



# ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

УЧЕБНИК

В.А. Чвякин



[www.scipro.ru](http://www.scipro.ru)

# ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В.А. Чвякин

Учебник

Нижний Новгород  
2024

УДК 612.766.1  
ББК 28.707.3  
DOI 10.54092/9785907607774

**Главный редактор:** Краснова Наталья Александровна – кандидат экономических наук, доцент, руководитель НОО «Профессиональная наука»

**Технический редактор:** Канаева Ю.О.

**Рецензенты:**

*Питрюк Анастасия Валерьевна*, кандидат биологических наук, доцент кафедры экологической безопасности технических систем, Московский политехнический университет

*Чичкалюк Валерий Александрович*, кандидат медицинских наук, доцент, начальник Центра развития человеческого капитала, ФБГОУ ВО «Иркутский государственный университет путей сообщения»

**Автор:**

*Чвякин Владимир Алексеевич*, кандидат медицинских наук, доктор философских наук, врач-психофизиолог высшей категории, профессор кафедры экологической безопасности технических систем, Московский политехнический университет

Физиологические основы трудовой деятельности [Электронный ресурс]: учебник – Эл. изд. - Электрон. текстовые дан. (1 файл pdf: 116 с.). - В.А. Чвякин. 2024. – Режим доступа: [http://scipro.ru/conf/labor\\_activity7\\_24.pdf](http://scipro.ru/conf/labor_activity7_24.pdf). Сист. требования: Adobe Reader; экран 10".

ISBN 978-5-907607-77-4

Учебник содержит сведения, которые позволяют сформировать представление о физиологических основах трудовой деятельности. В нем показаны теоретические основы физиологической регуляции трудовой деятельности, анализаторные и функциональные системы организма. Обращено внимание на физиологические основы охраны труда и обеспечение комфортных условий деятельности.

Учебник адресован обучающимся по направлениям подготовки 20.03.01 и 20.04.01 «Техносферная безопасность». Обсужден и рекомендован к печати кафедрой экологической безопасности технических систем, Московский политехнический университет, протокол кафедрального совещания № 6 от 17 июня 2024 года.

ISBN 978-5-907607-77-4



© В.А. Чвякин. 2024  
© Оформление: издательство НОО Профессиональная наука, 2024

# Содержание

<b>Введение</b> .....	<b>5</b>
<b>Раздел 1. Теоретические основы физиологической регуляции трудовой деятельности</b> .....	<b>7</b>
<i>Тема 1. Физиология труда: основные направления оценки условий     деятельности и функциональных состояний работника</i> .....	<i>7</i>
<i>Тема 2. Физиологическая регуляция трудовой деятельности и     функциональные состояния организма</i> .....	<i>16</i>
<i>Тема 3. Принципы центральной нервной регуляции трудовой деятельности</i> .....	<i>30</i>
<b>Раздел 2. Анализаторные и функциональные системы организма</b> .....	<b>41</b>
<i>Тема 4. Анализаторные системы организма</i> .....	<i>41</i>
<i>Тема 5. Функциональные системы организма</i> .....	<i>52</i>
<i>Тема 6. Функциональное состояние центральной нервной системы</i> .....	<i>64</i>
<b>Раздел 3. Физиологические основы охраны труда и обеспечение комфортных условий деятельности</b> .....	<b>76</b>
<i>Тема 7. Физиология мышечной работы</i> .....	<i>76</i>
<i>Тема 8. Физиологические основы охраны труда</i> .....	<i>87</i>
<i>Тема 9. Обеспечение комфортных условий жизнедеятельности в     техносфере</i> .....	<i>99</i>
<b>Заключение</b> .....	<b>113</b>
<b>Литература</b> .....	<b>114</b>

## Введение

Оценка гигиенических условий труда и физиологических закономерностей расходования рабочей силы давно и постоянно являются объектом пристального внимания специалистов, которые имеют отношение к охране труда и техносферной безопасности. Например, в соответствии с Постановлением Госкомтруда (еще 1982 году), подъем тяжестей до высоты 1,5 м и перемещение их при чередовании с другой работой в течение рабочей смены ограничивается 15 кг; подъем тяжестей на высоту более 1,5 м - 10 кг. Если работник в течение всей рабочей смены занимается только подъемом и перемещением тяжестей, то масса грузов ограничивается 10 кг. Суммарная масса грузов, перемещаемых в течение рабочей смены, при этом не должна превышать 7 т, при перемещении грузов на тележках в контейнерах - 15 т.

Максимальный разовый груз для мужчин составляет 50 кг, в том числе для грузчиков -- 80 кг. Поднятие и перемещение груза кассой более 500 кг допускается только с помощью грузоподъемных машин и устройств. Для женщин нормируемый груз уменьшается до 8 кг.

Подобного рода примеры подчеркивают значимость физиологических основ трудовой деятельности для оценки тяжести последствий физических перегрузок и нервно-эмоционального перенапряжения.

В основе умственной, деятельность или умственного труда лежат восприятие, переработка информации и принятие решений. Если информация: воспринимается в основном зрительным и слуховым анализаторами, то переработка ее и принятие решений -- функциями центральной нервной системы (ЦНС) с включением таких высших психических функций, как внимание, память, воображение, мышление и т.п. Поэтому физиологические сдвиги при умственном труде наблюдаются, прежде всего, в ЦНС. Через ЦНС физиологические сдвиги проявляются в работе других систем человека. Так, при умственной работе снижается уровень сахара в крови, увеличивается содержание неорганического фосфора, холестерина, креатина. Когда умственная работа связана с нервно-эмоциональным напряжением, повышается артериальное давление, учащается пульс до 115 и более ударов в минуту, увеличивается количество эритроцитов и т.д.

По поводу физиологического нормирования труда специалистов, в структуре деятельности которых преобладает операторская компонента, также имеются нормативные документы и регламенты. Сюда можно отнести труд летного состава, деятельность работников железнодорожного транспорта, пассажирские и грузовые перевозки на автомобильном транспорте и др. Безопасность труда в таких сферах регламентируется с учетом физиологических функций работников (режимы труда и отдыха, оценка предполетного или предрейсового состояния, профилактический отдых и др.

Если физическая работа характеризуется тяжестью, то умственная - напряженностью труда. Нарушение физиологических функций человеческого организма, а точнее -- переход их на более высокие уровни функционирования - наблюдается как при физическом, так и при умственном труде.

При напряженном умственном труде происходит напряжение психических функций, в результате чего снижаются показатели памяти и внимания, ухудшается мышление и др. Нарушение психических функций возможно и при тяжелом физическом труде, а также при наличии в процессе деятельности неблагоприятных гигиенических факторов среды. Например, при возникновении шума с уровнем 100 дБ концентрация внимания сразу после воздействия шума уменьшается более чем на 30%.

Умственный труд подразделяется на три типа: сенсорный, сенсомоторный и логический.

Как правило, умственный труд сочетается с пониженной мышечной активностью -- гипокинезией, которая так же вредна, как и чрезмерно высокая мышечная активность. Гипокинезия приводит к гиподинамии, то есть ослаблению функций опорно-двигательного аппарата, кровообращения, дыхания, пищеварения, связанных с пониженной мышечной активностью.

При высокой напряженности умственного труда страдает психика человека, возникают риски нервно-психических расстройств здоровья. Эти заболевания часто выводят из строя операторов и диспетчеров автоматизированных систем управления уже к 40-45 годам. Ранняя утрата трудоспособности работниками приводит к большим экономическим потерям.

Очевидно, что тяжесть труда и его напряженность сопряжены со своеобразной физиологической ценой работы. На этот счет имеется специальное понятие - физиологическая стоимость работы (ФСР). Имеется в виду объем затрат функциональных резервов организма, которые необходимы для выполнения конкретного вида труда. Этот термин отражает тот факт, что выполнение любой работы связано с затратами энергетических и нервно-психических ресурсов. В случае физических видов труда эти ресурсы проявляются в форме мышечной работы, при умственном - интеллектуальных и эмоциональных.

Знание физиологических основ охраны труда и путей обеспечения комфортных условий деятельности необходимо обучающимся по направлениям подготовки 20.03.01 и 20.04.01 «Техносферная безопасность».



## Раздел 1. Теоретические основы физиологической регуляции трудовой деятельности

### *Тема 1. Физиология труда: основные направления оценки условий деятельности и функциональных состояний работника*

**Физиология труда** - это раздел физиологии человека, изучающий физиологические процессы и особенности их регуляции во время трудовой деятельности человека с целью физиологического обоснования путей и средств организации труда, способствующих длительному поддержанию работоспособности на высоком уровне, сохранению творческого долголетия и здоровья трудящихся. Основная цель физиологии труда заключается в научном обосновании рекомендаций по оптимизации трудового процесса и условий окружающей среды, то есть при разработке основ научной организации труда решаются разнообразные задачи. Наиболее важными из них являются следующие: рационализация рабочего места, рабочей позы; рабочих движений; автоматизация и механизация тяжелых работ; разработка физиологически обоснованных режимов труда и отдыха. Углубление знаний в области общей физиологии человека определенным образом способствует развитию исследований физиологических закономерностей разных видов трудовой деятельности в различных условиях окружающей среды. Основная задача физиологии труда заключается в изучении изменений функционального состояния организма работающего человека, его физиологических функций под влиянием выполняемой работы, с учетом санитарно-гигиенических условий на рабочем месте.

*Главная практическая задача физиологии труда* состоит в физиологическом обосновании научной организации труда для поддержания высокого уровня работоспособности человека в процессе трудовой деятельности и последующего обоснования, и создания для него оптимальных условий труда и режимов труда и отдыха. Последние десятилетия XX в. и начало XXI в. характеризуются тем, что непрерывно меняются условия труда и сам трудовой процесс, рождается новая техника, создаются новые системы машин, автоматов, автоматических линий и роботов.

Соответственно, меняются люди, создающие новую технику и обслуживающие ее, их отношение к труду, существенно возрастают требования к работающим. Возникает необходимость в новых видах специальностей. Так, например, профессия оператора за относительно короткий срок (особенно с развитием компьютеризации) стала весьма многочисленной и многообразной. Повышаются требования к квалификации инженеров, рабочих, педагогов школ и вузов, а также специалистов других профессий. Происходит активное слияние умственного и физического труда. На этом фоне необходимо использование новых дистанционных методов обследования людей на рабочем месте, новых способов машинной обработки материалов и, конечно, углубленного анализа сущности физиологических механизмов, протекающих в организме человека в процессе работы.

А.А. Ухтомский, один из основоположников физиологии труда, полагал, что физиология труда в истинном понимании по существу системная физиология, причем изучаемая ею функциональная система включает человека как целое с его сознанием, психикой; система, где высшим интегралом и регулятором действия является доминирующая мотивация личности. Последняя выступает не просто в виде определенного «функционального органа» мозга человека, а «формирует весь организм», его состояние, функциональные возможности, его реакцию на влияния среды.

Научно-техническая революция изменяет ведущие физиологические характеристики трудового процесса, усиливая значимость состояния центральной нервной системы (ЦНС), сложных центрально-нервных регуляторных процессов, которые не всегда могут опознаваться по внешним проявлениям двигательной активности. Отсюда ясно, что чрезвычайно важной

задачей физиологии труда является объективное исследование текущего состояния в первую очередь высших психических и регуляторных процессов. Основным в физиологии труда, несомненно, является обследование человеческого организма в условиях реального производства. В лабораторных условиях физиологи труда проводят исследования на таких моделях деятельности человека, в которых сохраняется ее естественное строение.

Существует целый комплекс методов исследования тех или иных показателей человека, отражающих функциональное состояние различных физиологических систем организма в покое и его сдвиги под влиянием работы, а также уровень функциональных возможностей организма и их соответствие требованиям, предъявляемым к организму трудящихся рабочим процессом.

*Труд* как особая форма взаимодействия человека с окружающей природой является исключительным достоянием человека. Под влиянием труда происходит формирование и совершенствование способностей работающего человека, создающего материальные и культурные ценности. Труд в полной мере стал основным определяющим фактором жизнедеятельности большинства трудоспособного населения. Будучи многосторонним явлением, труд с социально-экономической точки зрения выступает как создатель и мера материальных ценностей, с исторической - как процесс, лежащий в основе прогресса и развития производительных сил, с естественно-научной, то есть с медико-биологической стороны, труд есть важная форма взаимодействия человека с окружающей средой и целесообразной коллективной деятельностью.

**Физиология труда** - специальный раздел гигиены труда (физиологии), изучающий изменения функционального состояния организма человека под влиянием трудовой деятельности с целью разработки и обоснования физиологических мероприятий по оптимизации трудового процесса, способствующих поддержанию высокой работоспособности и сохранения здоровья человека.

Физиология труда по определению одного из основоположников данного научного направления М.И. Виноградова (1969) «является дисциплиной в такой же степени теоретической, как и практической». В контексте этого высказывания исследования в области физиологии труда развиваются по двум направлениям. *Во-первых*, это изучение общих физиологических закономерностей в процессе трудовой деятельности и, *во-вторых*, изучение конкретных видов труда с целью рационализации (научной организации) трудового процесса. Физиология труда при решении прикладных вопросов использует данные тех областей знаний, которые определяют общую организацию производства.

Это связано с тем, что любое мероприятие физиологического характера может стать фактором повышения работоспособности человека и улучшения его функционального состояния только при правильном применении технологических, технических, организационных и других средств производства. При этом должна учитываться и экономическая значимость результатов внедрения физиологических мероприятий в производственный процесс.

*Задачи физиологии труда* охватывают широкий круг вопросов, включающий:

- изучение физиологических закономерностей различных видов труда;
- исследование физиологических механизмов динамики работоспособности (утомления) человека в производственных условиях;
- оценку тяжести и напряженности трудового процесса;
- разработку физиологических основ научной организации труда, а именно: оптимизацию рабочих движений, рабочей позы, организации рабочего места, ритма труда, режима труда и внутрисменного отдыха;
- конструирование оборудования, транспортных средств и пр. с учетом психофизиологических и антропометрических параметров человека и др.



Решение этих вопросов составляет основу *двух главных научно-практических направлений физиологии труда*:

1. Изучение и дифференциальная диагностика функциональных состояний человека в процессе труда.
2. Гигиеническое нормирование факторов трудового процесса (тяжести и напряженности труда).

Каждое из этих научных направлений имеет свои конкретные и частные задачи.

Развитие теоретических и практических основ *дифференциальной диагностики различных функциональных состояний* организма (ФСО) человека базируется на теории о функциональных системах (Анохин П.К.). Такой подход позволяет подойти к выявлению сущности физиологических закономерностей и механизмов формирования различных функциональных состояний организма человека в процессе его профессиональной деятельности. Так, разработка физиологических норм напряжения (утомления) организма, перенапряжения и переутомления при различных видах трудовой деятельности требует, во-первых, выявления физиологических оценочных показателей, а во-вторых, ранжирования их по степени выраженности с последующим физиолого-клиническим обоснованием информативных интегральных показателей. На современном этапе разработка методов количественного анализа в определении функционального является необходимым условием системно-количественной физиологии целостного организма. Это дает возможность осуществлять диагностику и прогнозирование состояний, проводить мероприятия по охране и восстановлению здоровья человека.

Весьма важным является изучение механизмов компенсаторно-восстановительных процессов. Выход их за минимальную или максимальную границы порождает нейроконфликт с последующим проявлением вегетативных и гуморальных реакций. Соответственно, возникают сложные вопросы. Такие, как:

- Какие морфофункциональные структуры и механизмы принимают участие в восстановительном процессе?
- Каковы параметры оптимального их функционирования; когда и что служит причиной поломки этих процессов?
- Носят ли они не специфический характер или существенно зависят от вида той или иной профессиональной деятельности?

Напрямую с восстановительными процессами связано решение другой проблемы - резервные возможности организма при выполнении трудовой деятельности. Уровень физиологических резервов, сохранение гомеостаза являются определяющими факторами здоровья. Их оценка основывается на изучении резервов регуляции, поскольку установлено целенаправленное перераспределение уровней активности между физиологическими функциями в зависимости от сложившейся ситуации или характера деятельности. Это определяет задачу *физиологического нормирования*, включающую необходимость выявления различных уровней активности физиологических функций, наличие резервов регуляции, их характеристики, тактики использования и т.д.

Разработка автоматизированных систем мониторинга предсменного (предрабочего) контроля и систем постоянного внутрисменного текущего контроля уровня работоспособности и (или) функционального состояния организма каждого работника, независимо от вида его деятельности, представляет конкретную цель для физиологов труда. Создание таких систем с обратной связью позволяет своевременно устанавливать неблагоприятные физиологические изменения, проводить профилактические меры и тем самым предупреждать не только нарушения состояния здоровья, но и возможность возникновения аварийных ситуаций и травматизма.

Актуальным в физиологии труда является также направление, связанное с возможностью *коррекции функционального организма человека* различными традиционными и нетрадиционными методами. Отсутствие научно обоснованных рекомендаций по их

организации, оснащению и функционированию может привести к значительному снижению или отсутствию положительного эффекта. Апробация и последующее внедрение различных средств коррекции функционального состояния должны проводиться с учетом вида, специфики трудовой деятельности, индивидуальных особенностей и состояния здоровья.

Дифференциальная диагностика различных функциональных состояний тесным образом связана с проблемой *производственного стресса*. В свете общих положений о стрессе состояние перенапряжения можно рассматривать как начальную функциональную стадию дистресса в результате трудовой деятельности. Для решения вопроса об удельном значении отдельных нейрофизиологических и нейрогормональных механизмов, последовательности их вовлечения в стрессовую реакцию необходимо определить категорию стресса (физиогенный-психогенный), его характер (острый-хронический), стадийность развития стрессовых реакций, и, наконец, исходное состояние, личностные и типологические особенности высшей нервной деятельности. Это позволяет определить индивидуальную устойчивость как к острому, так и к хроническому производственным стрессам с целью разработки критериев ее прогнозирования и соответствующих мер профилактики.

*Профессиональный отбор* - следующая важная научная задача в области физиологии труда. В неблагоприятных социальных условиях в большей мере проявляется обострение несоответствия между биологическими возможностями организма человека и производственными требованиями, предъявляемыми работнику, что создает предпосылки к возникновению различных аварийных ситуаций и, самое главное, нарушению здоровья работающего. В этой связи особенно актуально создание единого методологического подхода в организации системы тестирования и оценки профессиональной пригодности. Близкой к этому направлению является профессиональная ориентация подростков и молодежи, которая также является важной как для физиологов труда, так и для гигиенистов.

Второе главное направление научных разработок в области физиологии труда касается *гигиенического нормирования факторов трудового процесса* при разных видах деятельности. Разработка радикальных мер профилактики перенапряжения и переутомления базируется на научно обоснованных допустимых уровнях соответствующих нагрузок, четких количественных величинах их параметров. При этом учитывается не только интенсивность самой нагрузки, но и длительность ее воздействия. Физиолого-эргономическое нормирование факторов трудового процесса позволяет в перспективе выйти на обеспечение системы социально-гигиенического мониторинга по показателям тяжести и напряженности труда.

