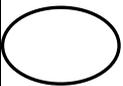
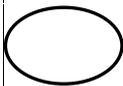
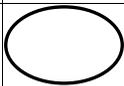
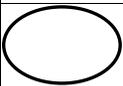
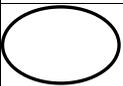
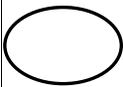
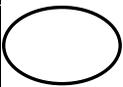
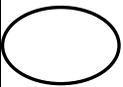
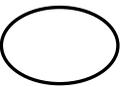
ФИО \_\_\_\_\_ Возраст \_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_

оенаисмвыгутжбшряцплкдзюхэчфшьйоенаисмвыгутжбшряц  
 лкдзюхэчфшьйтжбшряцплкдзюхэчфшьйшьюхэчфцплкдзтжб  
 смвыгутжбшряроцаицплкдзюхэчфшьйтжбшряцплкдзюхэчфш  
 оенаисмвыгуцплкдзтжбшряюхэчфьщйюхэчфьщяплктжбшдз  
 тжбшрясмвыгуоенаицплкдзюхэчфряьщйшьйюхэчфцплкдзтж  
 смвыгуттжбшряроенаицплкдзюхэчфшьйтжбшряцплкдзюхэчфш  
 йшьюфчэкюздкпцяршбжтугывмсианеосмвыгуоенаитжбшряцп  
 тжбшрясмвыгуоенаицплкдзюхэчфряьщйшьйюхэчфцплкдзтж  
 смвыгутжбшряроенаицплкдзюхэчфшьйтжбшряцплкдзюхэчфш  
 йшьфчэхюздкпцяршбжтугывмсианеосмвыгуоенаитжбшряцп  
 тжбшрясмвыгуоенаицплкдзюххэчфряьщйшьйюхэчфцилкдзтж  
 смвыгутжбшряроенаицплкдзюхэчфшьйтжбшряцплкдзюхэчфш  
 йшьфчэхюздкпцяршбэтугывмсианеосмвыгуоенаитжбшряцп  
 оенаисмвыгутжбшряцплкдзюхэчфшьйоенаисмвыгтжбшряцпш  
 тжбшрясмвыгуоенаисцплкдзюхэчфряьщйшьйюхэчфцплкдзтж  
 йшьфчэхюздкпцяршбжтугьгвмсианеосмвыгуоенаитжбшряцп  
 оенаисмвыгутжбшряцплкдздохячфшьйоенаисмвыгтжбшряцпш  
 тжбшрясмвыгуоенаицплкдзюхэчфряьщйшьйшьйюхэчфцплкд  
 йшьфчэхюздкпцяршбжтугывмсианеосмвыгуоенаитжбшряцп  
 оенаисмвыгутжбшряцплкдзюхэчфшьйоенаисмвыгтжбшряцпш  
 тжбшряцплкдзюхчэфьшйсмвыгуоенаийьщюхэифцплкдзтжбшря  
 ряцплкдзюхэчфшьйшьйюхэчфцплкдзяршбжтсмвыгуианеосмт  
 оенаисмвыгутжбшряцплкдзюхэчфшьйоенаисмвыгтжбшряцпш  
 тжбшряцплкдзюхчэфьщйсмвыгуоенаийьщюхэчфцплкдзтжбшря  
 ряцплкдзюхэчфшьйшьйюхэчфцплкдзяршбжтсмвыгуианеосмт  
 цплкдзюхэчфшьйтжбшрясмвыгуоенаисмвыгутжбшряцплкдзй  
 оенаисмвыгутжбшряцплкдзюхэчфшьйоенаисмвыгтжбшряцпш  
 тжбшрядплкдзюхчэфьшисмвыгуоенаийьщюхэчфшплкдзтжбшря  
 цплкдзюхэчфшьйтжбшрясмвыгуоенаисмвыгутжбшряцплкдзй  
 ряцплкдзюхэчфшьишьйюхэчфцплкдзяршбжтсмвыгуианеосмт  
 оенаисмвыгутжбшряцплкдзюхэчфшьйоенаисмвыгтжбшряцпш  
 тжбшряцплкдзюхчэфьюсмвыгуоенаийьщюхэчфцплкдзтжбшря  
 цплкдзюхэчфшьйтжбшрясмвыгуоенаисмвыгутжбшряцплкдзй  
 ряцплкдзюхэчфшьйшьйюхэчфцплкдзяршбжтсмвыгуианеосмт  
 оенаисмвыгтжбшряцплкдзюхэчфшьйоенаисмвыгтжбшряцпш

тжбшряцплкздюхчэфшьйсмвыгуоенаийщюхэчфцплкдзтжбря  
цплкдзюхэчфшьйтжбршясмвыгуоенаисмвыгутжбшряцплкдзй  
ряцплкдзюхэчфшьйщьюхэчфцплкдзяршбжтсмвыгуианеосмт  
оенаисмвыгутжбшряцплкдщюхэчфшьйоенаисмвыгутжбшряцпш  
цплкдзюхэчфшьйтжбршясмвыгуоенаисмвыгутжбшряцплкдзй

### Приложение 8

Таблица Шульте-Платонова

8		24		15	6	19
4		12	1			23
	18				11	
22		7	21		3	9
2		16				
13			5		25	17
	10		20		14	

## Приложение 9

Результаты исследования внимания и тремора при выполнении умственной работы

№ п п	ПОКАЗАТЕЛИ ВНИМАНИЯ										Хронометрия		Хронорефлексометрия					
	По таблицам Анфилова					По таблице Шульце-Платонова					В начале занятия	В конце занятия						
	В начале занятия	В конце занятия	В начале занятия	В конце занятия	В начале занятия	В конце занятия	В начале занятия	В конце занятия										
	V	A	N	C	A	V	A	N	C	A	Время просмотра	Время просмотра	По широкому прорезью	По узким прорезью	По широкому прорезью	По узким прорезью	КЧСМ	СПЗМР

## Приложение 10

Критерии для оценки труда по тяжести трудового процесса.

№№ п\п	Признаки	Классы условий труда			
		Оптимальны й (легкая физическая нагрузка)	Допустимы й (средняя физическая нагрузка)	Вредный (тяжелый) труд	
				1 степен и	2 степен и
1	2	3.1	3.2		
Физическая динамическая нагрузка (единицы внешней механической работы за смену, кг м)					
1.1	При региональной нагрузке (с преимущественным участием мышц рук и плечевого пояса) при перемещении груза на расстояние до 1м: Для мужчин Для женщин	До 2500 До 1500	До 5000 До 3000	до7000 до 4000	Более 7000 Более 4000
1.2	При общей нагрузке (с участием мышц рук, корпуса, ног)				
1.2.1	При перемещении груза на расстояние от 1 до 5 м: Для мужчин Для женщин	До 12500 До 7500	До 25000 До 15000	До 35000 До 25000	Более 35000 Более 25000
1.2.2	При перемещении груза на расстояние более 5 м: Для мужчин Для женщин	До 24000 До 14000	До 46000 До 28000	До 70000 До 40000	Более 70000 Более 40000
Масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную (кг)					

## Основы физиологии труда

2.1.	Подъем и перемещение (разовое) тяжести при чередовании с другой работой (до 2 раз в час):  Для мужчин Для женщин	До 5	До 15	До 30 До 10	До 35 До 12	Более 35 Более 12

2.2	Подъем и перемещение (разовое) тяжести постоянно в течение рабочей смены Для мужчин  Для женщин	До 5 3	До 15 7	До 20 До 10	Более 20 Более 10	
2.3	Суммарная масса грузов перемещаемых в течение каждого часа смены					
2.3.1	С рабочей поверхности:  Для мужчин Для женщин	До 250 До 100	До 870 До 350	До 1500 До 700	Более 1500 Более 700	
2.3.2.	С пола:  Для мужчин Для женщин	До 100 До 50	До 435 До 175	До 600 До 350	Более 600 Более 350	
3. Стереотипные рабочие движения (количество за смену)						
1		2	3	4	5	
3.1.	При локальной нагрузке (с участием мышц кистей и пальцев рук).	До 20000	До 40000	До 60000	Более 60000	