Разработанные в настоящее время регламенты физических, зрительно-напряженных и умственных нагрузок представляют собой средние групповые параметры, которые рассчитаны на «среднего человека». В связи с этим одной из проблем физиологии труда является разработка поправок с учетом возрастных особенностей, уровня общей физической работоспособности, личностных и типологических качеств работника и состояния его здоровья, что позволяет осуществлять оптимизацию труда (по факторам тяжести и напряженности) для различных контингентов работающих лиц, а в перспективе - для каждого работника индивидуально.

В свете гигиенического нормирования важным научно-практическим направлением в области физиологии труда являются *многосменный характер работы и экспедиционно-вахтовая организация труда* с различной их продолжительностью и чередованием. Такая организация труда рассматривается в настоящее время как хронический производственный стресс.

Научно-технический прогресс приводит к созданию совершенно новых видов ручных инструментов, машин, агрегатов, пультов управления, технологических линий и т.д. В связи с этим перед физиологией труда стоит задача проведения *физиолого-эргономической оценки нового оборудования* на стадии проектирования и создание новых рабочих инструментов и конструкций органов управления, которые должны быть ориентированы на функциональное единство человека техники и человека с учетом его психофизиологических и антропометрических параметров.

Важным аспектом исследований в физиологии труда является разработка теоретических и концептуальных *моделей профилактических комплексов* с учетом специфики и особенностями трудовой деятельности работников. Они включают медико-биологические и организационно-технические аспекты, лечебно-диагностические мероприятия и общеобразовательные меры.

**Основные формы труда и их особенности.** Исторически сложилось, что все виды труда условно делят на *физический и умственный*. Первый характеризуется преобладанием мышечной активности, а второй - умственной и творческой деятельности. Однако с развитием разных уровней механизации и автоматизации производств отмечаются различные характер и степень выраженности производственных нагрузок, что обуславливает многообразие форм труда. В зависимости от наличия и выраженности основных факторов трудового процесса и физиологических требований, предъявляемых к тем или иным системам и организму в целом, различают следующие основные формы трудовой деятельности.

*Формы труда, требующие значительной мышечной активности.* К таким формам можно отнести профессии тяжелой и средней тяжести мышечного труда (землекопы, грузчики, каменщики, докеры-механизаторы и т.д.). Значительные мышечные нагрузки отмечаются в ряде других профессий, в которых частично отсутствует механизация производственного процесса, например, в горнорудном и угольном производстве, работах по обслуживанию и ремонту транспортных средств и т.д. Эти формы труда носят название «*общей физической работы*», так как при них в трудовую деятельность вовлекается более  $\frac{2}{3}$  всей мышечной массы человека.

Интенсивный физический труд характеризуется нагрузками в основном на мышечную и кардиореспираторную системы, стимулируя обменно-энергетические процессы в организме человека. Такие виды работ требуют повышенных энергозатрат: 4000-6000 ккал (16720-25800 кДж) и выше в сутки.

В социальном плане непривлекательный и малоэффективный своей производительностью физический труд требует высокого неоптимального напряжения физических сил человека. Рабочий стереотип, многократно повторяющийся, включает лишь определенные и одни и те же мышечные ансамбли. На отдых при оптимальном режиме труда должно отводиться не менее 50% рабочего времени.

*Механизированные формы труда.* К ним относятся профессии, которые встречаются практически на многих производствах. Отличительными их чертами являются снижение уровня мышечных нагрузок, изменение мышечного компонента в работе и усложнение программы действий.

В условиях механизированного производства преобладают *региональные* (от  $\frac{1}{3}$  до  $\frac{2}{3}$  всей мышечной массы) и *локальные* (менее  $\frac{1}{3}$  всей мышечной массы) мышечные нагрузки, которые могут носить как динамический, так и статический характер.

Энерготраты при такой работе колеблются в пределах 3000- 4000 ккал/сут (12540-16720 кДж/сут). Таким образом, уменьшается роль крупных мышц и увеличивается доля участия в работе более мелких мышечных групп, возрастает значимость скорости и точности движений, требуется накопление специальных знаний и навыков, необходимых для управления различными инструментами, механизмами, станками и т.д. Такими примерами механизированного труда являются токарные, слесарные, рихтовочные и другие работы. Необходимо учитывать виды организации производства, поскольку переход от индивидуального к мелкосерийному и особенно к крупносерийному производству приводит к возрастанию роли фактора монотонности. Так, в крупносерийном производстве в процессе трудовой деятельности двигательная функция выступает на первое место и, как правило, упрощается. В то же время фактор монотонности становится преобладающим в работе, а программирующая деятельность сводится к минимуму.

*Групповые формы труда (конвейеры).* Типичным видом групповых форм труда является работа на поточно-конвейерных линиях, для которых характерно перемещение изделия

(детали) по ходу его обработки от одного работника к другому. Особенности таких форм труда заключаются в дроблении процесса на различные операции, строгой последовательности их выполнения, автоматической подачи изделия (детали) к каждому рабочему месту с помощью движущейся конвейерной ленты или линии. В одних случаях такие работы могут быть относительно легкими по физическим усилиям и носить локальный характер (например, сборка часов, микросхем, радиоаппаратуры и т.д.). В других вариантах наблюдаются значительные мышечные нагрузки регионального характера (сборка на конвейере автомашин).

Основой высокой производительности труда на любом конвейере являются доведенные до автоматизма двигательные навыки работников, что обеспечивает минимум затрат времени для выполнения соответствующих операций. Поточно-конвейерные формы труда требуют синхронизированной работы ее участников, так как они обусловлены навязанным темпом и ритмом движения конвейера.

*Рабочий ритм* - это закономерное чередование во времени элементов работы и пауз (микропауз) между ними.

Под *рабочим темпом* следует понимать число повторяющихся законченных циклов рабочих движений (операций) в единицу времени. Высокий рабочий темп приводит к меньшим интервалам времени, которые затрачивают работники на простые законченные операции. Как следствие упрощается содержание самой работы и возрастает *монотонность труда*. Закономерное чередование во времени отдельных элементов работы и пауз между ними определяется динамикой или фазами работоспособности человека. Сменяющиеся фазы работоспособности - вработываемость, устойчивый уровень, утомление, конечный порыв - требуют переменного ритма работы. Нередко труд на конвейере сопровождается напряжением зрительного анализатора, поскольку необходимо выполнять в единицу времени множество стереотипных и однообразных мелких движений. Относительно несложный характер выполняемых операций обеспечивается длительным пребыванием в определенной позе (сидя - при сборке мелких деталей и изделий, стоя - при сборке автомашин), что вызывает соответствующее напряжение различных групп мышц.

*Формы труда, связанные с полуавтоматическим и автоматическим производствами.* Создание полуавтоматических участков, цехов и производств выключают человека из процесса обработки самого предмета труда (изготовление деталей, изделий, плато и т.д.). Основная задача работника заключается в простых и несложных операциях (подать материал или деталь для обработки, пустить в ход механизм или станок, извлечь обратно готовую деталь или изделие). Такие виды работ сопровождаются мышечными нагрузками в основном локального (с участием преимущественно мышц предплечья, кисти или стопы), а иногда и регионального (с участием мышц плечевого пояса или ног) характеров. Возрастают нагрузки на зрительный анализатор, поскольку необходим постоянный контроль за совершаемыми операционными действиями, обеспечивающими высокую скорость и точность выполняемых движений. Кроме того, с уменьшением размеров изготавливаемых деталей также возрастает напряжение и зрительного анализатора.

Главной чертой такой производственной деятельности является монотонный однообразный труд. Бессодержательная и малоинформативная работа с ограниченным и односторонним использованием двигательного аппарата на фоне повышенных ритма и темпа работы сопровождается утратой творческого начала и приводит к прогрессивному снижению активности различных структур центральной нервной системы. Примерами таких работ могут служить профессии штамповщиков, шлифовщиков, швей-мотористов и др. по изготовлению одних и тех же деталей, и изделий.

Формы труда, связанные с автоматическим производством, существенно меняют роль человека в трудовом процессе. Он перестает быть дополнительным механизмом и переходит к непосредственному управлению им. Основная задача работника сводится к обеспечению бесперебойной работы автоматов, станков, механизмов. В зависимости от характера и специфики работы можно выделить несколько обобщающих категорий профессиональных

групп. В одних случаях это наладчики, осуществляющие установку, наладку и ремонт соответствующего оборудования. В данном случае требуется детальное знание сложного устройства агрегатов, станков или автоматов, что приближает работника к инженерно-техническому персоналу.

В других профессиях осуществляется непосредственная эксплуатация несколько работающих станков или автоматов. Вмешательство человека в их работу многообразно как по содержанию, так и по времени. Одни механизмы требуют частого вмешательства и относительно простых действий со стороны человека. Примером может служить ткацкое производство. Работа других механизмов требует длительного непрерывного наблюдения, а устранение различных неполадок обеспечивается сложной программой действий работника. К таким профессиям можно отнести труд станочников, наблюдающих за ходом работы станков и агрегатов с числовым программным управлением, робототехнических участков и линий. Такое управление современными автоматами требует участия высших кортикальных центров по переработке информации, ведущей к построению логических связей.

Во всех случаях основной чертой такой деятельности является готовность к действию и связанная с ней быстрота реакции по устранению возникающих неполадок. Такое функциональное состояние, по А.А. Ухтомскому, обозначается термином «оперативный покой» - это физиологическое состояние готовности к деятельности, способное за короткий отрезок времени перейти в различную форму физиологической активности для выполнения конкретной деятельности. Уровень его зависит от степени ответственности и срочности предстоящей работы. Соответственно, чем меньше выражены эти факторы, тем выше уровень оперативного покоя. В этих условиях существенно возрастает роль такого фактора, как монотонность ожидания.

*Формы труда, связанные с дистанционным управлением производственными процессами и механизмами.* Автоматизация производства - это этап развития производства, который характеризуется частичным или полным управлением производственными процессами человеком (оператором) при помощи различных устройств и систем. Наиболее полно это проявляется при дистанционном управлении. При этом за человеком остаются функции слежения, контроля и регулирования. В этих условиях существенно возрастает роль умственной деятельности, связанной с интенсивностью и продолжительностью интеллектуальных, сенсорных и эмоциональных нагрузок.

Существенно увеличивается объем поступающей информации. В целом ряде случаев возникают временная неопределенность поступающей информации и ее дефицит на фоне высокой ответственности за сохранение оборудования (техники) и за правильное ведение производственного процесса, особенно в сложных и аварийных ситуациях. Это создает предпосылки для нервно-психического и эмоционального перенапряжений. В качестве примера наиболее элементарной формы дистанционного управления могут служить профессии крановщиков и в какой-то степени водителей наземного транспорта, трактористов, комбайнеров. Для данных работников характерны также нагрузки на зрительный и слуховой анализаторы, вызывающие моторные реакции в связи с манипулированием рычагами управления и кнопками. При этом на пульте управления отсутствует сенсорное поле со специально закодированными сигналами.

Наиболее совершенная и современная форма дистанционного управления основана на создании пультов, оснащенных сенсорным полем информации. В этих случаях предмет труда полностью исчезает из поля зрения человека (оператора), а заменяется закодированными сигналами. Работнику необходимо воспринимать информацию, осуществлять ее декодирование, принимать решения и выполнять последующие операционные действия. Причем в зависимости от особенностей производственного процесса и его сложности проявляются различные обязанности человека (оператора). В наиболее простых случаях осуществляется просто запись отклонений тех или иных параметров (например, температуры, давления, напряжения и т.д.), в других - элементарные действия со стороны работника по

управлению процессом через систему кнопок и рычагов. Примерами могут служить различные профессии операторов химических производств, энергопредприятий и т.д. Такой труд часто носит монотонный характер и требует постоянной концентрации внимания на фоне малого объема информации, незначительных мышечных усилий, длительного поддержания малоподвижных и вынужденных рабочих поз сидя. Особенно быстро развивается утомление при монотонных работах за пультами управления с редко поступающей однообразной информацией.

Наиболее сложные функции операторско-диспетчерской деятельности связаны с поступающими сигналами, которые требуют анализа результатов и выбора действий из ряда возможных, заложенных в общую программу управления производственным процессом. Такая деятельность характерна для диспетчеров на различных производствах, на железнодорожном и авиационном транспорте. Труд таких работников приобретает творческий характер в связи с решением сложных задач управления современной технологией, но в то же время обедняет трудовую деятельность двигательным компонентом. Появляется проблема *гиподинамии*. Недостаточная мышечная деятельность усугубляет напряжение нервной и эмоциональной сфер. Дефицит движения, особенно в сочетании с эмоциональным стрессом, может привести к нервно-психическим расстройствам у операторов и тем самым создать предпосылки к ошибкам в их деятельности, в результате которых может возникнуть даже аварийная ситуация.

Наблюдается определенное противоречие между интенсивным преобразованием производственного процесса и биологическими возможностями организма человека. Низкая квалификация и несоответствие психофизиологических особенностей человека профессиональным требованиям приводят к большому количеству ошибок. В этой связи вполне оправдано проведение профессионального отбора операторов для работы на автоматизированных системах с дистанционным управлением, где требуется высокая мера ответственности. Наряду с этим следует создавать постоянно действующие системы тренажерной подготовки и переподготовки, позволяющие повысить профессиональный уровень и расширить психофизиологические возможности работника.

*Формы интеллектуального (умственного) труда.* Данные формы труда отражают познавательную-рациональную сторону мыслительных процессов человека, то есть систему умственных операций, связанных с решением задач по эффективным подходам к ситуации, требующей быстрой познавательной активности и действия в соответствии с заданной целью.

Существуют несколько классификаций интеллектуальной (умственной) деятельности, которые довольно тесно переплетаются между собой.

Характеризуя предприятие с позиции материального производства можно выделить две формы деятельности. На одних предприятиях профессии интеллектуального (умственного) труда относятся к сфере *материального производства* (конструкторы, инженеры, мастера, техники, диспетчера, операторы и др.), на других - *вне его* (врачи, учителя, научные работники, переводчики, писатели, артисты и др.). Такая классификация свидетельствует о постепенном процессе сглаживания различий между физическим и умственным трудом, особенно в сфере материального производства.

Важным признаком в анализе любого труда является *эргометрическая* (ergos - работа, metro - измерять) его характеристика. Это наличие, выраженность и продолжительность воздействия стимулов, раздражителей или факторов трудового процесса, которые приводят к осуществлению умственной мыслительной деятельности с последующей реализацией принятого решения через систему активных действий. С этой позиции различают следующие *виды интеллектуальной (умственной) деятельности*:

1. *Исполнительский вид умственного труда.* Выполнение этого вида труда сопровождается несложными установочными сигналами и распоряжениями при достаточном объеме поступающей информации, низкой плотности сигналов и сообщений. Реализация принятого решения работником осуществляется через заведомо известные стереотипные



действия и не сопровождается дефицитом времени. К такому труду относится деятельность лаборантов, медицинских сестер и др.

2. *Труд управленческий*. Его специфической чертой является руководство трудовыми коллективами. В зависимости от характера, особенностей и уровня управленческой деятельности нервно-психическое напряжение здесь обусловлено целым рядом причин: необходимостью решать различные по степени сложности задачи, анализировать поступающую информацию и давать заключительную оценку, распределять задания и проводить контроль за их выполнением; при этом отмечается многочисленное число коммуникационных связей и т.д. Для данной деятельности характерна высокая степень ответственности за принятое решение, причем чаще всего это протекает на фоне дефицита времени, в условиях чрезмерного роста информации или ее недостаточности.

3. *Операторский вид деятельности* связан с управлением машин, станков, различных автоматизированных и механизированных линий и систем и т.д. Для этого вида деятельности характерно наличие системы «человек - машина». В зависимости от функциональных обязанностей операторской деятельности можно условно выделить группы операторов-исполнителей, операторов-наблюдателей и операторов-руководителей. *Уровень сложности* операторской деятельности зависит от:

- значимости и объема поступающей и обрабатываемой информации;
- числа одновременно наблюдаемых и управляемых объектов;
- наличия дистанционного или непосредственного управления производственным процессом;
- длительности сосредоточенного наблюдения и т.п.

Основной чертой операторской деятельности является монотонность обстановки и работы на фоне низкой физической активности. Так, труд таких работников, как телеграфисты и телефонисты осуществляется в навязанном темпе и ритме работы, с многократным повторением стереотипных и однообразных действий. Менее выражены эти качества труда при высоком уровне автоматизации, например, у авиадиспетчеров, но при этом у них ведущими являются наблюдение, контроль и управление. Характерны временная неопределенность появления информации о рассогласовании в управляемой системе, необходимость постоянно поддерживать готовность к срочному действию, зачастую требуется принятие многоходового решения и т.д.

4. *Творческий вид умственного труда* - наиболее сложная деятельность человека, которая требует предварительной подготовки, высокой квалификации и особых условий. При наличии мотивационной установки этот вид деятельности обусловлен рядом внешних пусковых факторов или стимулов. К ним относятся, в первую очередь, решение сложных задач при отсутствии известных алгоритмов и необходимость проведения разной степени сложности анализов и комплексных оценок полученных новых результатов и данных. Такая деятельность обеспечивается значительным объемом долговременной и оперативной памяти, отмечается постоянное интеллектуальное напряженное и сосредоточенное внимание на объекте деятельности. К группе творческого труда относятся научные работники, писатели, композиторы, артисты, художники, конструкторы.

5. Отдельно можно выделить *труд учащихся и студентов*, который требует напряжения основных психических функций - памяти, внимания (особенно ее концентрацию и устойчивость), восприятия. Кроме того, учебный процесс часто сопровождается стрессовыми ситуациями (экзамен, зачеты).

В зависимости от вида и способа преобразования информации и выработки решения различают *репродуктивные и продуктивные виды умственного (интеллектуального) труда*. При репродуктивной умственной деятельности используются известные заранее требования с фиксированными алгоритмами операций и действий (например, счетные операции, сравнения, идентификация, декодирование сигналов и др.). К представителям таких профессий могут быть отнесены контролеры, сортировщики, телефонисты, радисты, операторы слежения, инженерно-

технические работники, экономисты и т.д. При продуктивных, творческих видах умственного труда алгоритмы или вообще неизвестны, либо даны в неясном виде. Акцент деятельности направлен на инициативное и ответственное решение различного рода задач (инженерно-технических, организационных, управленческих, воспитательных, проектных и т.п.).

Приведенные классификации интеллектуального (умственного) труда недостаточно совершенны, так как существует много промежуточных типов деятельности, имеющих черты тех или иных групп. Однако преобладающий процесс переработки информации (наблюдение, мыслительные процессы для выработки нестандартного решения, моторная активность) определяет преимущественную нагрузку на сенсорную, центральную и эффекторную части анализаторов. Структура мышления усложняется и характеризуется особенностями прохождения ряда этапов: осознание проблемной ситуации и формирование конкретной цели; накопление новых данных и формирование умозаключения; принятия решения, проверка, критика и контроль за реализацией решения.