## Основы физиологии труда

3.2.	При региональной нагрузке (при работе с преимущественным участием мышц рук и плечевого пояса)	До 10000	До 20000	До 30000	Более 30000
4. Статическая нагрузка - величина статической нагрузки за смену при удержании груза, приложении усилий, кг*с.					
4.1.	Одной рукой Для мужчин	До 18000	До 36000	До 70000	Более 70000
	Для женщин	До 11000		До 42000	Более 42000
4.2.	Двумя руками Для мужчин	До 36000	До 70000	До 140000	Более 140000
	Для женщин	До 22000		До 84000	Более 84000
4.3.	С участием мышц корпуса и ног: Для мужчин	До 43000	До 100000	До 200000	Более 200000
	Для женщин	До 26000	До 60000	До 120000	Более 120000

5. Рабочая поза				
1	2	3	4	5

## Основы физиологии труда

5.	Рабочая поза	Свободная, удобная поза, возможность смены рабочего положения (сидя, стоя). Нахождение в позе стоя до 40% времени смены.	Периодическое, до 25% времени смены, нахождение в неудобной (работа с поворотом туловища, неудобным размещением конечностей и др.). Нахождение в позе стоя более 60% времени смены.	Периодическое, до 50% времени смены, нахождение в неудобной и\или фиксированной позе; пребывание в вынужденной позе (на коленях, на кортежах и т.п.) до 25% времени смены. Нахождение в позе стоя 80% времени смены.	Периодическое, более 50% времени смены, нахождение в неудобной и\или фиксированной позе; пребывание в вынужденной позе (на коленях, на корточках и т.п.) более 25% времени смены. Нахождение в позе стоя более 80% времени смены.
6. Наклоны корпуса					

## Основы физиологии труда

6	Наклоны корпуса (вынужденные более 30 гр.). количество за смену.	До 50	51-100	101-300	Свыше 300
7. Перемещение в пространстве, обусловленные технологическим процессом, км.					
7.1	По горизонтали	До 4	До 8	До 12	Более 12
7.2	По вертикали	До 2	До 4	До 8	Более 8

Классы условий труда по показателям напряженности трудового процесса.

№ п\п	Признаки	Классы условий труда			
		Оптимальный (напряженность труда легкой степени).	Допустимый (напряженность труда средней степени).	Вредный Напряженный труд	
				1 степени	2 степени
		1	2	3.1	3.2
		1. Интеллектуальная нагрузка			

Основы физиологии труда

1.1	Содержание работы	Отсутствует необходимость принятия решения	Решение простых задач по инструкции	Решение сложных задач с выбором по известным алгоритмам (работа серии инструкций)	Эвристическая (творческая) деятельность, требующая решения алгоритма, единичное руководство в сложных ситуациях.
1.2	Восприятие сигналов (информации) и их оценка.	Восприятие сигналов, но не требуется коррекция действий	Восприятие сигналов с последующей коррекцией действий и операций.	Восприятие сигналов с последующим сопоставлением фактических значений	Восприятие сигналов с последующей комплексной оценкой связанных

Основы физиологии труда

				параметров с номинальными значениями. Заключительная оценка фактических значений параметров.	параметров. Комплексная оценка всей производственной деятельности
1.3	Распределение функций по степени сложности задания.	Обработка и выполнение задания	Обработка, выполнение задания и его проверка.	Обработка, проверка и контроль за выполнением задания.	Контроль и предварительная работа по распределению заданий другим лицам.

Основы физиологии труда

1.4	Характер выполняемой работы	Работа по индивидуальному плану	Работа по установленному графику с возможной его коррекцией по ходу деятельности.	Работа в условиях дефицита времени.	Работа в условиях дефицита времени и информации с повышенной ответственностью за конечный результат.
-----	-----------------------------	---------------------------------	---	-------------------------------------	--

2. Сенсорные нагрузки

2.1.	Длительность сосредоточенного наблюдения (в % от времени смены).	До 25	26-50	51-75	Более 75
2.2.	Плотность сигналов (световых, звуковых) и сообщений в среднем за 1 час работы.	До 75	76-175	176-300	Более 300
2.3.	Число производственных объектов одно-временного наблюдения	До 5	6-10	11-25	Более 25

Основы физиологии труда

2.4.	Размер объекта различения (при расстоянии от глаз работающего до объекта различения 0.5 м) в мм при длительности сосредоточенного наблюдения (% времени смены)	Более 5мм 100 %	5 - 1,1 мм - более 50%; 1 - 0,3 мм - до 50%; менее 0,3 мм до 25%	1 - 0,3 мм - более 50%; менее 0,3 мм до 25 - 50%	менее 0,3 мм более 50%
------	--	-----------------	--	---	------------------------

3. Эмоциональные нагрузки					
3.	Степень ответственности за результат собственной деятельности. Значимость ошибки.	Несёт ответственность за выполнение отдельных элементов заданий. Влечёт за собой дополнительные усилия работе со стороны	Несет ответственность за функциональное качество вспомогательных работ (заданий). Влечет за собой дополнительные усилия со	Несет ответственность за функциональное качество основной работы (задания). Влечет за собой исправления за	Несет ответственность за функциональное качество основной работы (задания). Влечет за собой
1.					

Основы физиологии труда

		работника.	стороны вышестояще- го руковод-ства (бригадира, мастера и т.п.)	счёт дополни- тельных усилий всего коллектива (группы, бригады и т.п.)	поврежде- ние оборудо- вания, остановку технологи- ческого процесса, и может возникнуть опасность для жизни.
3. 2.	Степень риска для соб- ственной жизни	Исключена			Вероятна
3. 3.	Степень ответствен- ности за безопас- ность других лиц	Исключена			Возможна
4. Монотонность работы					

Основы физиологии труда

4.1.	Число элементов (приемов), необходимых для реализации простого задания или в многократно повторяющихся операциях	Более 10	9-6	5-3	Менее 3
------	--	----------	-----	-----	---------

4.2.	Продолжительность (в секундах) выполнения простых производственных заданий или повторяющихся операций	Более 100	100-25	24-10	Менее 10
4.3.	Время активных действий (в % к продолжительности смены). В остальное время наблюдение за ходом производственного процесса.	20 и более	19-10	9-5	4 и менее

Основы физиологии труда

4. Монотонность производственной обстановки (время пассивного наблюдения за ходом техпроцесса в % от времени смены)	Менее 75	76-80	81-90	Более 90
5. Режим работы				
5.1. Фактическая продолжительность рабочего дня	6-7 ч.	8-9 ч.	10-12ч.	Более 12ч.
5.2. Сменность работы.	Односменная работа (без ночной смены).	Двухсменная работа (без ночной смены).	Трёхсменная работа (работа в ночную смену).	Нерегулярная сменность с работой в ночное время.
5.3. Наличие нерегламентированных перерывов и их продолжительность.	Перерывы регламентированы достаточной продолжительности: 7% и более рабочего времени.	Перерывы не регламентированы достаточной продолжительности: 3% рабочего времени.	Перерывы не регламентированы достаточной продолжительности: 3% рабочего времени.	Перерывы отсутствуют.