Труд человека включает в себя две неразрывно связанные стороны: рабочую нагрузку и функциональное напряжение организма (как ответ на эту нагрузку). Рабочая нагрузка определяется характером и величиной требований, предъявляемых конкретным видом трудовой деятельности к организму человека, и особенностями производственной среды, в которой эта работа осуществляется.

#### **Вопросы для самопроверки знаний:**

1. В чем заключается главная практическая задача физиологии труда?
2. Перечислите задачи физиологии труда.
3. В чем заключается физиологический смысл труда как особой формы взаимодействия человека с окружающей природой?
4. Для чего нужен профессиональный отбор?
5. Физиология труда и гигиеническое нормирование факторов трудового процесса – это...
6. Многосменный характер работы и экспедиционно-вахтовая организация труда характеризуются тем, что ...
7. Для чего проводится физиолого-эргономическая оценка нового оборудования?
8. Перечислите основные формы труда и их особенности.
9. Дайте физиологическую характеристику форм труда, связанных с дистанционным управлением производственными процессами и механизмами.

### ***Тема 2. Физиологическая регуляция трудовой деятельности и функциональные состояния организма***

Физиологическое обеспечение трудовой деятельности человека – важнейшая часть физиологии труда. Это связано с тем, что все функциональные системы ограничены в своих возможностях по сохранению работоспособности и с течением времени начинают проявлять себя явления истощения функциональных резервов организма. Сначала ухудшаются показатели функционального состояния и работоспособности организма, а на конечных этапах развиваются патологические состояния. Такие понятия, как функциональное состояние, профессиональное здоровье и профессиональная патология составляют единый ряд. Главная задача – не допустить негативной динамики функционального состояния организма работника в сторону критического ухудшения его показателей. Для этого необходимо знать физиологические закономерности трудовой деятельности человека.

#### **Физиологические закономерности трудовой деятельности человека**

В основе различных видов трудовой деятельности лежит *установка*, на базе которой в центральной нервной системе (ЦНС) создается определенная программа действий,

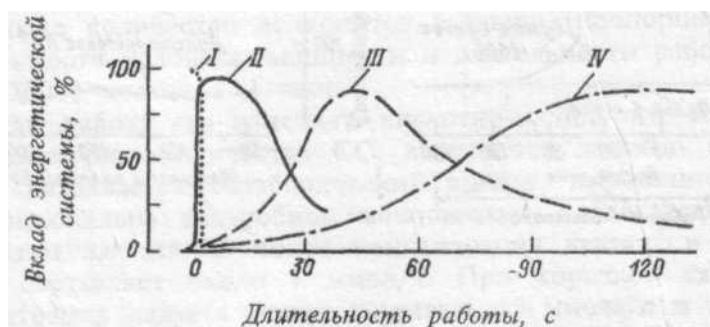
реализующаяся в целенаправленной деятельности человека, ориентированной на достижение конкретной цели. В процессе трудового действия в центральную нервную систему постоянно поступает информация о ходе выполнения программы, на основании которой возможны текущие поправки действий (сенсорные коррекции). Точность программирования и успешность осуществления программы действия зависят от опыта работающего человека, количества предшествующих повторений этого действия, степени автоматизма, состояния физиологических систем человека в момент работы, гигиенических условий окружающей среды.

Еще до начала работы, в соответствии с имеющейся программой предстоящих рабочих действий, возрастает уровень активности физиологических систем, обеспечивающих ее последующее выполнение. Это состояние носит название *предупредительной иннервации* или *преднастройки*. Во время выполнения трудового процесса те же физиологические системы активируются еще в большей степени. Характер изменения физиологических функций определяется видом работы, величиной трудовой нагрузки, условиями окружающей среды. Совокупность напряжения физиологических функций при трудовой деятельности определяет ее *физиологическую стоимость*.

**Изменения физиологических функций при физическом труде.** Физическое напряжение вызывает изменения практически во всех системах организма человека, в особенности, сердечно-сосудистой и дыхательной. Выраженность этих изменений служит *мерой реакции* организма на физическую работу и лежит в основе классификации физического труда по степени его тяжести.

Изменения физиологических функций при физических нагрузках динамического характера. Основу любого физического труда составляет выраженная в различной степени *активация мышечного аппарата*. Тотчас после начала сокращения скелетной мышцы в ней происходит расширение сосудов и возрастание кровотока. Увеличение кровоснабжения работающих мышц происходит постепенно и достигает максимума через 60-90 с после начала работы. При тяжелой динамической работе кровотоки в мышцах возрастает в 20-40 раз наряду с усилением обмена веществ в них и, тем не менее, отстает от запросов метаболизма. При легкой динамической работе через 60-90 с после ее начала кровотоки приходят в соответствие с метаболическими потребностями мышцы, которая начинает работать в аэробном режиме.

При легкой работе энергия, необходимая для сокращения мышцы, образуется анаэробным путем только в течение короткого периода времени, на протяжении которого происходит увеличение кровотока в мышце. После этого ресинтез АТФ (аденозинтрифосфорной кислоты) переходит на аэробный путь, с использованием в качестве энергетических субстратов глюкозы, жирных кислот и глицерина. В отличие от этого, при тяжелой работе, когда доставка к мышцам кислорода отстает от потребностей их метаболизма, часть энергии образуется за счет анаэробных процессов.



**Рис. 1. Относительный вклад (в процентах) четырех энергетических систем в обеспечение мышц энергией при выполнении работы разной предельной продолжительности (мощности)**  
I — распад АТФ; II — распад креатинфосфата; III — анаэробный гликолиз; IV — аэробные процессы.

Во время динамической работы для обеспечения активных мышц кровью значительно возрастают все показатели, характеризующие деятельность сердечно-сосудистой системы. При легкой работе с постоянной нагрузкой частота сердечных сокращений (ЧСС) возрастает в течение 3-6 мин и достигает постоянного уровня. Это *стационарное* (устойчивое) состояние ЧСС может сохраняться на протяжении многих часов, вплоть до окончания работы, и свидетельствует об отсутствии утомления работающего.

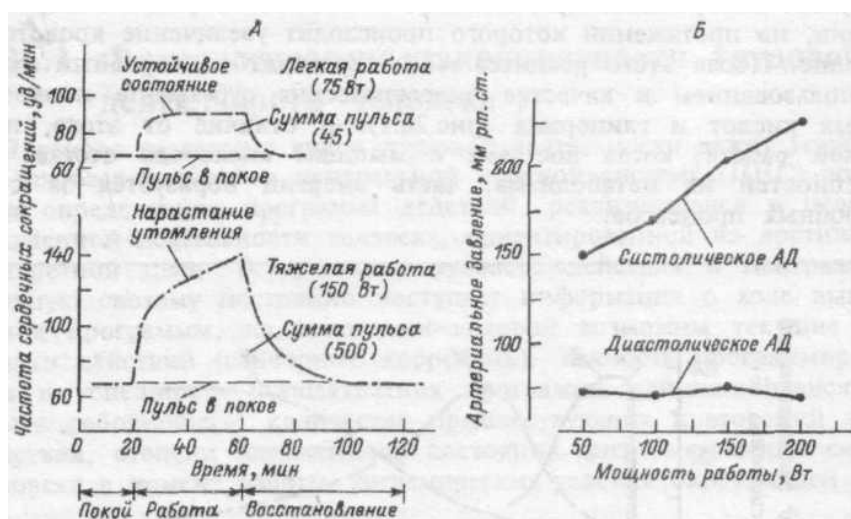
В процессе тяжелой работы с постоянной нагрузкой стабильного уровня частота сердечных сокращений не достигает. По мере развития утомления оно увеличивается до максимума, величина которого зависит от возраста человека.

На основании изменений частоты сердечных сокращений работу делят на:

- *легкую, неустойчивую* — с небольшим начальным увеличением ЧСС и последующим развитием устойчивого состояния;

- *тяжелую, утомительную* — с постоянным нарастанием ЧСС вследствие утомления.

Оценить степень физиологического напряжения при работе можно по характеру восстановления ЧСС. Чем тяжелее работа, тем длительнее она восстанавливается и тем больше сумма числовых значений ЧСС за этот период.



**Рис. 2. А. Изменения частоты сердечных сокращений у лиц со средним уровнем работоспособности при легкой и тяжелой динамической работе с постоянной нагрузкой**  
**Б. Изменения систолического и диастолического артериального давления**

Минутный объем кровообращения (МОК) также возрастает в соответствии с тяжестью работы, при этом систолический объем (СО), как один из его компонентов, возрастает на 20-40% при увеличении мощности работы до 30-40% от максимальной и далее сохраняется на постоянном уровне. Систолическое артериальное давление при динамической работе возрастает как функция мощности выполняемой работы, достигая при предельных нагрузках 200-220 мм рт.ст. Диастолическое меняется мало, чаще даже несколько снижается, поэтому среднее артериальное давление почти всегда повышается.

Во время легкой динамической работы легочная вентиляция нарастает также, как и минутный объем кровообращения в зависимости от уровня метаболической активности организма. При тяжелой работе увеличение легочной вентиляции происходит в большей степени, чем это необходимо для возрастания потребления кислорода соответствующего уровню метаболических потребностей. Это происходит вследствие накопления в крови молочной кислоты (метаболический ацидоз крови), оказывающей стимулирующее воздействие на систему дыхания.

Во время и после динамической работы имеют место относительно небольшие изменения парциального напряжения  $O_2$  и  $CO_2$  в артериальной крови. При тяжелой работе  $PCO_2$  в крови

снижается без изменений в ней  $PO_2$ . Уменьшение  $PCO_2$  является следствием избыточного нарастания легочной вентиляции в ответ на снижение рН крови (накопление молочной кислоты в мышцах и в крови).

Насыщение кислородом смешанной венозной крови уменьшается с ростом нагрузки. Соответственно этому артерио-венозная разница по кислороду ( $ABP-O_2$ ) при тяжелой работе достигает у нетренированных лиц 140 мл  $O_2$ /л, а у тренированных — 170 мл  $O_2$ /л.

При физической работе увеличивается показатель гематокрита в результате снижения объема циркулирующей плазмы (вследствие ее усиленной фильтрации через стенку капилляров) и дополнительного выброса эритроцитов из мест их образования. Возрастает также количество лейкоцитов в крови (пропорционально тренированности человека, мощности и длительности работы), достигая 15000-30000 клеток в 1 мкл.

Легкая работа не изменяет кислотно-основного состояния, так как избыточное количество  $CO_2$  выделяется легкими. При тяжелой работе развивается метаболический ацидоз, выраженность которого пропорциональна анаэробной мощности и, следовательно, скорости выработки лактата. В покое концентрация лактата в артериальной крови составляет около 1 ммоль/л. При короткой тяжелой работе концентрация лактата может достигать 15 ммоль/л и даже больших величин.

В механизмах регуляции физиологических функций при физических нагрузках важную роль играют две системы. Это, *во-первых*, симпато-адреналовая система. При работе из мозгового вещества надпочечников в кровь выделяется адреналин и, в меньшей степени, норадреналин. Адреналин активизирует деятельность сердечно-сосудистой системы и центральной нервной системы, мобилизует гликоген и жир из депо, стимулирует усиленную выработку циклической АМФ. *Во-вторых*, это гипофизарно-адреналовая система. Спустя 2-3 мин. после начала работы происходит усиленное выделение аденогипофизом адренокортикотропного гормона (АКТГ), который стимулирует выделение кортикостероидов из коркового вещества надпочечников. Значение кортикостероидов состоит в увеличении работоспособности мышц, благодаря их способности усиливать мобилизацию гликогена из мышц и печени.

При динамической работе потребление кислорода (также, как и повышение частоты сердечных сокращений пропорционально нагрузке (мощности работы). Вплоть до достижения максимальных величин частота сердечных сокращений и потребление кислорода человеком возрастают в линейной зависимости от мощности работы. Именно поэтому частота сердечных сокращений и потребление кислорода при динамической работе с участием крупных мышц тела могут являться критериями мощности работы и мерой физиологического напряжения (физиологической стоимости работы).

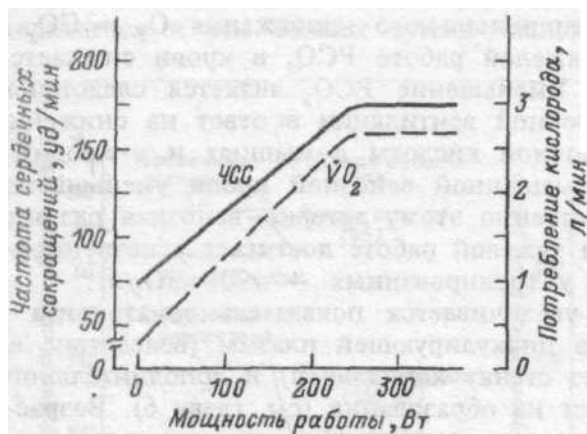


Рис. 3. Зависимость частоты сердечных сокращений и потребления кислорода от мощности глобальной динамической работы

В реальных условиях работы потребление кислорода организмом возрастает на величину, зависящую от нагрузки, тренированности человека и коэффициента полезного действия каждого конкретного вида деятельности. При легкой работе в скорости потребления кислорода достигается стационарное состояние, уровень которого ниже максимально возможной скорости потребления кислорода человеком и соответствует метаболическим потребностям для аэробных процессов ресинтеза АТФ. При тяжелой мышечной работе потребление кислорода возрастает постоянно, до достижения максимально возможного для человека уровня. После этого, несмотря на продолжение работы, потребление кислорода больше не увеличивается (*ложное устойчивое состояние*) в связи с тем, что уже исчерпаны все возможности кислород-транспортной системы. В этом случае работа крайне утомительна и не может продолжаться длительное время.

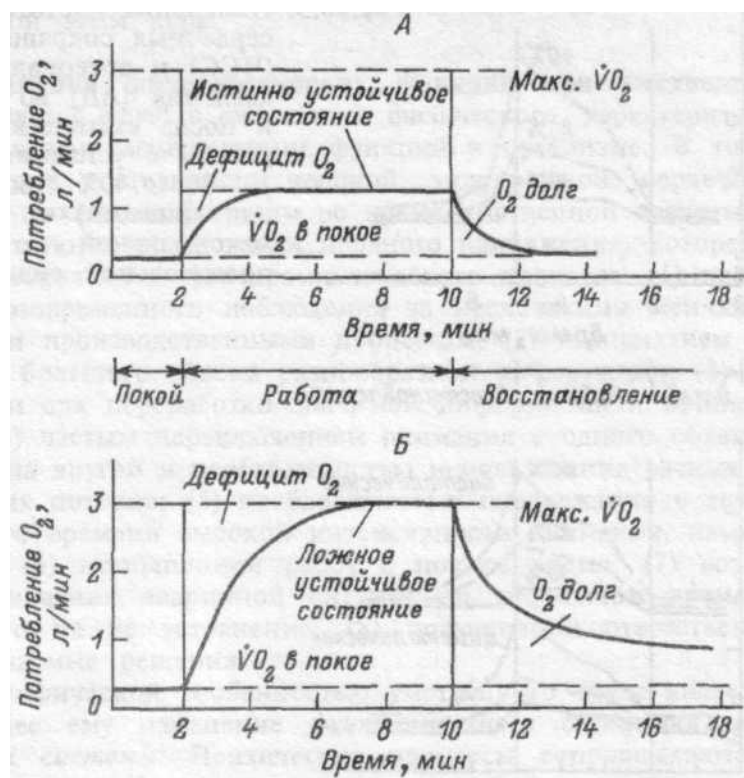


Рис. 4. Потребление кислорода во время легкой (А) и тяжелой (Б) глобальной, динамической работы постоянной интенсивности

Изменения физиологических функций при физических нагрузках статического характера. При *статической работе*, в отличие от динамической, кровоток в мышце начинает отставать от нужд ее метаболизма, когда сила сокращения превышает 8-10% максимальной произвольной силы (МПС). Причиной уменьшения кровотока является сжатие внутримышечных сосудов давлением, которое при изометрических сокращениях с усилием более 40% максимальной произвольной силы, становится больше величины систолического артериального давления. В связи с недостаточным кровоснабжением мышц, преобладающим путем энергообеспечения становится анаэробный с образованием и накоплением лактата (молочной кислоты) в мышцах. Поэтому при статической работе мышц с нагрузками более 30% МПС быстро развивается утомление и снижается работоспособность.

При статической работе, в отличие от динамической, имеет место небольшое увеличение минутного объема кровообращения и легочной вентиляции. Наиболее характерными изменениями в сердечнососудистой системе при изометрических нагрузках являются увеличение частоты сердечных сокращений и системного артериального давления.





**Рис. 5. Изменения частоты сердечных сокращений (ЧСС) и артериального давления (АД) во время и после статической работы с усилениями в 10, 20 и 40% (цифры над кривыми) от максимальной произвольной силы**

При одинаковой длительности статической работы частота сердечных сокращений и артериальное давление возрастают пропорционально силе сокращения мышц. В случае работы до отказа, то есть до момента, когда нагрузка не может больше удерживаться на прежнем уровне, частота сердечных сокращений и артериальное давление увеличиваются примерно до одинаковых величин (ЧСС до 110-140 уд/мин; АД — до 170/110-190/130 мм рт.ст.). Следовательно, при статической работе возрастают и систолическое, и диастолическое артериальное давление. При этом прирост системного артериального давления в малой степени зависит от объема работающих мышц. Так, например, при сокращении до отказа мышц, приводящих большой палец кисти (МПС 12 кг) и мышц голени (МПС 190 кг) с усилением в 40% максимальной произвольной силы, артериальное давление повышается до 170/110 мм рт.ст.

Столь значительные изменения в сердечно-сосудистой системе при локальной статической работе обусловлены активацией нервных центров, управляющих деятельностью сердца и сосудов, как импульсами от рецепторов самих мышц, работающих в ишемических условиях, так и вследствие иррадиации возбуждения к ним из моторной зоны коры.

**Изменения физиологических функций при умственном труде.** *Умственный труд*, в отличие от физического, характеризуется менее выраженными изменениями функций в организме. В то же время показатели деятельности нервной, эндокринной, сердечно-сосудистой и дыхательной систем во время умственной деятельности свидетельствуют о возрастании нервного напряжения, которое обусловлено несколькими факторами трудового процесса:

- необходимостью одновременного наблюдения за несколькими меняющимися во времени производственными процессам;
- восприятием и переработкой большого объема разнообразной информации;

- дефицитом времени для переработки значимой информации и принятия решения;
- частым переключением внимания с одного объекта наблюдения на другой и необходимостью использования разных информационных потоков;
- необходимостью поддержания в течение длительного времени высокой интенсивности внимания, памяти, мышления;
- выполнением работ в ночное время;
- возможностью возникновения аварийной ситуации и дефицитом времени, отпущенного на ее устранение;
- повышенной ответственностью за принимаемые решения.

Специфической особенностью умственного труда является сопутствующее ему изменение *функционального состояния центральной нервной системы*. Психические процессы сопровождаются активацией как специфических, так и неспецифических образований мозга. Генерализованные изменения активности мозга сопровождают любой вид умственного труда, а локальные процессы активации развиваются в различных областях коры и глубоких структур мозга в зависимости от вида деятельности (перцептивной, моторной, вербальной, мнестической и др.).