### Приложение №11

КАРТА  
 изучения основных производственных показателей для  
 оценки тяжести  
 и напряженности труда  
 Название предприятия  
 Цех смена дата  
 Профессия  
 Краткое описание технологического процесса  
 Вес поднимаемых вручную грузов (деталей, заготовок и  
 т.п.) или рабочих  
 усилий  
 Вес ручных инструментов  
 На какую высоту поднимаются грузы  
 Длина пути перемещения с грузом  
 Число объектов одновременного наблюдения  
 Число элементов в операции  
 Статическая нагрузка  
 Наклоны корпуса  
 Рабочая поза

Время наблюдения	Перемещение грузов (время и длина пути)	Подъем грузов (время и высота подъема)	Продолжительность основной операции количество операций	Пассивное наблюдение за ходом технологического процесса	Рабочая поза (номер и время пребывания)

## Приложение 12

РЕЗУЛЬТАТЫ  
оценки тяжести и напряженности труда по *производственным* показателям

№№ п/п	Показатели (приложение 11)	Фактическое зна- чение на рабочем месте	Оценка тяже- сти и напряженности труда

### Приложение 13

#### КРИТЕРИИ

для оценки тяжести труда по *физиологическим* показателям  
(средне рабочие величины)

	Количественные критерии тяжести работы			
	I	II	III	IV
	Лёгкая	Средней тяжести	Тяжёлая	Очень тяжёлая
Частота сердечных сокращений (ЧСС) в минуту: - при общей динамической работе  - при преимущественно статической нагрузке	До 90	До 100	До 120	>120
	До 85	До 90	До 100	>100
Энерготраты (ккал/час)	До 150	До 250	До 450	>450
Минутный объём дыхания (л/мин)	До 12	До 20	До 36	>36
Частота дыхания (цикл/мин)	До 22	До 25	До 30	>30
Потребление кислорода (л/мин)	До 0,5	До 0,8	До 1,5	>1,5

## Приложение № 14

Предельно допустимые величины показателей тяжести трудового процесса для подростков разного возраста и пола

№	Показатели тяжести трудового процесса, в зависимости от характера работ	Допустимые физические нагрузки (физическая динамическая нагрузка- кг*м, масса груза - кг, статическая нагрузка- кг*с), стереотипные рабочие движения, наклоны, передвижения – количество за смену)							
		для юношей				для девушек			
		14 лет	15 лет	16 лет	17 лет	14 лет	15 лет	16 лет	17 лет
1	Физическая динамическая нагрузка, выраженная в единицах внешней механической работы за смену, кг*м:								
	- при региональной нагрузке с преимущественным участием мышц рук и плечевого пояса при перемещении груза на расстояние до 1 м	100 0	125 0	250 0	300 0	500	750	150 0	200 0

## Основы физиологии труда

№	Показатели тяжести трудового процесса, в зависимости от характера работ	Допустимые физические нагрузки (физическая динамическая нагрузка- кг*м, масса груза - кг, статическая нагрузка- кгс*с), стереотипные рабочие движения, наклоны, передвижения – количество за смену)							
		для юношей				для девушек			
		14 лет	15 лет	16 лет	17 лет	14 лет	15 лет	16 лет	17 лет
	- при общей нагрузке с участием мышц рук, корпуса, ног:								
	- при перемещении груза на расстояние от 1 до 5 м	500 0	600 0	130 00	150 00	3000	350 0	800 0	100 00
	- при перемещении груза на расстояние более 5 м	900 0	110 00	260 00	300 00	5500	700 0	160 00	180 00
2	Масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную (кг):								
	-подъем и перемещение (разовое) тяжестей при чередовании с другой работой (до 2-х раз в час) не более 1/3 рабочей смены	12	15	20	24	4	5	7	8

## Основы физиологии труда

№	Показатели тяжести трудового процесса, в зависимости от характера работ	Допустимые физические нагрузки (физическая динамическая нагрузка- кг·м, масса груза - кг, статическая нагрузка- кгс·с), стереотипные рабочие движения, наклоны, передвижения – количество за смену)							
		для юношей				для девушек			
		14 лет	15 лет	16 лет	17 лет	14 лет	15 лет	16 лет	17 лет
	-подъем и перемещение (разовое) тяжестей (более 2-х раз в час) в течение не более 1/3 рабочей смены	6	7	11	13	3	4	5	6
	-подъем и перемещение вручную груза постоянно в течение рабочей смены	3	3	4	4	2	2	3	3
	- суммарная масса грузов, перемещаемых в течение рабочего дня:								
	- с рабочей поверхности	400	500	1000	1500	180	200	400	500
	- с пола	200	250	500	700	90	100	200	250

## Основы физиологии труда

№	Показатели тяжести трудового процесса, в зависимости от характера работ	Допустимые физические нагрузки (физическая динамическая нагрузка- кг*м, масса груза - кг, статическая нагрузка- кгс*с), стереотипные рабочие движения, наклоны, передвижения – количество за смену)							
		для юношей				для девушек			
		14 лет	15 лет	16 лет	17 лет	14 лет	15 лет	16 лет	17 лет
3	Стереотипные рабочие движения (количество за смену): - при локальной нагрузке, с участием мышц кистей и пальцев рук - при региональной нагрузке (при работе с преимущественным участием мышц рук и плечевого пояса)	200 00	200 00	300 00	300 00	20000  10000	200 00	300 00	300 00
4	Статическая нагрузка, величина статической нагрузки за смену при удержании груза, приложении усилий, кгс*с:								

Основы физиологии труда

№	Показатели тяжести трудового процесса, в зависимости от характера работ	Допустимые физические нагрузки (физическая динамическая нагрузка- кг*м, масса груза - кг, статическая нагрузка- кгс*с), стереотипные рабочие движения, наклоны, передвижения – количество за смену)							
		для юношей				для девушек			
		14 лет	15 лет	16 лет	17 лет	14 лет	15 лет	16 лет	17 лет
	- одной рукой	700 0	900 0	200 00	220 00	4000	500 0	800 0	900 0
	- двумя руками	140 00	180 00	400 00	450 00	8000	100 00	160 00	180 00
	- с участием мышц корпуса и ног	200 00	250 00	500 00	600 00	12000	150 00	200 00	250 00
5	Рабочая поза: - нахождение в неудобной фиксированной позе	не более 1 часа по 10 мин . с перерывами по 10 мин .	не более 1 часа по 10 мин . с перерывами по 10 мин .	не более 1,5 часов по 15 мин . с перерывами по 10 мин .	не более 1,5 часов по 15 мин . с перерывами по 10 мин .	не более 1 часа по 10 мин . с перерывами по 10 мин .	не более 1 часа по 10 мин . с перерывами по 10 мин .	не более 1,5 часов по 10 мин . с перерывами по 10 мин .	не более 1,5 часов по 10 мин . с перерывами по 10 мин .

## Основы физиологии труда

№	Показатели тяжести трудового процесса, в зависимости от характера работ	Допустимые физические нагрузки (физическая динамическая нагрузка- кг*м, масса груза - кг, статическая нагрузка- кгс*с), стереотипные рабочие движения, наклоны, передвижения – количество за смену)							
		для юношей				для девушек			
		14 лет	15 лет	16 лет	17 лет	14 лет	15 лет	16 лет	17 лет
6	Наклоны корпуса: - вынужденные наклоны более 30° (количество за смену)	40 раз	40 раз	60 раз	60 раз	40 раз	40 раз	60 раз	60 раз
7	Перемещение в пространстве: переходы, обусловленные технологическим процессом в течение смены, км.	до 3	до 3	до 7	до 7	до 3	до 3	до 7	до 7

## Примечания:

1. Подъем и перемещение тяжестей в пределах указанных норм допускаются, если это непосредственно связано с выполняемой постоянной профессиональной работой.

2. В массу поднимаемого и перемещаемого груза включается масса тары и упаковки.

3. При перемещении грузов на тележках или в контейнерах прилагаемое усилие не должно превышать:

для юношей 14 лет - 12 кг, 15 лет - 15 кг, 16 лет - 20 кг, 17 лет - 24 кг;

для девушек 14 лет - 4 кг, 15 лет - 5 кг, 16 лет - 7 кг, 17 лет - 8 кг.