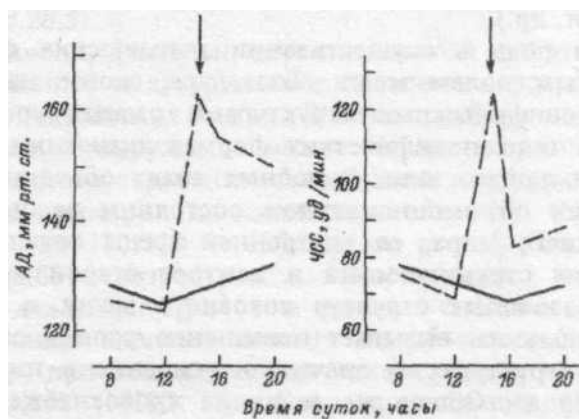
Значительная роль в осуществлении психических функций принадлежит лобным долям мозга. Благодаря своим многочисленным связям с неспецифическими структурами разных уровней, лобные доли участвуют в неспецифических формах активации, необходимых для реализации любого акта. В лобных долях объединяется обширная информация об эмоциональном состоянии человека, поступающая из внешнего мира, от внутренней среды организма, а также от нижележащих структур мозга и центров старой коры.

Активация различных структур головного мозга в процессе умственной деятельности вызывает повышение уровня обменных процессов в этих структурах, а значит, и усиление в них кровотока и доставки кислорода. Общая же величина кровоснабжения головного мозга мало меняется при различных видах умственной деятельности (выраженная ауторегуляция кровотока в сосудах мозга). При этом постоянно и количество потребляемого основного энергетического субстрата мозга — глюкозы (около 80 мг/мин).

Поэтому увеличение поступления кислорода и энергетических веществ к усиленно работающим зонам мозга обеспечивается за счет внутреннего перераспределения поступающего в мозг потока крови. Менее активные области получают крови меньше, чем более активные. Так, в частности, во время мышечной работы умеренной интенсивности, при почти не меняющейся общей величине кровоснабжения мозга, регионарный кровоток в моторной зоне возрастает на 50% по отношению к уровню покоя. При работе, требующей напряжения зрительного анализатора, усиливается кровоснабжение зрительной области коры. При максимальном напряжении функции кровотоков, в структурах мозга ее обеспечивающих, может увеличиться в два раза и больше.

Умственная работа, связанная с нервно-эмоциональным напряжением, вызывает *повышение активности симпато-адреналовой и гипоталамогипофизарно-адренкортикальной систем*, обеспечивающих проявление вегетативных компонентов эмоций. При эмоциональном возбуждении увеличиваются синтез катехоламинов в надпочечниках, их метаболизм в тканях и органах, усиливается выделение норадреналина в симпатических окончаниях. Следствием этого является повышение содержания в крови катехоламинов и кортикоидов. Все это приводит к активации минерального, углеводного и жирового обменов, повышению возбудимости центральной нервной системы, усилению сократительной функции мышц, деятельности сердечнососудистой и дыхательной систем.

С увеличением нервно-психического напряжения при умственной деятельности вследствие повышения активности симпато-адреналовой системы изменяется состояние сердечно-сосудистой и дыхательной систем. Увеличиваются частота сердечных сокращений и артериальное давление, изменяется соотношение амплитуд зубцов ЭКГ. Увеличивается частота дыхания, снижается дыхательный объем, нарушается структура дыхательного цикла.



**Рис. 6. Изменения максимального артериального давления (АД) и частоты сердечных сокращений (ЧСС) у оператора во время дневной смены**

Сплошная линия — обычный день; пунктирная линия — день с аварийной ситуацией (время аварии обозначено стрелкой).

Напряженная умственная деятельность сопровождается значительным увеличением обмена веществ. Это связано с тем, что происходит непроизвольное сокращение скелетных мышц, не имеющих прямого отношения к выполняемой работе. В условиях возрастающей психоэмоциональной нагрузки у человека нередко возникают трудноподавляемые двигательные беспокойства (жестикация, хождение и т.д.). В случае произвольного подавления или ограничения подобных двигательных реакций компенсаторно усиливается позно-тоническое (изометрическое) напряжение скелетной мускулатуры.

Физиологическая характеристика труда в условиях зрительного напряжения. Под контролем зрения совершается до 80-90% трудовых операций. Множество тонких и точных операций выполняется в электронной и приборостроительной промышленности. К этому же виду работ относят труд операторов радиотехнических и видеотерминальных устройств, сортировщиков, огранщиков драгоценных камней, картографов и др. Все эти профессии объединяет один общий фактор — зрительное напряжение, которое может служить и самостоятельным фактором, определяющим физиологическую нагрузку на организм работающих, и усиливать напряженность умственного труда в случаях, когда зрительное напряжение сочетается с другими факторами трудового процесса (дефицит времени, высокая ответственность, плохая освещенность).

Значительное место среди работ, вызывающих зрительное напряжение, занимает *труд операторов*, работающих на дисплеях ЭВМ. Такая работа приводит к развитию зрительного утомления. Причиной этого являются фиксация близко расположенных,двигающихся объектов, длительное рассматривание мелких деталей, постоянный перевод взгляда с одного объекта на другой (нередко, разных размеров), частые и резкие переходы от света к тени и обратно, пульсации освещенности и др. К неблагоприятному воздействию этих факторов добавляется строго фиксированная рабочая поза и гипокинезия. Кроме того, работа за видеотерминалами требует большого нервно-психического напряжения, связанного с необходимостью длительного наблюдения, концентрации памяти и внимания, решения сложных задач.

При работе в условиях зрительного напряжения изменяется рефракция и аккомодационная способность глаз, ухудшается контрастная чувствительность, снижается устойчивость хроматического и ахроматического видения, сокращаются границы поля зрения, снижается острота зрения и скорость восприятия и переработки информации. Все эти изменения свидетельствуют о развитии *зрительного утомления*. При чрезмерной интенсивности зрительного напряжения утомление накапливается и приводит к развитию *перенапряжения*, а затем и к возможности патологии зрительного аппарата. Объективными

симптомами перенапряжения являются понижение способности глаз фокусировать и фиксировать объект наблюдения, значительное уменьшение объема аккомодации, ухудшение бинокулярного зрения, вплоть до появления дислопии. Появляются «вуаль» перед глазами, затуманенность объекта, размывание очертаний предмета.

**Физиологическая характеристика функционального состояния человека в процессе монотонного труда.** *Монотонный* (однообразный) труд характеризуется либо выполнением на протяжении рабочего дня простых операций, либо работой с сенсорной или умственной нагрузкой низкой или средней интенсивности. При выполнении такой работы у человека возникает состояние монотонии.

Монотонный труд делят на две основные категории. Это, *во-первых*, труд при котором состояние монотонии возникает в результате выполнения *несложных однообразных действий*, требующих небольших затрат энергии (труд на конвейерах и поточных линиях). *Во-вторых*, это труд, при котором состояние монотонии возникает в связи с *однообразием обстановки и дефицитом поступающей информации*. Например, труд оператора в условиях низкой ответственности, небольшого количества объектов наблюдения, «бедности» внешних раздражителей.

Влияния монотонного труда на человека многообразны и проявляются, прежде всего, в изменении функционального состояния различных отделов центральной нервной системы: от высших центров коры большого мозга до спинальных мотонейронов. Типичным их является снижение возбудимости и активности нервных структур, ответственных за поддержание соответствующего уровня бодрствования и бдительности. Ведущая роль в этих процессах принадлежит ретикулярной формации. При *синдроме монотонии* механизмы уменьшения активности корковых центров могут состоять в следующем.

*Усиливаются тормозные влияния ретикулярной формации* (активное тормозное действие). Это имеет место при монотонном труде 1-го типа, когда вследствие длительного повторения действия раздражителя (например, установка заготовки под пресс) усиливаются тормозные влияния ретикулярной формации, снижается возбудимость нервных центров на разных уровнях центральной нервной системы.

*Снижаются активирующие влияния ретикулярной формации на функции центральной нервной систем* (пассивное тормозное действие ретикулярной формации). Такая ситуация складывается при монотонном труде 2-го типа, когда развитие состояния монотонии обусловлено монотонностью обстановки и дефицитом информации, поступающей в центральную нервную систему. Вследствие уменьшения важной для работы информации, то есть отсутствия адекватной нагрузки на высшие корковые функции, резко уменьшается поток импульсов по кортикофугальным путям ретикулярной формации. В то же время снижается объем импульсации по коллатералям неспецифических восходящих путей. Благодаря этому, происходит уменьшение активирующих влияний ретикулярной формации и снижение ее стимулирующего действия на кору головного мозга и на другие нервные центры регуляции вегетативных и соматических функций.

Рассмотренные механизмы приводят к снижению уровня бодрствования у работающих, нарушению адекватности реакции человека на внешние раздражители, ухудшению автоматизма и точности двигательных действий, снижению внимания, нарушению способности к переключениям с одного вида деятельности на другой, к изменению биологических ритмов человека. Снижение активности центральной нервной системы, проявляющееся в субъективных ощущениях скуки, апатии и сонливости приводит, в конечном итоге, к снижению «надежности» работающего человека, следствием чего может являться возрастание брака выпускаемой продукции, возникновение различного рода аварий (на транспорте, на поточных линиях, на производствах, управляемых операторами).

Помимо центральной нервной системы, монотонная работа приводит к изменениям вегетативных функций, причиной которых является снижение активности симпатoadrenalовой системы. В процессе работы снижаются (на 20-30%) частота сердечных

сокращений и артериальное давление, причем систолическое — в большей мере, чем диастолическое. Выраженное уменьшение частоты дыхания, развивающееся уже после 1,5-2 часов работы, также характерно для состояния монотонии.

**Гипокинезия человека в процессе трудовой деятельности и ее отрицательные последствия.** Типичной чертой профессиональной деятельности большинства работников являются низкие физическая активность и, соответственно, затраты энергии на протяжении рабочего дня. Преобладающими стали работы в вынужденной рабочей позе, с небольшими по величине локальными физическими нагрузками, с монотонностью действия или обстановки. У лиц малоподвижных профессий общие энергозатраты, как правило, составляют не более 1,5-2,2 ккал/мин, а затраты энергии на физическую активность не превышают 800-1200 ккал в сутки, то есть находятся за пределами даже ориентировочной нижней границы «нормы» (1200 ккал/сут). В большинстве случаев недостаток двигательной активности во время работы не восполняется и во внерабочее время. Последствия длительной гипокинезии, связанной с характером трудовой деятельности, неблагоприятны как в медико-биологическом, так и социально-экономическом отношениях. Это обуславливает рассмотрение *гипокинезии* в качестве одного из ведущих неблагоприятных факторов трудового процесса, влияющего на состояние здоровья и работоспособность человека.

В механизме снижения функциональных резервов организма человека и его работоспособности под влиянием гипокинезии выделяют четыре ведущих момента.

1. Изменения в нервно-мышечной системе под влиянием гипокинезии приводят к снижению активности метаболических процессов в мышечных клетках, ухудшению функций сокращения и расслабления мышцы, значительному снижению их силы и выносливости, а значит, и работоспособности. Все это приводит к увеличению тяжести труда (его физиологической стоимости).

2. Уменьшение функциональных возможностей центральной нервной системы при длительном недостатке физической активности человека приводит к снижению устойчивости работающих лиц к действию стрессогенных факторов, увеличению утомляемости человека при умственной работе, повышению нервной напряженности труда, увеличению утомления в сфере зрительного и слухового анализатора.

3. Под влиянием пониженной двигательной активности на производстве и в быту значительно снижаются кислородтранспортные возможности организма и, следовательно, общая физическая работоспособность; возрастают реакции сердечно-сосудистой системы на одни и те же физические и эмоциогенные раздражители; снижаются возможности человека работать в экстремальных условиях; увеличиваются заболевания сердечно-сосудистой и дыхательной систем.

4. Снижение специфической и неспецифической резистентности организма человека под влиянием гипокинезии приводит к увеличению у одних и тех же лиц числа заболеваний как инфекционной, так и неинфекционной природы.

Таким образом, гипокинезия, обусловленная характером трудового процесса, приводит к снижению функциональных возможностей многих систем организма человека и, в конечном итоге, к уменьшению его работоспособности и ухудшению состояния здоровья.

Интегральными показателями степени воздействия на человека гипокинезии, а также уровня его физического здоровья являются *величины общей физической работоспособности* ( $PWC_{170}$ , мл/мин.кг), оцениваемые по мощности работы при частоте сердечных сокращений в 170 уд/мин и уровню максимального потребления кислорода (МПК, мл/мин.кг).

## **Содержание понятия функциональные состояния. История возникновения.**

### **Классификация функциональных состояний человека**

*Функциональное состояние* — интегральный комплекс характеристик тех качеств и свойств организма, которые прямо или косвенно определяют деятельность человека. Понятие

«функциональное состояние» возникло в физиологии труда для характеристики мобилизационных возможностей и энергетических затрат работающего организма.

Понятие функционального состояния первоначально возникло и получило развитие в физиологии. Особенно важно подчеркнуть, что именно в отечественной физиологической школе, начиная с работ И.М. Сеченова и Н.Е. Введенского, получило детальную экспериментальную разработку представление о центральных механизмах развития того или иного состояния. Несмотря на то что использование термина «функциональное состояние» в прикладных психологических исследованиях началось сравнительно недавно, сама эта область исследований для экспериментальной психологии является традиционной. В числе первых исследователей, внесших существенный вклад в их разработку, следует назвать имена крупнейших психологов того времени — Ф. Гальтона, Э. Крепелина, Г. Эббингауза, А. Бине и др.

К функциональным состояниям можно отнести целый ряд специфических психических состояний, проявляющихся в процессе деятельности и влияющих на ее эффективность. Психическое состояние — это целостная характеристика психической деятельности за определенный период времени, показывающая своеобразие протекания психических процессов в зависимости от отражаемых предметов и явлений действительности, предшествующего состояния и психических свойств личности.

Функциональное состояние формируется и изменяется под влиянием воздействия ряда особенностей субъекта труда и самой деятельности. К этим особенностям относятся следующие характеристики человека:

- степень профессиональной пригодности к конкретной деятельности;
- уровень подготовленности к выполнению трудовых задач;
- величина индивидуальных ресурсов и функциональных резервов для энергетического и информационного обеспечения деятельности;
- состояние здоровья;
- отношение к труду.

Важное значение в развитии того или иного состояния имеют факторы трудового процесса: степень сложности, опасности, напряженности, вредности труда; степень адекватности трудовой задачи и средств деятельности психолого-физиологическим возможностям человека. Формирование функционального состояния определяется также воздействием на человека неблагоприятных факторов рабочей среды (ухудшение микроклимата и газового состава воздуха, шум, вибрация, электромагнитные излучения и т.д.), ухудшением психологического климата в рабочей группе (межличностные конфликты, недостаточная психологическая совместимость), а также зависит от нарушений привычного жизненного уклада, биологических ритмов и стереотипов жизнедеятельности в результате использования нерациональных или непривычных режимов труда и отдыха (ночные рабочие смены, вахтовый метод работы, перелеты на большие расстояния).

Структура функционального состояния. Функциональные состояния, отражающие особенности реализуемой деятельности, характеризуются обязательным наличием следующих компонентов:

- энергетический — физиологические реакции, обеспечивающие требуемый уровень энерготрат (от биохимического до уровня отдельных систем: кровообращения, дыхания и др.);
- сенсорный — характеризует возможности по приему и первичной обработке поступающей информации (пороги ощущения, адаптация к сигналам и др.);
- информационный — обеспечивает дальнейшую обработку информации и принятие решений на ее основе (память, мышление);
- эффекторный — ответственный за реализацию принятых решений в поведенческих актах (скорость, темп, точность реакций, координация движений, рабочие действия и др.);
- активационный — определяет направленность и степень напряженности деятельности и характеризует актуальную способность человека к реализации имеющихся у него качеств и



личностных свойств (особенности гормональной активности и нервной регуляции, уровень внимания, мотивации, эмоционально-волевого напряжения).

**Классификация функциональных состояний.** Все частные виды функциональных состояний классифицируются по определенным признакам — по влиянию на показатели деятельности, по механизму формирования реакции, по внешним и внутренним проявлениям и т. д.

Психические состояния можно различать:

- по характеру причин возникновения (личностные и ситуативные);
- по уровню развития: глубокие (страсть) и поверхностные (настроение);
- по направленности реакций: действующие положительно (вдохновение) и отрицательно (апатия);
- по уровню осознанности;
- по длительности проявления и т.д.

Одна из классификаций основана на соотношении функциональных состояний с различными характеристиками деятельности, выполняемой субъектом. Состояния классифицируются на разрешенные и запрещенные для конкретной работы. В зависимости от характера деятельности и требований к ее результату одно и то же состояние (например, утомление) может быть разрешенным или запрещенным.

В соответствии с механизмами формирования функционального состояния выделяется состояние «адекватной мобилизации» (оптимальное соответствие ответной реакции комплексу воздействующих факторов) и состояние «динамического рассогласования» (отсутствие адекватности ответной реакции задачам и условиям выполняемой деятельности).

Классификация состояний может осуществляться с помощью характеристики содержания и протекания трудового процесса, например, состояние монотонии (однообразии деятельности), сенсорного голода (в ситуациях дефицита сенсорной информации), психологического стресса, состояния тревоги и т.д.

**Виды функциональных состояний человека, стадии работоспособности, утомление, монотония.** Функциональное состояние человека — это интегративная характеристика состояний человека с точки зрения эффективности выполняемой им деятельности и задействованных в ее реализации систем по критериям надежности и внутренней цены деятельности.

Все множество функциональных состояний делится на два основных класса - допустимых и недопустимых или, как их еще называют, разрешенных и запрещенных. Недопустимыми являются такие степени утомления, при которых эффективность деятельности переходит нижние границы заданной нормы (оценка по критерию надежности) или появляются симптомы накопления утомления, приводящие к переутомлению (оценка по критерию цены деятельности).

Все состояния человека можно разделить на две группы - состояния адекватной мобилизации и состояния динамического рассогласования. Состояния адекватной мобилизации характеризуются полным соответствием степени напряжения функциональных возможностей человека требованиям, предъявляемым конкретными условиями. Тогда возникают состояния динамического рассогласования - реакция в этом случае неадекватна нагрузке или требуемые психофизиологические затраты превышают актуальные возможности человека.

При оценке степени отклонения функционального состояния от исходного выделяют реактивные, пограничные и патологические состояния. Различают множество частных состояний (например, утомления, теплового напряжения, водного истощения).

**Стадии работоспособности:** работоспособность – способность человека к выполнению конкретной деятельности в рамках заданных лимитов времени и параметров количества и качества результатов работы.

1. *Стадия вработывания* состоит из трех этапов (подстадий): первичной мобилизации, гипермобилизации, гиперкомпенсации.

**Первичная мобилизация** – кратковременное снижение практически всех показателей деятельности и активации физиологических систем. Этот эффект связан с внешним торможением, возникающим в результате изменения характера стимуляции. Первичная мобилизация наблюдается в момент начала деятельности и длится до нескольких минут. **Гипермобилизация** – повышение как неспецифической, так и специфической активации, построение плана деятельности, повышение нервно-психической напряженности. На психологическом уровне происходит построение плана деятельности и мысленное «проигрывание» ее ключевых этапов. **Гиперкомпенсация** – поиск наиболее адекватного приспособления к требованиям деятельности, формирование динамического стереотипа деятельности. На этом этапе происходит поиск наиболее адекватного приспособления к требованиям деятельности.

2. *Стадия оптимальной работоспособности* – устойчивое рабочее состояние функционального комфорта, отражающее оптимальность психофизиологических затрат. Высокая продуктивность достигается минимально возможными для индивидуума энергозатратами.

3. *Стадия полной компенсации* – снижение работоспособности, развитие начальных признаков утомления, субъективно переживаемых как состояние усталости.

4. *Стадия неустойчивой компенсации* – нарастание утомления и снижение работоспособности. В этом состоянии наблюдается выраженное чувство утомления и разнообразные по направленности и интенсивности изменения психофизиологических показателей, но сохраняется высокая продуктивность.

5. *Стадия конечного прорыва* – кратковременное повышение продуктивности деятельности за счет привлечения психофизиологических резервов организма, такой режим работы является экстремальным для организма и ведет, как правило, к переутомлению.

6. *Стадия декомпенсации* – прогрессивное снижение работоспособности: нарастание симптомов утомления, снижение продуктивности и эффективности работы.

**Утомление** - это физиологическое состояние человека, наступающее вследствие напряженной или длительной работы, которое выражается во временном снижении работоспособности. Различают мышечное (физическое) и центральное (нервно-психическое) утомление. При тяжелой работе они сочетаются. Утомление характеризуется уменьшением силы и выносливости мышц, нарушением координации движений, увеличением энергозатрат для выполнения одной и той же работы, нарушением памяти, скорости переработки информации, сосредоточения и т.д. Утомление субъективно ощущается человеком в виде усталости, которая, кроме того, обусловлена потребностью во сне. Усталость вызывает у человека желание прекратить работу или уменьшить нагрузки.

Нервно-психическое (центральное) утомление вызвано длительной напряженной умственной работой, однообразной монотонной работой, шумом, плохими условиями труда, эмоциональными факторами, заболеваниями. Если же, несмотря на утомление, работа продолжается, возникает истощение. Острое и хроническое истощение часто возникает у профессиональных спортсменов при спортивных соревнованиях и тренировках. Отдых - это состояние покоя или особый, специально организованный вид деятельности, которые снимают утомление и способствуют восстановлению работоспособности. Активный отдых - это отдых, во время которого человек выполняет другой вид работы, отличный от обычного выполняемого труда. Восстановление при активном отдыхе происходит быстрее и эффективнее, чем при пассивном отдыхе.

**Монотония.** Под монотонией понимается состояние сниженного сознательного контроля выполнения деятельности, вызванное ее однообразием. Оно сопровождается переживаниями скуки, сонливости, потерей интереса к работе, усталостью. Отмеченные симптомы являются идентичными и для характеристики выгорания, что обуславливает сходство между анализируемыми состояниями. В этом плане данное состояние возникает в ограниченном круге профессий (например, конвейерный труд).

**Обратная связь в регуляции функциональных состояний.** Теоретические и экспериментальные исследования в области физиологии представляют биологическую обратную связь как процесс саморегуляции поведенческих и физиологических функций.

**Гомеостаз.** Термин «гомеостаз» был предложен В. Кенноном в 1932 году. Он обозначает координацию физиологических процессов, поддерживающих большинство устойчивых состояний организма и предполагает наличие равновесия, устойчивого состояния и стабильности большинства физиологических систем.

Гомеостаз определяет динамическое постоянство внутренней среды и ее колебания в допустимых пределах. Хорошо известны биологические константы, при которых возможно полноценное существование организма: температура тела, кровяное давление, концентрация глюкозы и кислорода в крови и другие. Организм человека – открытая система, причем внешние воздействия постоянно дестабилизируют внутреннюю среду, нарушая ее постоянство, столь необходимое для полноценной жизнедеятельности. Тем не менее гомеостаз поддерживается благодаря сложным скоординированным механизмам саморегуляции, среди которых важную роль играет обратная связь.

**Биологическая обратная связь.** В живых организмах саморегуляция опосредуется механизмами обратной связи. Термин «обратная связь» впервые был использован в технике для описания автоматического управления машинами и механизмами. Любая система, поведение которой основано на принципе обратной связи обладает тремя основными свойствами:

- 1) генерирует движение к цели по определенному пути;
- 2) обнаруживает ошибку путем сравнения реального действия с правильным путем;
- 3) использует сигнал об ошибке для изменения направления действия.

В здоровом организме информация о результатах деятельности какого-либо органа (нервного центра, железы, мышцы) всегда тем или иным способом возвращается к нему обратно. На основе этого производятся изменения и корректировки первоначальной деятельности. Тем самым создается петля «обратной связи». Этот механизм действует практически на всех уровнях организации живого организма, начиная от петель обратной связи, ответственных за изменение скорости протекания самых элементарных биохимических реакций, до крайне сложных видов поведенческой деятельности. Причем самым существенным моментом в структурной организации обратной связи является наличие определенной информации о результате или характеристиках протекания того или иного процесса, с тем, чтобы иметь возможность изменить его в полезном для организма направлении.

Обратная связь (афферентация) является важнейшим звеном функциональных систем всех уровней организации. Другими словами, ее значение далеко выходит за рамки регуляции гомеостаза. Она выступает как важнейший механизм саморегуляции поведения и деятельности животных и человека. При этом основной интерес представляют собой те реципрокные, регуляторные, опосредованные мозгом взаимодействия между моторным механизмом и рецептором, в которых обратная связь от рецептора управляет двигательным ответом и сама же регулируется им. Фундаментальные свойства этого взаимодействия для живых организмов – динамичность, замкнутость контура управления и непрерывность действия. Однако, анализ обратной связи в таком плане в значительной степени – предмет будущих исследований.

**Искусственная обратная связь.** Важная особенность обратной связи заключается в том, что ее можно рассматривать как метод регуляции функциональных состояний организма и управления деятельностью человека, причем первый из аспектов больше связан с психофизиологией, второй – с психологией труда и эргономикой. Суть в том, что при помощи специально сконструированных приборов информация о функциональном состоянии человека или результатах его деятельности регистрируется, преобразуется в доступную для восприятия форму и посылается обратно. Анализируя «вернувшуюся» информацию, человек принимает решение о дальнейших шагах в своем поведении, будь это управление состоянием организма или выполнение производственной задачи.

Иными словами, при помощи специальной аппаратуры создается искусственная петля «обратной связи», с помощью которой человек способен сознательно регулировать многие функции своего организма, начиная от изменения скорости протекания элементарных психофизиологических реакций до крайне сложных видов деятельности. Самым существенным при организации аппаратной обратной связи является обеспечение конкретной, доступной человеку информации о результате или характеристиках протекания того или иного процесса, чтобы у человека была возможность изменить его в любом, но лучше в полезном организму, направлении.

Имеются многочисленные данные, говорящие о том, что при наличии соответствующей информации, на основе обратной связи человек может научиться изменять такие функции своего организма, которые ранее считались недоступными для произвольной регуляции и осознанного контроля.

### **Вопросы для самопроверки знаний:**

1. Разъясните физиологические закономерности трудовой деятельности человека.
2. Какие происходят изменения физиологических функций при физическом труде?
3. Какие происходят изменения физиологических функций при умственном труде?
4. Какова физиологическая характеристика функционального состояния человека в процессе монотонного труда?
5. Что такое гипокинезия человека в процессе трудовой деятельности и каковы ее отрицательные последствия?
6. Раскройте содержание понятия функциональные состояния.
7. Повторите классификацию функциональных состояний человека.
8. Что такое «биологическая обратная связь»?
9. В чем заключается физиологический смысл биологической обратной связи?

## ***Тема 3. Принципы центральной нервной регуляции трудовой деятельности***

**Принципы центральной нервной регуляции трудовой деятельности.** Нейрофизиологическая структура целенаправленной производственной деятельности очень сложна. Вся разнообразная деятельность клеток, тканей, органов и систем человеческого организма регулируется и управляется ЦНС; благодаря деятельности которой организм представляет собой единое, слаженное целое. Это основное положение современной физиологии имеет огромное значение для физиологии труда, изучающей деятельность целостного организма. Теория центрально-нервной регуляции трудовой деятельности разработана русскими физиологами - И.М. Сеченовым, И.П. Павловым, Н.Е. Введенским, А.А. Ухтомским. Независимо от характера производственной деятельности обязательным внешним проявлением трудового процесса является двигательная активность человека. В процессе реализации трудовой активности происходит взаимодействие организма со средой, приспособление к ней. Основоположник русской физиологии И.М. Сеченов установил, что психические процессы по своему происхождению - рефлексы с началом в чувственном возбуждении и концом в мышечном движении.

Учение И.П. Павлова об условных рефлексах у и второй сигнальной системе показывает, что двигательные реакции человека по своей физиологической сущности - сложные условные рефлексы. Возникновение двигательного действия (рабочего движения) у человека связано с речевыми (*вторая сигнальная система*) и чувственными (*первая сигнальная система*) раздражителями. По И.П. Павлову, никакое рабочее движение не может начаться без раздражения, воспринимаемого органами чувств. В качестве условного раздражителя в процессе труда решающее значение имеют словесные сигналы, инструкции.

В процессе выработку условного рефлекса, лежащего в основе конкретного трудового действия, выделяются 2 этапа:

- для 1-го этапа образования условного рефлекса характерна широкая иррадиация возбуждения в ЦНС. когда в осуществлении того или иного двигательного действия принимают участие многие центры коры головного мозга. У рабочего на этой стадии обучения много лишних движений, усилий, частые ошибки;

- на 2-м этапе по мере усвоения и закрепления правильных приемов работы (в основе которых лежит только подкрепление заданного условного сигнала) происходит концентрация возбуждения в соответствующих центрах головного мозга. Основным фактором, определяющим характер межцентральных взаимоотношений в процессе трудовой деятельности, по А.А. Ухтомскому, является состояние повышенной возбудимости в определенной функциональной системе.

Доминантные центры обладают повышенной возбудимостью и способностью к суммации возбуждений, поступающих из разных источников с местным возбуждением, в результате чего они первыми настраиваются на оптимальный ритм и темп работы. Это способствует оптимизации рабочих движений. Формирование доминанты сопровождается широким развитием сопряженного торможения в других областях ЦНС, поэтому происходит подавление любой, не относящейся к производственной, деятельности. Характерной чертой доминанты является инертность, способность долго удерживать возбуждение, сохраняться в ЦНС в виде следа и заново сформироваться при подходящих условиях. Это обеспечивает возможность полноценного воспроизведения приобретенных трудовых навыков.

Формирование доминанты неразрывно связано с широким развитием торможений в областях ЦНС, не входящих в сферу положительного проявления доминанты. Этот этап образования условных рефлексов характеризуется четкими, экономными рабочими движениями, отсутствием ошибок.

*Доминанта* определяет господствующую направленность рефлекторного поведения: от однозначно направленного действия до готовности к действию - «оперативного покоя». При оперативном покое пороги возбудимости к разнообразным раздражителям среды повышаются, тогда как пороги к раздражителям, сигнализирующим о срочном переходе к действию, понижаются.

Определяя роль доминанты в рефлекторном поведении человека, А.А. Ухтомский рассматривал в то же время деятельность человека как сложную функциональную систему, включающую совокупность психических актов, где высшим регулятором действия является сознание, регулируемое доминирующей мотивацией личности.

Важность мотивов и потребностей человека, определяемых его кортикальными установками, состоит в том, что в процессе трудовой деятельности они формируются под воздействием социальных факторов, отражая биосоциальную природу человека и оказывая существенное влияние на реализацию огромных биологических резервов ЦНС.

Для трудовой деятельности человека характерно многократное повторение в определенной последовательности различного рода раздражителей, которые складываются в определенную функциональную систему работы коры головного мозга, названную И.П. Павловым динамическим стереотипом.

*Динамический стереотип* - устойчивая, слаженная система рефлексов, которая образуется в результате многократного повторения условных раздражений в определенной последовательности и через определенные промежутки времени - усвоении ритма. В дальнейшем ответ организма определяется не воздействующим раздражителем, а возникающим на его месте условным раздражителем. Механизм динамического стереотипа заключается в формировании в мозге повторяющихся нервных процессов, отражающих пространственные, временные и порядковые особенности воздействия на организм внешних и внутренних раздражителей. Так нервные процессы программируют предстоящую деятельность мозга, чем обеспечивается точность и своевременность реакции организма на привычные раздражители производственной обстановки. Изменение условий труда приводит к ломке стереотипа и замене его новым. «Переделка» стереотипа создает реакцию напряжения, тем большую, чем сложнее

стереотип и длительное его существование. Скорость переделки стереотипа зависит также от возраста, функционального состояния ЦНС, типа высшей нервной деятельности человека.

Динамический стереотип как совокупность условных рефлексов включает в себя, помимо двигательных, и вегетативные компоненты, создающие единую систему жизнеобеспечения при осуществлении рабочих движений. В трудовой деятельности динамический стереотип вырабатывается в ходе обучения рабочего производственным операциям. После многократного повторения приемов работы и их усвоения переход от одного элемента рабочей операции к другому происходит без переключения внимания и мышления на выполнение каждого элемента. По мере закрепления динамического стереотипа возникает автоматизм в действиях рабочего.

Современные теоретические представления о центральной регуляции трудовой деятельности основываются на теории функциональных систем П.К. Анохина, гипотезе о жестких и гибких звеньях системы мозгового обеспечения психических процессов Н.П. Бехтеревой.

Согласно теории функциональных систем П.К. Анохина, любой целенаправленный двигательный акт осуществляется посредством функциональной системы как замкнутого циклического образования с наличием обратной информации о результате действия. Важнейшими элементами такой системы являются афферентный синтез, принятие решения, построение программы действия, акцептор результата действия, результат действия, обратная афферентация.

Афферентный синтез заключается в обработке четыре основных видов афферентных возбуждений:

1. Мотивационное возбуждение — формируется под влиянием метаболических, гормональных и социальных факторов. Оно определяет цель действия и способствует активному отбору сенсорной информации, необходимой для построения целенаправленного поведения.

2. Обстановочная афферентация — создается воздействием на организм всей совокупности внешних раздражителей и обеспечивает приспособление поведенческой реакции к данным условиям.

3. Активация аппарата памяти — позволяет организму использовать прошлый опыт для принятия оптимального в данной обстановке решения.

4. Пусковая афферентация — условный раздражитель, нередко - речевой. Эмоции являются обязательным существенным компонентом афферентации, определяющим качество двигательного акта.

Афферентный синтез заканчивается формированием программы действия, состоящей из двух принципиально различных элементов: 1) эфферентной программы действия, то есть определенной последовательности набора команд, поступающих на исполнительные приборы - эфффекторы (скелетные мышцы, железы внутренней секреции, сердечно-сосудистая, дыхательная и другие системы), и 2) акцептора результата действия, то есть нейронной модели предполагаемого результата, к которому должно привести данное действие.

Информация о реальных результатах действия, поступающая в ЦНС в составе обратной афферентации, сличается с этой моделью, что обеспечивает постоянную оценку полученного результата и определяет целесообразность поведенческого акта.

В случае совпадения ожидаемых и реальных параметров результата устраняется исходная мотивация, возникает положительная эмоция, в памяти закрепляется система нервных соотношений, приведшая к достижению цели. В случае несовпадения возникает ориентировочная реакция, а при длительных несовпадениях — отрицательная эмоциональная реакция.

*Трудовая деятельность человека* осуществляется прежде всего за счет формирования динамических мозговых систем, определяющих совокупность психических процессов,

разнообразные двигательные акты, усиленную работу систем жизнеобеспечения организма и обеспечивающих оптимальную их координацию.

**Понятие о доминанте.** Доминанта является важным принципом работы мозга. Это понятие ввел А.А. Ухтомский. Доминанта (то есть преобладание) – это акцентирование на самой важной реакции данного момента и одновременное торможение остальных реакций. Как и привычки, доминанта является проявлением инстинкта самосохранения, потому что вся энергия мозга тратится на выполнение самой важной для человека задачи. Например, если человек очень хочет есть, ни о чем, кроме еды, он думать не сможет. Но если в это время произойдет какое-либо важное событие, неважно, радостное или печальное, но вызывающее более сильные эмоции, мысли о еде отступят на второй план. Важно отметить, что доминантный очаг возбуждения имеет тенденцию подавлять остальные очаги. То есть, чем больше человек хочет есть, тем ярче у него будет выражаться реакция на произошедшее событие.

Доминанты имеют как люди, так и животные. У последних это прежде всего потребность в еде, защите и рождении потомства. У людей доминант гораздо больше. Это потребности не только физиологические, которые совпадают с потребностями животных (утоление голода и жажды), но и эстетические (стремление к красоте, потребность в уважении и самореализации), познавательные, нравственные и многие другие. Любая из этих потребностей может стать доминантой. Их наличие само по себе не является противоестественным, однако, когда человек подчиняет свою волю достижению той или иной потребности, существует риск заикливания.

Например, если человек все силы тратит на то, чтобы достичь какой-либо выдающейся цели, он рискует стать трудоголиком, сводит на нет общение с другими людьми, забывает друзей и семью. Девушка, одержимая идеей обрести внешность модели, садится на жесточайшую диету, в результате чего каждый кусок пищи воспринимается ею как зло, она перестает есть и рано или поздно превращается в дистрофика. Помочь в этом случае может только психотерапевт. Если обратиться к врачу слишком поздно, пациентка может умереть от истощения.

Опасны прежде всего те доминанты, которые не имеют логического завершения. Невозможно заработать всех денег, стать самым успешным, богатым, красивым. Действие доминанты прекращается лишь тогда, когда она удовлетворяется. Если доминанту нельзя прекратить естественным путем, человек живет только одной целью, в результате чего развиваются неврозы и психические расстройства.

Еще одной важной особенностью доминант является то, что человек видит мир через них, а не объективно. Например, если главной потребностью человека является достижение богатства, он будет оценивать всех людей, исходя из их материального достатка. Если он убежден в том, что некрасив, то будет считать, что остальные люди думают о нем так же, и не поверит тем, кто будет утверждать обратное. Отсюда следует, что другие люди тоже станут считать его некрасивым и даже уродливым. Другими словами, мир относится к человеку так, как он относится к миру.

Активность нервных центров непостоянна, и преобладание активности одних из них над активностью других вызывает заметные перестройки в процессах координации рефлекторных реакций.

Исследуя особенности межцентральных отношений, А.А. Ухтомский обнаружил, что если в организме животного осуществляется сложная рефлекторная реакция, например, повторяющиеся акты глотания, то электрические раздражения моторных центров коры не только перестают вызывать в этот момент движения конечностей, но и усиливают и ускоряют протекание начавшейся цепной реакции глотания, оказавшейся главенствующей. Аналогичное явление наблюдалось при отравлении фенолом передних отделов спинного мозга лягушки.

Повышение возбудимости мотонейронов приводило к тому, что отравленная лапка отвечала рефлексом потирания (отряхивания) не только на непосредственное раздражение ее кожи кислотой, но и на самые разнообразные посторонние раздражители: поднимание

животного со стола в воздух, удар по столу, где оно сидит, прикосновение к передней лапке животного и др.

Подобные эффекты, когда разнообразные поводы вызывают не адекватный им ответ, а реакцию, уже подготовленную в организме, постоянно встречаются и в поведении человека (смысл этого точно передают, например, такие пословицы, как «у кого что болит, тот о том и говорит», «голодной куме все пирог на уме»).

В 1923 году А.А. Ухтомский сформулировал принцип доминанты как рабочий принцип деятельности нервных центров. Термином доминанта был обозначен господствующий очаг возбуждения в центральной нервной системе, определяющий текущую деятельность организма.

Основные черты, доминанты следующие: 1) повышенная возбудимость нервных центров, 2) стойкость возбуждения во времени, 3) способность к суммации посторонних раздражений и 4) инерция доминанты. Доминирующий (господствующий) очаг может возникнуть лишь при определенном функциональном состоянии нервных центров.

Одним из условий его образования является повышенный уровень возбудимости нервных клеток, который обуславливается различными гуморальными и нервными влияниями (длительными афферентными импульсациями, гормональными перестройками в организме, воздействиями фармакологических веществ, сознательным управлением нервной деятельностью у человека и пр.).

Установившаяся доминанта может быть длительным состоянием, которое определяет поведение организма на тот или иной срок. Способность стойко поддерживать возбуждение во времени — характерная черта доминанты.

Однако далеко не всякий очаг возбуждения становится доминантным. Повышение возбудимости нервных клеток и их функционального значения определяется способностью суммировать возбуждение при поступлении любого случайного импульса. Восходящие нервные импульсы могут направляться не только по прямому специфическому пути — в соответствующие проекционные зоны мозга, но и через боковые ответвления — в любые зоны центральной нервной системы.

В связи с этим при наличии в каком-либо участке нервной системы очага с оптимальным уровнем возбудимости этот очаг приобретает возможность повышать свою возбудимость за счет суммирования не только собственных афферентных раздражений, но и посторонних, адресованных другим центрам.

Не сила возбуждения, а способность накапливать и суммировать его превращает нервный центр в доминирующий. Явления суммации лучше всего выражены лишь при умеренном, оптимальном, повышении возбудимости нейронов. Это выражается в том, что доминанта легче всего подкрепляется слабыми раздражениями и гасится сильными. Чем больше нейронов вовлечено в данный очаг возбуждения, тем прочнее доминанта и тем больше она подавляет деятельность других отделов мозга, вызывая в них так называемое сопряженное торможение.

Нервные клетки, входящие в доминирующий очаг, расположены не обязательно в одном участке нервной системы. Чаще всего они составляют определенную систему клеток (по А.А. Ухтомскому, «созвездие», или *конstellацию*, нейронов), расположенных в разных этажах головного и спинного мозга.

Такими сложными являются, например, доминанты, обеспечивающие выполнение мышечной работы. Внешним их выражением могут быть стационарно поддерживаемые движение и рабочая поза, а также исключение в этот момент других движений и поз. В эти доминанты включаются клетки разнообразных областей коры больших полушарий и подкорковых отделов, связанных с организацией двигательной деятельности, а также клетки различных эмоциональных и вегетативных центров (дыхательного, сердечно-сосудистого, терморегуляционного и др.).

Объединение большого числа нейронов в одну рабочую систему происходит путем взаимного сонастраивания на общий темп активности, т. е. путем усвоения ритма. Одни



нервные клетки снижают свой более высокий темп деятельности, другие повышают низкий темп до какого-то среднего, оптимального, ритма.

Доминирующая группа нервных центров, работающих в общем ритме, тормозит центры с иными ритмами активности. Значение явления усвоения ритма как механизма формирования доминирующего очага и механизма его функционального выделения из общей массы нервных клеток подтверждено в последнее время электрофизиологическими исследованиями на животных и человеке. *Важным свойством доминанты является инерция.*

Однажды возникшая доминанта может длительное время поддерживаться и после удаления первоначального стимула, например, при осуществлении цепных двигательных рефлексов. Инерция выражается также в том, что доминанта может надолго сохраняться как следовое состояние (потенциальная доминанта). При возобновлении прежнего состояния или прежней внешней ситуации доминанта может возникнуть снова. Такое воспроизведение доминанты происходит в организме спортсмена условно-рефлекторно в предстартовом состоянии, когда в известной мере активизируются все те нервные центры, которые входили в рабочую систему во время предыдущих тренировок. Это проявляется в усилении всего комплекса функций, связанных с мышечной работой: центральных, мышечных, выделительных, сосудистых и др.

Мысленное выполнение физических упражнений также воспроизводит (актуализирует) доминирующую систему центров, что обеспечивает тренирующий эффект представления движений и является основой так называемой идеомоторной тренировки. В норме в нервной системе редко отсутствуют какие-либо доминанты.

*Бездоминантное состояние*—это очень слабое возбуждение, разлитое более или менее равномерно по различным нервным центрам. Сходное состояние возникает у спортсменов в процессе полного расслабления, при аутогенной тренировке. Путем такого расслабления добиваются устранения мощных рабочих доминант и восстановления работоспособности нервных центров. Как фактор поведения доминанта связана с высшей нервной деятельностью, с психологией человека.

*Доминанта является физиологической основой акта внимания.* Она определяет характер восприятия раздражений из внешней среды, делая его односторонним, но зато более целеустремленным. При наличии доминанты многие влияния внешней среды остаются вне внимания, но зато более интенсивно улавливаются и анализируются те, которые особенно интересуют человека.

*Доминанта* — мощный фактор отбора биологически и социально наиболее значимых раздражений. Возникновение в коре больших полушарий доминантных состояний наблюдается в начале образования временных связей. Условный рефлекс образуется, когда доминантный очаг возбуждения начинает отвечать не на любое афферентное раздражение, а лишь на специфическое раздражение, ставшее сигнальным.

Поскольку доминанта связана с определенной реакцией, она определяет одностороннее выражение поведения. Чем выраженнее доминанта, тем больше она тормозит другие текущие рефлексy. Таким образом, из многих степеней свободы выбирается одна — при наличии в определенных двигательных центрах доминанты работает интенсивно лишь та часть мускулатуры, которая управляется этими центрами, а остальная выключена из сферы деятельности в результате сопряженного торможения. При этом заторможены также многие вегетативные центры. В начальный момент интенсивной мышечной работы почти полностью могут исчезать условные рефлексy: слюноотделительные, мигательные и др. Это обеспечивает Целесообразность движений и экономичность энерготрат. Мощная Двигательная доминанта при статических усилиях за счет сопряженного торможения приводит к задержке дыхания и угнетению деятельности сердечно-сосудистой системы. По мере формирования двигательного навыка система доминирующих нервных центров совершенствуется. Из нее исключаются все лишние нервные центры, остаются лишь те, которые необходимы и достаточны для осуществления двигательной задачи.

**Учение о доминанте и конstellляции нервных центров.** Доминанта, по мнению Ухтомского, есть комплекс определённых симптомов во всём организме — и в мышцах, и в секреторной работе, и в сосудистой деятельности. Она представляется не как топографически единый пункт возбуждения в центральной нервной системе, но как «определённая конstellляция центров с повышенной возбудимостью в разнообразных этажах головного и спинного мозга, а также в автономной системе». Конstellляция нервных центров — взаимодействие нервных центров с постоянно динамически меняющимся состоянием. Роль нервного центра может существенно изменяться: из возбуждающей становится тормозящей для одних и тех же приборов в зависимости от состояния, переживаемого нервным центром в данный момент. В различных ситуациях нервный центр может приобретать разное значение в физиологии организма. «Вновь приходящие волны возбуждения в центрах будут идти по направлению главенствующего сейчас очага возбуждения».

Ухтомский считал, что доминанта способна трансформироваться в любое «индивидуальное психическое содержание». Однако доминанта не является прерогативой коры головного мозга, это общее свойство всей центральной нервной системы. Он видел разницу между «вышними» и «низшими» доминантами. «Низшие» доминанты носят физиологический характер, «высшие» — возникающие в коре головного мозга — составляют физиологическую основу «акта внимания и предметного мышления».

Многочисленные исследования, проведённые Ухтомским, его коллегами и независимыми учёными свидетельствовали о том, что доминанта играет роль общего рабочего принципа нервных центров.

Для Ухтомского доминанта была тем, что определяет направленность человеческого восприятия. Доминанта служила тем самым фактором, который интегрирует ощущения в целую картинку (здесь можно провести параллель с гештальтом). Ухтомский считал, что все отрасли человеческого опыта, в том числе и наука, подвержены влиянию доминант, при помощи которых подбираются впечатления, образы и убеждения.

**Рефлекс** (лат. reflexus повернутый назад, отраженный) реакция организма, обеспечивающая возникновение, изменение или прекращение функциональной активности органов, тканей или целостного организма, осуществляемая при участии центральной нервной системы в ответ на раздражение рецепторов организма.

Структурной основой рефлекторной деятельности является рефлекторная дуга. Она состоит из рецепторов (воспринимают раздражение и являются частью афферентного нейрона), афферентных, или чувствительных, нервных волокон (передают импульсы от рецепторов в нервную систему), нервного центра (в нём происходит анализ и синтез афферентного возбуждения), эфферентных, или двигательных, нервных волокон (передают возбуждение от нервного центра к исполнительным аппаратам), эффекторов или исполнительных органов (мышцы, сосуды, железы и др.). Области тела, включающие совокупность рецепторов, раздражение которых вызывает определённый рефлекс, называются рефлексогенными зонами. Эти зоны имеются во всех органах и тканях организма. Например, раздражение поверхности роговицы глаза вызывает рефлекс мигания, слизистой оболочки носоглотки — рефлекс чиханья. Примерами таких зон внутренних органов являются аортально-каротидная рефлексогенная зона, включающая рефлексогенные зоны дуги аорты, и синокаротидная зона, расположенная в месте разветвления общей сонной артерии на наружную и внутреннюю. Она состоит из двух образований — каротидного синуса и каротидного клубочка, в которых располагаются барорецепторы и хеморецепторы; рефлексы этой зоны участвуют в регуляции уровня АД (артериального давления) и деятельности дыхательного центра.

Рефлекс является элементарной единицей нервного действия. В естественных условиях рефлекс осуществляется не изолированно, а объединяются (интегрируются) в сложные рефлекторные акты, имеющие определённую биологическую направленность. Биологическое значение рефлекторных механизмов заключается в регуляции работы органов и координации их функционального взаимодействия с целью обеспечения постоянства внутренней среды

организма, сохранение его целостности и возможности приспособления к постоянно меняющимся условиям окружающей среды.

Рефлексы объединяют в различные группы в зависимости от ведущего признака, взятого в основу их деления.

***Классификация рефлексов:***

*1. В зависимости от появления в эволюции (по А.Б. Когану):*

- 1) элементарные безусловные рефлексы,
- 2) координационные безусловные рефлексы,
- 3) интегративные безусловные рефлексы,
- 4) сложнейшие безусловные рефлексы, или инстинкты,
- 5) элементарные условные рефлексы,
- 6) сложные формы высшей нервной деятельности.

*2. В зависимости от происхождения, или способа формирования в процессе индивидуального развития:*

- 1) простые безусловные рефлексы (врожденные),
- 2) сложные безусловные рефлексы, или инстинкты (врожденные),
- 3) условные рефлексы (приобретенные в процессе постнатального онтогенеза),

*3. В зависимости от онтогенеза безусловные рефлексы бывают:*

- 1) постоянно существующие,
- 2) рудиментарные,
- 3) исчезающие с определенного периода онтогенеза (например, хватательный рефлекс Робинсона исчезает к 2-4 месяцам, рефлекс Бабинского - к 2 годам),
- 4) возникающие в период развития, в том числе во время полового созревания.

*4. В зависимости от состояния здоровья:*

- 1) рефлексы здорового организма,
- 2) патологические рефлексы (например, рефлексы, возникающие при нарушении функции спинного мозга; например, разгибательный рефлекс Бабинского (разгибание большого пальца стопы в сторону тыла при раздражении подошвы стопы штриховым движением).

*5. В зависимости от числа синапсов:*

- 1) моносинаптические,
- 2) полисинаптические,

*6. В зависимости от рецепторов, активация которых вызывает рефлекс:*

1. экстероцептивные (болевые температурные, тактильные),
2. интероцептивные (хеморецепторные, барорецепторные, осморорецепторные),
3. проприоцептивные (с рецепторов мышц, сухожилий и суставов).

*7. В зависимости от локализации рефлексогенных зон:*

- 1) аортальные, каротидные (от рецепторов сонной артерии),
- 2) кожные,
- 3) сухожильные,
- 4) сердечные,
- 5) сосудистые,
- 6) висцеральные,
- 7) мышечные.

*8. В зависимости от отдела мозга, необходимого для реализации рефлекса:*

- 1) спинномозговые (спинальные),
- 2) стволовые (бульбарные, мезенцефальные, понтийные),
- 3) диэнцефальные (гипоталамические),
- 4) мозжечковые,
- 5) корковые,

9. В зависимости от систем мозга, ответственных за реализацию рефлекса:

- 1) вегетативные (симпатические, парасимпатические, метасимпатические),
- 2) двигательные,
- 3) сенсорные,
- 4) интеллектуальные.

10. В зависимости от органа, деятельность которого изменяется при реализации рефлекса:

- 1) сердечные,
- 2) сосудистые,
- 3) дыхательные,
- 4) бронхиальные,
- 5) мышечные,
- 6) слюноотделительные,
- 7) желчеотделительные,
- 8) терморегуляционные,
- 9) другие рефлексы.

11. В зависимости от эффекта, возникающих при реализации рефлекса:

- 1) дыхательные, чихательные, кашлевые,
- 2) сосательные, жевательные, слюноотделительные, желчеотделительные, сокоотделительные, всасывательные,
- 3) хватательные, локомоторные, статокинетические, статические, миотатические, разгибательные, сгибательные,
- 4) глазодвигательные, в том числе нистагм глаз,
- 5) эрекцияционный, эякуляцияционный,
- 6) дефекационный, мочеиспускательный,
- 7) ортостатический, клиноостатический.

12. В зависимости от биологического значения:

- 1) пищевые,
- 2) питьевые,
- 3) оборонительные,
- 4) защитные,
- 5) половые,
- 6) родительские и т.д.

**Функциональная система, доминанта, двигательный динамический стереотип.**

Любые навыки – бытовые, профессиональные, спортивные – не являются врожденными движениями. Они приобретены в ходе индивидуального развития. Возникая в результате подражания, условных рефлексов или по речевой инструкции, двигательные акты осуществляются специальной функциональной системой нервных центров (Анохин П.К., 1975). Деятельность этой системы включает следующие процессы: синтез афферентных раздражений (информации из внешней и внутренней среды); учет доминирующей мотивации (предпочтение действий); использование памятных следов (арсенала движений и изученных тактических комбинаций); формирование моторной программы и образа результата действий; внесение сенсорных коррекций в программу, если результат не достигнут.

Комплекс нейронов, обеспечивающих эти процессы, располагается на различных этажах нервной системы, становясь *доминантой*, то есть господствующим очагом в центральной нервной системе. Он подавляет деятельность посторонних нервных центров и соответственно лишние скелетных мышц (Ухтомский А.А., 1923). В результате движения выполняются все более экономно, при включении лишь самых необходимых мышечных групп и лишь в те моменты, которые нужны для его осуществления. Происходит экономизация энерготрат.

Порядок возбуждения в доминирующих нервных центрах закрепляется в виде определенной системы условных и безусловных рефлексов и сопровождающих их вегетативных реакций, образуя *двигательный динамический стереотип* (Павлов И.П.; Крестовников АЖ, 1954). Каждый предшествующий двигательный акт в этой системе запускает следующий. Это облегчает выполнение целостного упражнения и освобождает сознание человека от мелочного контроля за каждым его элементом. Роль условно-рефлекторного механизма образования двигательных навыков доказывается, в частности, тем, что выработанные навыки во многом угасают при перерывах в тренировке (при отсутствии подкрепления). Однако двигательные навыки отлетают от классических слюнных условных рефлексов, описанных И.П. Павловым (сенсорных или рефлексов 1-го рода). Навыки в основном представляют условные рефлексы 2-го рода – оперантные или инструментальные условные рефлексы (Конорский Ю.М., 1970). В них новым отделом рефлекторной дуги является ее эффекторная часть, то есть создается новая форма движения или новая комбинация из ранее освоенных действий. Построение новой формы движений на основе имеющихся элементов Н.В. Зимкин (1975) отнес к явлениям *экстраполяции* (использования предшествующего опыта).

Не всякое трудовое движение можно рассматривать как проявление доминанты. Применительно к труду доминанта образуется при усвоении трудовой операции, выражающей конкретное содержание профессии. Доминанта - это длительная иннервация, а не быстро протекающие рефлексы на среду. Она может занимать длительные периоды жизни организма и важна для продуктивности труда.

Во время трудовой деятельности происходит саморегуляция различных функций организма. На верхнем уровне построения и регуляции рабочего динамического стереотипа инициативный цикл. В нем принимают участие нервные центры, с которыми связана программирующая деятельность ЦНС. Функция этих центров состоит в воспроизведении следов возбуждения и в формировании интегрального образа рабочих действий. Сличение информации о выполняемом движении с программным позволяет обнаружить рассогласование между ними, при наличии рассогласования возникают нервные импульсы корректирующего значения, направленные к нервным центрам двигательного анализатора. Это значит, что начал функционировать следующий цикл саморегуляции, названный циклом плавности и происходящий при участии нервных центров спинного мозга и мозжечка. Этот цикл обеспечивает плавность и точность траекторий движений, взаимодействие мышц-антагонистов и рациональное использование пассивных сил. Последний цикл: одновременно с включением циклов саморегуляции двигательной деятельности возникают циклы регуляции вегетативных процессов (дыхание, терморегуляция).

Учение о циклах саморегуляции важно для физиологически обоснованной систематики видов труда и их оптимизации. Так, при изучении тяжелого физического труда особое внимание обращают на саморегуляцию обменных процессов, дыхательную, сердечно-сосудистую деятельность: они ограничивают интенсивность и длительность труда, при труде умеренной тяжести - на цикл саморегуляции плавности и ритмичности движений. При умственном труде исследуются восприятия и переработки информации, концентрации внимания на объекте труда.

Для эффективности труда, успешного формирования, закрепления и поддержания рабочих динамических стереотипов у работников требуются:

*Ясное представление о цели и содержании своего труда.* Материальные и моральные стимулы приобретают значение условно-рефлекторных подкреплений. Недооценка мотивации значительно снижает цель труда и уровень работоспособности.

*Правильный и четкий ритм производственного процесса.* При ритмичной работе в качестве активного условно-рефлекторного раздражителя выступает время.

*Правильное чередование труда и отдыха.* В начале работы вследствие суммирования следов возбуждения повышается возбудимость и функциональная подвижность работающих

центров, что ведет повышению работоспособности. Но длительная работа без паузы ведет к накоплению большого возбуждения, это снижает возбудимость и функциональную подвижность, развивается утомление. Поэтому важное условие высокой работоспособности – режим труда и отдыха.

*Организация рабочего места и состояние условий труда.* Правильное расположение инструмента, рациональное освещение, отсутствие шума - важная предпосылка для формирования рабочего динамического стереотипа.

В заключение важно подчеркнуть, что учение о доминанте и сигнальных системах нашли свое практическое применение не только в физиологии труда, но и в психологии, педагогике, юриспруденции и в современном менеджменте.

#### **Вопросы для самопроверки знаний:**

1. Что обозначают первая и вторая сигнальные системы?
2. Передайте суть учения о доминанте и констелляции нервных центров.
3. Как связаны физиологические доминанты и трудовая деятельность?
4. Что обозначают доминантные центры?
5. Почему иногда доминанту рассматривают как дополнительный рабочий орган?
6. Что такое бездоминантное состояние?
7. Поясните смысл взаимоотношения понятий «рефлекс и труд».
8. Повторите классификацию рефлексов.
9. Как связаны между собой функциональная система, доминанта, двигательный динамический стереотип?
10. Какие имеются физиологические требования для успешного формирования, закрепления и поддержания рабочих динамических стереотипов?

## Раздел 2. Анализаторные и функциональные системы организма

### Тема 4. Анализаторные системы организма

Физиологические основы охраны труда в качестве одной из центральных тем предполагают изучение анализаторных систем организма. Анализаторной системой называют часть нервной системы, состоящую из воспринимающих элементов – сенсорных рецепторов (получающих стимулы из внешней или внутренней среды), нервных путей (передающих информацию от рецепторов в мозг) и тех частей мозга, которые перерабатывают и анализируют эту информацию.

Сенсорные (чувствительные) системы воспринимают и анализируют раздражения, поступающие в мозг из внешней среды и от различных внутренних органов и тканей организма. К ним относят двигательную, зрительную, вестибулярную, слуховую, тактильную, температурную, болевую и другие.

Сенсорные системы играют большую роль при обучении рабочим и двигательным действиям и их выполнении. Они воспринимают отдельные раздражения и обеспечивают координационное взаимодействие всех систем организма. При повторном выполнении движений между центрами отдельных сенсорных систем образуются временные связи, которые способствуют совершенствованию двигательной деятельности.

Основной характеристикой анализаторов является *чувствительность* – свойство живого организма воспринимать раздражения, обусловленные действием раздражителей из внешней или внутренней среды. Чувствительность характеризуется величиной *порога ощущения*. Различают абсолютный и дифференциальный пороги ощущения.

*Абсолютный порог ощущения* – это минимальная сила раздражения, при которой возникает ощущение.

*Дифференциальный (разностный) порог ощущения* – это минимальная величина, на которую нужно усилить раздражитель, чтобы получить минимальное изменение ощущения.

Величина ощущения изменяется медленнее, чем сила раздражителя. Согласно основному психофизическому закону Вебера-Фехнера интенсивность ощущения  $E$  пропорциональна логарифму силы раздражителя:

$$E = K \cdot \ln R,$$

где  $R$  - сила раздражителя;  $K$  – константа, определяемая данной сенсорной системой.

Для каждого анализатора характерна минимальная длительность воздействия раздражителя, необходимая для возникновения ощущения. Время от начала воздействия до появления ощущения, называют *латентным периодом*. Его величина для различных анализаторов составляет от 0,09 до 1,6 с.

**Зрительный анализатор.** Человек получает более 80% всей информации о внешней среде благодаря освещению через зрительный анализатор. Под воздействием потока лучистой энергии возникают световые и цветовые ощущения, уровень которых зависит от яркости и освещенности рассматриваемых предметов, объектов, окружающих поверхностей.

Зрительный анализатор, как и любой другой анализатор, состоит из трех функциональных частей. Периферическую часть в зрительном анализаторе представляет собой важнейший из органов чувств – орган зрения – *глаз*.

Глаз состоит из глазного яблока, имеющего почти шаровидную форму, глазодвигательных мышц, век, слезного аппарата.

Свет попадает в глаз через прозрачную часть фиброзной оболочки *роговицу*, *зрачок* – отверстие переменной величины в центре радужной оболочки; далее свет проходит через *хрусталик*, имеющий форму двояковыпуклой линзы, *стекловидное тело* и затем попадает на светочувствительные фоторецепторные клетки *сетчатки*. Цилиарная мышца регулирует кривизну поверхности хрусталика, обеспечивая способность глаза к аккомодации.

*Аккомодация* – приспособление к ясному видению предметов, находящихся на различных расстояниях от глаза.

**Рефлекторное изменение диаметра зрачка.** При изменении интенсивности освещения рефлекторное сокращение кольцевых и радиальных мышц глаза изменяет диаметр (просвет) зрачка. Благодаря этому зрачок обладает способностью регулировать количество света, попадающего на сетчатку, предотвращая ее повреждение. Чем ярче свет, тем уже зрачок, тем меньше света попадает на сетчатку, и наоборот. Когда яркость уменьшается, зрачок увеличивается. Предельные размеры зрачка 2 и 8 мм можно наблюдать солнечным днем и темной ночью, соответственно.

Дополнительное преимущество за счет сужения зрачка состоит в том, что увеличивается глубина резкости, и поэтому различия в расстоянии от объекта до глаза меньше сказываются на изображении.

Сетчатка образована огромным количеством светочувствительных клеток. Строение этих клеток и их работа во многом объясняют механизм зрительного восприятия света, в том числе механизм цветового зрения. Светочувствительные клетки сетчатки делятся на две группы. Из-за своей характерной формы эти клетки получили название *палочек* и *колбочек*.

Палочки и колбочки плотно примыкают друг к другу удлиненными сторонами. Размеры их очень малы: длина палочек 0,06 мм, диаметр 0,002 мм, длина и диаметр колбочек 0,035 мм и 0,006 мм, соответственно. Сетчатка глаза человека содержит 125 млн палочек и 6,5 млн колбочек. Плотность размещения палочек и колбочек на различных участках сетчатки составляет от 20 до 200 тысяч на квадратный миллиметр. При этом колбочки преобладают в центральной части сетчатки, палочки – на периферии. В центре сетчатки находится *желтое пятно* овальной формы (длиной 2 мм, шириной 0,8 мм). Желтое пятно является местом наилучшего видения. На этом участке сетчатки находятся почти одни колбочки.

Палочки и колбочки различаются между собой содержащимися в них светочувствительными веществами. Вещество палочек — *родопсин* (зрительный пурпур). Максимальное светопоглощение родопсина соответствует длине волны примерно 500 нм (зеленый свет). Поэтому палочки имеют максимальную чувствительность к излучению с длиной волны 500 нм.

Предполагают, что светочувствительное вещество колбочек (*йодопсин*) состоит из смеси трех веществ, каждое из которых имеет максимальное поглощение, следовательно, и максимальную светочувствительность в коротко-, средне- и длинноволновой частях спектра.

Под действием света молекулы светочувствительных веществ диссоциируют (распадаются) на положительно и отрицательно заряженные ионы. Это вызывает импульс тока в нервном волокне, который распространяется по направлению к мозгу со скоростью до 100 м/с.

Реакции светового распада родопсина и йодопсина обратимы, то есть, через некоторое время после того, как под действием света они были разложены на ионы, происходит их восстановление в своей первоначальной чувствительной к свету форме. Чувствительность глаза пропорциональна концентрации светочувствительных веществ в первоначальной форме. Непрерывный цикл разрушения и последующего восстановления светочувствительных веществ обеспечивает нормальную работу глаза в течение продолжительного времени.

Чувствительность глаза к свету непостоянна. Она зависит от степени освещенности. Известно, что если перейти из ярко освещенной комнаты в темное помещение, то в начальный момент глаза ничего не различают. Постепенно чувствительность глаза повышается, так как уменьшается интенсивность распада светочувствительных веществ и способность глаза



различать предметы восстанавливается. После длительного пребывания в темноте (около 1 часа) чувствительность глаза становится максимальной. Если теперь выйти на свет, то в первый момент глаза также перестают что-либо видеть: восстановление светочувствительных веществ отстает от очень интенсивного их распада. Через 1-2 минуты чувствительность глаза понижается и зрение восстанавливается. Свойство глаза приспосабливаться к уровню освещения, изменяя свою чувствительность, называется *адаптацией*.

Каждая светочувствительная клетка сетчатки или небольшая их группа соединены с отдельными нервными волокнами и могут рассматриваться как окончания этих волокон в глазу. Другой конец каждого нервного волокна находится в соответствующих «зрительных» участках головного мозга. При выходе из глаза все нервные волокна собираются в единый пучок – зрительный нерв, представляющий собой проводниковый отдел зрительного анализатора. Центральным отделом зрительного анализатора является четверохолмие среднего мозга, а также зрительная ассоциативная зона, располагающаяся в затылочной доле конечного мозга.

**Преломление (рефракция) света.** От объекта, удаленного на расстояние больше 6 м, в глаз поступают практически параллельные лучи света, тогда как лучи, идущие от более близких предметов, заметно расходятся. Чтобы получить четкое изображение предметов, находящихся на разном расстоянии от глаза, оптический аппарат глаза обладает способностью преломлять проходящие через него световые лучи, фокусируя их на сетчатке. Нормальный глаз способен точно фокусировать свет от объектов, находящихся на расстоянии от 25 см до бесконечности. Рефракция (преломление) света происходит при переходе его из одной среды в другую, имеющую иной коэффициент преломления, в частности на границе воздух – роговица, роговица – поверхность хрусталика. Роговица не обладает способностью изменять форму, поэтому рефракция на границе воздух – роговица зависит только от угла падения лучей света на роговицу.

Угол падения в свою очередь зависит от удаленности предмета. Преломляющая сила хрусталика, фокусирующего световые лучи на сетчатке, изменяется в зависимости от кривизны его поверхности. Форма хрусталика регулируется за счет сокращения цилиарной мышцы. Так, при увеличении кривизны хрусталик становится более выпуклым и сильнее преломляет свет.

На сетчатке изображение получается перевернутым, но это не мешает правильному восприятию, так как все дело не в пространственном положении изображения на сетчатке, а в интерпретации его мозгом.

Основными физиологическими показателями зрительного анализатора являются контрастная чувствительность, острота зрения, поле зрения, скорость различения, устойчивость ясного видения, цветоразличение.

*Контрастная чувствительность* – способность зрительного анализатора различать предмет на фоне других. Для оценки функционального состояния зрительного анализатора используется показатель, называемый порогом контрастной чувствительности. *Порог контрастной чувствительности* - наименьшая воспринимаемая разность яркостей рассматриваемого объекта и фона (поверхности, прилегающей к объекту).

*Острота зрения* – это способность отдельного восприятия двух точек или объектов. При нормальной остроте зрения человек может различать объект с угловым размером 1 мин (минимальный угол зрения).

*Скорость различения* – способность зрительного анализатора различать детали объектов за минимальное время наблюдения.

*Поле зрения* состоит из центральной области бинокулярного зрения, обеспечивающей стереоскопичность восприятия. Границы поле зрения зависят от анатомических факторов: размера и формы носа, век, орбит и т. д. По горизонтали поле зрения охватывает 120-180°, по вертикали вверх – 55-60° и вниз – 65-72°.

*Устойчивость ясного видения* – способность зрительного анализатора отчетливо различать объект в течение заданного времени. Чем продолжительнее период ясного видения, тем выше производительность зрительного анализатора.

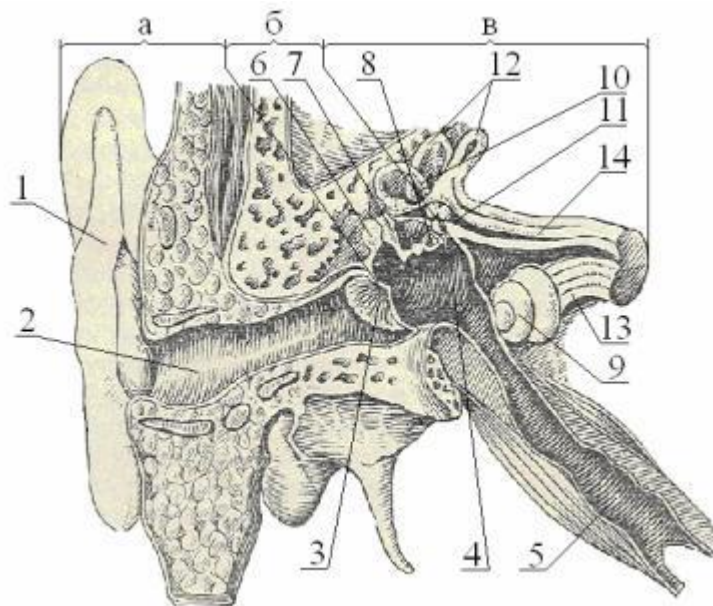
*Цветовосприятие (цветовое зрение)* – способность зрительного анализатора различать цвета предметов. Возникновение того или иного цветового ощущения: от фиолетового до красных цветов зависит от длины волны видимого излучения. Нарушение цветового зрения – *дальтонизм* (цветовая слепота) – генетическая аномалия.

**Слуховой анализатор.** Слуховой анализатор включает в себя ухо, нервы и слуховые центры, расположенные в коре головного мозга. Человеческое ухо представляет собой орган слуха, в котором располагается периферический отдел слухового анализатора, содержащий механорецепторы, чувствительные к звукам, к силе тяжести и к перемещению в пространстве.

Большинство структур уха предназначены для восприятия, усиления и преобразования звуковой энергии в электрические импульсы, которые, поступая в слуховые зоны мозга, вызывают слуховое ощущение.

Орган слуха человека включает наружное, среднее и внутреннее ухо (рис. 7). Наружное ухо состоит из ушной раковины 1, улавливающей и направляющей звуковые волны в наружный слуховой проход 2. Слуховой проход довольно широкий, но примерно в середине он значительно суживается. Это обстоятельство следует иметь в виду при извлечении из уха инородного тела. Кожа слухового прохода покрыта тонкими волосками. В просвет прохода открываются протоки желез, вырабатывающие ушную серу. Волоски и ушная сера выполняют защитную функцию – предохраняют слуховой проход от проникновения в него пыли, насекомых, микроорганизмов.

За слуховым проходом, на границе его со средним ухом находится тонкая упругая барабанная перепонка 3. За ней располагается полость среднего уха 4. Внутри этой полости имеются три слуховые косточки – молоточек 6, наковальня 7 и стремечко 8. Полость среднего уха сообщается с полостью рта через евстахиеву (слуховую) трубу 5. Евстахиева труба служит для выравнивания давления в полости среднего уха с наружным. Если возникает разность давлений, то нарушается острота слуха, а если разность давлений окажется очень большой, то может произойти разрыв барабанной перепонки. Чтобы этого не произошло, необходимо открыть рот и сделать несколько глотательных движений.



**Рис. 7. Орган слуха человека:**

а – наружное ухо; б – среднее ухо; в – внутреннее ухо; 1 – ушная раковина; 2 – наружный слуховой проход; 3 – барабанная перепонка; 4 – полость среднего уха; 5 – евстахиева труба; 6 – молоточек; 7 – наковальня; 8 – стремечко; 9 – улитка; 10 – вестибулярный аппарат; 11 – преддверие; 12 – полукружные каналы; 13 – слуховой нерв; 14 – нерв преддверия

Во внутреннем ухе располагается спиралевидной формы улитка 9. Внутри в одном из каналов улитки, заполненных жидкостью, расположена основная мембрана, на которой находится звуковоспринимающий аппарат – *кортиева орган*. Он состоит из 3-4 рядов рецепторных клеток, общее число которых достигает 24000.

Звуковые волны, улавливаемые ушной раковиной, вызывают колебания барабанной перепонки и затем через систему слуховых косточек и возникающих в улитке колебаний жидкости передаются воспринимающим фонорецепторным клеткам *кортиева органа*, вызывая их раздражение. Слуховое раздражение, преобразованное в нервное возбуждение (нервный импульс), по слуховому нерву 13 попадает в кору головного мозга, где происходит высший анализ звуков – возникают слуховые ощущения.

Одна из основных характеристик слуха заключается в восприятии звуков *определенного диапазона частот*. Ухо человека способно слышать звуки с частотой колебаний от 16 до 20000 Гц.

Важной характеристикой слуха является *острота слуха* или *чувствительность слуха*. Чувствительность слуха можно оценивать абсолютным пороговым звуковым давлением (Па), вызывающим слуховое ощущение. Минимальное звуковое давление, которое воспринимается ухом человека, называется *порогом слышимости*. Величина порога слышимости зависит от частоты звука. На практике для удобства оценки восприятия звуков принято использовать относительную величину: уровень звукового давления, измеряемый в децибелах (дБ). Порог слышимости на частоте 1000 Гц, принятой в качестве стандартной частоты сравнения в акустике, примерно соответствует порогу чувствительности уха человека и равен 0 дБ.

При высоких уровнях звукового давления (120-130 дБ) возможно появление неприятного ощущения, а затем и боли в органах слуха. Наименьшая величина звукового давления, при которой возникают болевые ощущения, называется *порогом болевого ощущения*. В диапазоне слышимых частот этот порог больше порога слышимости в среднем на 80-100 дБ.

Существенной характеристикой слуха является способность дифференцировать звуки различной интенсивности по ощущению их громкости. Минимальная величина ощущаемого различия звуков по их интенсивности называется *дифференциальным порогом восприятия силы звука*. Для звуков средней части звукового спектра эта величина составляет около 0,7-1,0 дБ.

Поскольку слух является средством общения людей, особое значение в его оценке имеет способность восприятия речи или речевой слух. Особенно важно в оценке слуха сопоставление показателей речевого и тонального слуха, что дает представление о состоянии различных отделов слухового анализатора. Большое значение имеет функция пространственного слуха, заключающаяся в определении положения и перемещения источника звука.

**Вестибулярный анализатор.** Вестибулярный анализатор передает в ЦНС информацию о положении тела в пространстве. Возникающие благодаря этому рефлексы способствуют сохранению равновесия тела.

Вестибулярный анализатор состоит из механорецепторов, проводниковой части – вестибулярного нерва, который в составе слухового нерва проходит в продолговатый мозг, и мозжечка, регулирующего деятельность анализатора. Механорецепторы анализатора расположены в полости внутреннего уха.

В преддверии внутреннего уха имеются две полости, заполненные *эндолимфой*. В них расположено специальное чувствительное образование – *отолитовый аппарат*. Он состоит из рецепторных волосковых клеток и *отолитовой мембраны*. Отолитовый аппарат реагирует на изменения положения головы.

При обычном положении головы отолитовая мембрана действует с определенной силой и в определенном направлении на волосковые клетки. При изменении положения головы сила и направление действия мембраны на волосковые клетки меняются, что служит сигналом изменения положения головы или тела в пространстве. В ответ происходит рефлекторное изменение тонуса различных групп мышц, возвращающих голову в нормальное положение.

Рецепторы полукружных каналов реагируют на вращательное движение головы. Три полукружных канала расположены в трех взаимно перпендикулярных плоскостях. Они заполнены эндолимфой. Конец каждого канала около места соединения с преддверием образует расширение – ампулу. В ампулах расположены специальные рецепторные клетки, снабженные пучком волосков. Каждый пучок (50-80 волосков) покрыт желеобразным колпачком – *купулой*. Повороты и наклоны головы вызывают движение эндолимфы в полукружных каналах. В свою очередь, движение эндолимфы смещает купулу, что вызывает возбуждение рецепторов.

Возбуждение рецепторов вестибулярного анализатора сопровождается целым рядом рефлекторных реакций: изменяется частота сердечных сокращений, усиливается деятельность кишечника и желудка, возникает головокружение, нарушается ориентировка.

Пере возбуждение вестибулярного анализатора (например, в результате воздействия вибрации) ухудшает мышечную координацию, снижает чувство равновесия, вызывает нарушение работы сердца и легких, возникает потоотделение, тошнота. В этом состоянии ослабевает способность различать цвета, причем особенно ухудшается восприятие красного цвета.

**Кожный анализатор.** Одной из важнейших функций кожи является рецепторная функция. В коже заложено огромное количество рецепторов, воспринимающих различные внешние раздражения: боль, тепло, холод, прикосновение. На 1 см<sup>2</sup> кожи располагается приблизительно 200 болевых, 20 холодных, 5 тепловых и 25 воспринимающих давление рецепторов, которые представляют собой периферический отдел кожного анализатора.

Болевые ощущения вызывают оборонительные рефлексы, в частности рефлекс удаления от раздражителя. Болевая чувствительность, являясь сигналом, мобилизует организм на борьбу за самосохранение. Под влиянием болевого сигнала перестраивается работа всех систем организма и повышается его реактивность.

Механические воздействия на кожные покровы не вызывающие боли воспринимаются тактильным анализатором. Тактильная чувствительность является составной частью осязания. Чувствительность кожи различных участков тела к воздействию тактильных раздражителей различна, то есть они имеют разные пороги тактильной чувствительности, например, минимальный порог ощущения для кончиков пальцев кистей рук – 3 мг/мм<sup>2</sup>, тыльной стороны кисти – 12 мг/мм<sup>2</sup>, для кожи в области пятки – 250 мг/мм<sup>2</sup>.

Тактильная чувствительность совместно с другими видами чувствительности кожи может в некоторой степени компенсировать отсутствие или недостаточность функции других органов чувств.

Температурная чувствительность кожи обеспечивается холодными терморецепторами с максимумом восприятия температуры 25-30 °С и тепловыми – с максимумом восприятия 40°С.

Наибольшая плотность терморецепторов в коже лица, меньше их в коже туловища, еще меньше в коже конечностей. Передавая информацию об изменениях температуры окружающей среды, терморецепторы играют важнейшую роль в процессах терморегуляции, обеспечивающих постоянство температуры тела.

**Двигательный анализатор.** Двигательный или кинестетический анализатор – это физиологическая система, передающая и обрабатывающая информацию от рецепторов скелетно-мышечного аппарата, а также участвующая в организации и осуществлении координированных движений. Двигательная активность способствует адаптации организма человека к изменениям окружающей среды (климата, временных поясов, условий труда и т.д.).

Различные виды движений характеризуются динамикой физиологических процессов, которая при их оптимизации обеспечивает наилучшее сохранение жизнедеятельности организма.

Чрезмерная мобилизация функциональной активности, не обеспечиваемая необходимым уровнем координации и активности восстановительных процессов в ходе работы и в течение длительного времени после ее окончания, характеризуется как *гипердинамика*. Это состояние возникает при чрезмерном занятии спортом или тяжелым физическим трудом, при длительных

эмоциональных стрессах. Гипердинамика развивается в результате неадекватной для функционального состояния организма мобилизации функций нервно-мышечной, сердечно-сосудистой, дыхательной и других систем и может сопровождаться рядом болезненных симптомов.

Малая двигательная активность является причиной *гиподинамии*. Это состояние характеризуется снижением деятельности всех органов, систем и расстройством взаимосвязи в организме, нарушается обмен веществ, снижается надежность и устойчивость организма человека при значительных функциональных нагрузках и действии неблагоприятных факторов окружающей среды.

Таким образом, все это позволяет говорить о двигательной активности человека как о процессе, во многом способствующем сохранению его здоровья и трудовой активности.

**Обонятельный анализатор.** Вид чувствительности, направленный на восприятие различных пахучих веществ с помощью обонятельного анализатора, называется *обонянием*.

Обоняние имеет большое значение в обеспечении безопасности, так как люди с нарушением обоняния чаще подвергаются риску отравления.

Для многих пахучих веществ определен *порог восприятия*, то есть минимальная величина концентрации вещества, способная вызвать реакцию органа обоняния.

Основными характеристиками органа обоняния являются: *абсолютный порог восприятия* – концентрация вещества, при которой человек ощущает запах, но не узнает его (даже для знакомых запахов); *порог узнавания* – минимальная концентрация вещества, при которой запах не только ощущается, но и узнается.

Разница между порогом восприятия и порогом узнавания для большинства веществ составляет один порядок: 10-100 мг/м<sup>3</sup>.

Запахи по их характеру называются приятными, неприятными, скверными, неопределенными, отвратительными, удушливыми и др.; по интенсивности их делят на слабые, умеренные, выраженные, сильные и очень сильные; по раздражающему действию – на нераздражающие, слабораздражающие, невыносимые.

Изменения обоняния могут протекать по типу:

*гипосмия* – снижение остроты обоняния, при этом порог восприятия запаха возрастает;

*аносмия* – потеря восприятия запахов;

*гиперосмия* и *оксиосмия* – обострение обоняния, при этом порог восприятия запаха снижается.

Гипосмия может быть полной или частичной. Профессиональная гипосмия может быть функциональной (адаптация к запаху, утомление органов обоняния), токсической (после вдыхания свинца, ртути, хлора и др.), респираторной (после вдыхания пыли), воспалительной, постинфекционной, посттравматической.

Изменения обоняния могут быть как периферического, так и центрального происхождения, в зависимости от того, какое звено обонятельного анализатора повреждено.

### **Структурно-функциональная организация сенсорных систем**

Под анализаторами понимают совокупность образований, обеспечивающих восприятие энергии раздражителя, трансформацию ее в специфические процессы возбуждения, проведение этого возбуждения в структуры ЦНС и к клеткам коры, анализ и синтез специфическими зонами коры этого возбуждения с последующим формированием ощущения.

Понятие об анализаторах введено в физиологию И.П. Павловым в связи с учением о высшей нервной деятельности. Каждый анализатор состоит из трех отделов:

Периферический или рецепторный отдел, который осуществляет восприятие энергии раздражителя и трансформацию ее в специфический процесс возбуждения.

Проводниковый отдел, представленный афферентными нервами и подкорковыми центрами, он осуществляет передачу возникшего возбуждения в кору головного мозга.

Центральный или корковый отдел анализатора, представленный соответствующими зонами коры головного мозга, где осуществляется высший анализ и синтез возбуждений и формирование соответствующего ощущения.

**Роль анализаторов** при формировании приспособительных реакций чрезвычайно велика и многообразна. Согласно концепции функциональной системы П.К. Анохина формирование любой приспособительной реакции осуществляется в несколько этапов. Анализаторы принимают непосредственное участие в формировании всех этапов функциональной системы. Они являются поставщиками афферентных посылок определенной модальности и различного функционального назначения, причем, одна и та же афферентация может быть обстановочной, пусковой, обратной и ориентировочной в зависимости от этапа формирования приспособительной деятельности.

**Периферический (рецепторный) отдел анализаторов** представлен рецепторами. Его назначение — восприятие и первичный анализ изменений внешней и внутренней сред организма. В рецепторах происходит трансформация энергии раздражителя в нервный импульс, а также усиление сигнала за счет внутренней энергии метаболических процессов. Для рецепторов характерна специфичность (модальность), то есть способность воспринимать определенный вид раздражителя, к которому они приспособились в процессе эволюции (адекватные раздражители), на чем основан первичный анализ. Так, рецепторы зрительной сенсорной системы приспособлены к восприятию света, а слуховые рецепторы — звука и т.д. Та часть рецепторной поверхности, от которой сигнал получает одно афферентное волокно, называется его *рецептивным полем*. Рецептивные поля могут иметь различное количество рецепторных образований (от 2 до 30 и более), среди которых есть рецептор-лидер, и перекрывать друг друга. Последнее обеспечивает большую надежность выполнения функции и играет существенную роль в механизмах компенсации.

**Свойства периферического (рецепторного) отдела анализаторов.** В деятельности каждого анализатора и его отделов независимо от характеристики раздражителей различают ряд общих свойств. Для периферического отдела анализаторов характерны следующие свойства.

1. *Специфичность* - способность воспринимать определенный, то есть адекватный данному рецептору, раздражитель. Эта способность рецепторов сформировалась в процессе эволюции.

2. *Высокая чувствительность* - способность реагировать на очень малые по интенсивности параметры адекватного раздражителя. Например, для возбуждения фоторецепторов сетчатки глаза достаточно нескольких, а иногда и одного, квантов света. Обонятельные рецепторы информируют организм о появлении в атмосфере единичных молекул пахучих веществ.

3. *Способность к ритмической генерации* импульсов возбуждения в ответ на однократное действие раздражителя.

4. *Способность к адаптации* – то есть способность приспособливаться (привыкать) к постоянно действующему стимулу. Адаптация может выражаться в снижении активности рецептора и частоты генерации импульсов возбуждения, вплоть до полного его прекращения. В зависимости от скорости адаптации различают:

- быстроадаптирующиеся (тактильные);
- медленноадаптирующиеся (терморецепторы);
- неадаптирующиеся (вестибулярные и проприорецепторы).

Выделяют несколько видов адаптации:

- изменение возбудимости рецептора в сторону снижения - десенсибилизация;
- изменение возбудимости в сторону повышения - сенсibilизация.

Адаптация проявляется в снижении абсолютной чувствительности рецептора и в повышении дифференциальной чувствительности к стимулам, близким по силе к

адаптируемому. Сенсбилизация проявляется в стойком повышении возбудимости, которое вызывается многократными действиями пороговых раздражителей, наносимых один за другим.

Процессы адаптации в рецепторах могут определяться внешними и внутренними факторами. В качестве внешнего фактора в механизме адаптации могут выступать свойства вспомогательных структур. Так, например, причиной быстрой адаптации телец Пачини являются свойства вспомогательных структур - капсулы рецептора, которые не пропускают к нервному окончанию статической составляющей механического раздражения, в то время как динамическая составляющая раздражителя проходит через оболочки капсулы, хотя и уменьшается по амплитуде. Это предположение подтверждается тем, что после удаления капсулы рецептор начинает генерировать рецепторный потенциал в течение длительного действия раздражителя.

Внутренние факторы механизма адаптации связаны с изменениями физико-химических процессов в самом рецепторе. Например, выявлено различие в наборе натриевых и калиевых каналов в быстро- и медленно адаптирующихся рецепторах. Важную роль в явлениях адаптации играют эфферентные влияния от нервных центров. При наличии тормозной эфферентной регуляции процессы адаптации в рецепторах ускоряются.

5. **Функциональная мобильность.** Анализаторные системы способны изменять свою деятельность путем изменения количества функционирующих рецепторов в зависимости от условий окружающей среды и функционального состояния организма. Например, количество функционирующих вкусовых рецепторов больше в состоянии голода, а после приема пищи их количество уменьшается. При снижении температуры окружающей среды количество холодовых рецепторов кожных покровов увеличивается.

6. *Низкая способность к аккомодации.*

7. **Специализация рецепторов** к определенным параметрам адекватного раздражителя. Рецепторы, входящие в состав периферического отдела анализатора, неоднородны по отношению к различным моментам действия раздражителя. Имеются рецепторы, которые возбуждаются только в момент включения раздражителя, другие - только в момент выключения раздражителя, а третьи реагируют в течение всего времени действия раздражителя. Кроме того, имеются рецепторы, реагирующие на изменение интенсивности раздражителя или на его перемещение и т.д.

8. **Способность к элементарному первичному анализу.** Благодаря связи между отдельными рецепторами периферического отдела, отражающими отдельные параметры раздражителя, осуществляется элементарный первичный анализ последнего. Деятельность рецепторов осуществляется не изолированно, а во взаимодействии, в связи с чем уже на рецепторном уровне осуществляется анализ раздражителя по разным его характеристикам (параметрам).

9. **Кодирование информации.** Информация о действии химических, механических раздражителей, имеющих разнообразную природу, преобразуется рецепторами в универсальные для мозга сигналы - нервные импульсы. Таким образом рецепторы кодируют информацию о среде, то есть преобразуя сигналы, непонятные мозгу, в сигналы, понятные ему.

**Проводниковый отдел сенсорной системы** включает афферентные (периферические) и промежуточные нейроны ствольных и подкорковых структур центральной нервной системы (ЦНС), которые составляют как бы цепь нейронов, находящихся в разных слоях на каждом уровне ЦНС. Проводниковый отдел обеспечивает проведение возбуждения от рецепторов в кору большого мозга и частичную переработку информации. Проведение возбуждения по проводниковому отделу осуществляется двумя афферентными путями: *специфическим проекционным путем* (прямые афферентные пути) от рецептора по строго обозначенным специфическим путям с переключением на различных уровнях ЦНС (на уровне спинного и продолговатого мозга, в зрительных буграх и в соответствующей проекционной зоне коры большого мозга); *неспецифическим путем*, с участием ретикулярной формации.

На уровне ствола мозга от специфического пути отходят коллатерали к клеткам ретикулярной формации, к которым могут конвергировать различные афферентные возбуждения, обеспечивая взаимодействие анализаторов. При этом афферентные возбуждения теряют свои специфические свойства (сенсорную модальность) и изменяют возбудимость корковых нейронов. Возбуждение проводится медленно через большое число синапсов. За счет коллатералей в процесс возбуждения включаются гипоталамус и другие отделы лимбической системы мозга, а также двигательные центры. Все это обеспечивает вегетативный, двигательный и эмоциональный компоненты сенсорных реакций.

**Свойства проводникового отдела анализаторов.** Этот отдел анализаторов представлен афферентными путями и подкорковыми центрами. Основными функциями проводникового отдела являются: анализ и передача информации, осуществление рефлексов и межанализаторного взаимодействия. Эти функции обеспечиваются свойствами проводникового отдела анализаторов, которые выражаются в следующем.

1. От каждого специализированного образования (рецептора), идет строго локализованный специфический сенсорный путь. Эти пути как правило, передают сигналы от рецепторов одного типа.

2. От каждого специфического сенсорного пути отходят коллатерали к ретикулярной формации, в результате чего она является структурой конвергенции различных специфических путей и формирования мультимодальных или неспецифических путей, кроме того, ретикулярная формация является местом межанализаторного взаимодействия.

3. Имеет место многоканальность проведения возбуждения от рецепторов к коре (специфические и неспецифические пути), что обеспечивает надежность передачи информации.

4. При передаче возбуждения происходит многократное переключение возбуждения на различных уровнях ЦНС. Выделяют три основных переключающих уровня:

- спинальный или ствол (продолговатый мозг);
- зрительный бугор;
- соответствующая проекционная зона коры головного мозга.

Вместе с тем, в пределах сенсорных путей существуют афферентные каналы срочной передачи информации (без переключения) в высшие мозговые центры. Полагают, что по этим каналам осуществляется преднадстройка высших мозговых центров к восприятию последующей информации. Наличие таких путей является признаком совершенствования конструкции мозга и повышения надежности сенсорных систем.

5. Кроме специфических и неспецифических путей существуют так называемые ассоциативные таламо-кортикальные пути, связанные с ассоциативными областями коры больших полушарий. С деятельностью таламо-кортикальных ассоциативных систем связана межсенсорная оценка биологической значимости стимула и др.

Таким образом, сенсорная функция осуществляется на основе взаимосвязанной деятельности специфических, неспецифических и ассоциативных образований мозга, которые и обеспечивают формирование адекватного адаптивного поведения организма.

**Центральный, или корковый, отдел сенсорной системы,** согласно И.П. Павлову, состоит из двух частей: **центральной части**, то есть «ядра», представленной специфическими нейронами, перерабатывающими афферентную импульсацию от рецепторов, и **периферической части**, то есть «рассеянных элементов» — нейронов, рассредоточенных по коре большого мозга. Корковые концы анализаторов называют также «сенсорными зонами», которые не являются строго ограниченными участками, они перекрывают друг друга. В настоящее время в соответствии с цитоархитектоническими и нейрофизиологическими данными выделяют проекционные (первичные и вторичные) и ассоциативные третичные зоны коры. Возбуждение от соответствующих рецепторов в первичные зоны направляется по быстропроводящим специфическим путям, тогда как активация вторичных и третичных (ассоциативных) зон происходит по полисинаптическим неспецифическим путям. Кроме того, корковые зоны связаны между собой многочисленными ассоциативными волокнами.



**Из общих принципов организации сенсорных систем следует выделить многоуровневость и многоканальность.**

*Многоуровневость* обеспечивает возможность специализации разных уровней и слоев ЦНС по переработке отдельных видов информации. Это позволяет организму более быстро реагировать на простые сигналы, анализируемые уже на отдельных промежуточных уровнях.

Существующая *многоканальность* сенсорных систем проявляется в наличии параллельных нейронных каналов, то есть в наличии в каждом из слоев и уровней множества нервных элементов, связанных со множеством нервных элементов следующего слоя и уровня, которые в свою очередь передают нервные импульсы к элементам более высокого уровня, обеспечивая тем самым надежность и точность анализа воздействующего фактора.

В то же время существующий иерархический принцип построения сенсорных систем создает условия для тонкого регулирования процессов восприятия посредством влияний из более высоких уровней на более низкие.

Данные особенности строения центрального отдела обеспечивают взаимодействие различных сенсорных систем и процесс компенсации нарушенных функций. На уровне коркового отдела осуществляются высший анализ и синтез афферентных возбуждений, обеспечивающие полное представление об окружающей среде.

**Свойства коркового отдела анализаторов.**

1. Каждая сенсорная система (каждый анализатор) имеет проекцию в кору больших полушарий. Корковый отдел анализаторов имеет центральную часть и окружающую ее ассоциативную зону (по представлению И.П. Павлова – «ядро» и рассеянные элементы). Центральная часть коркового отдела анализатора состоит из высококодифференцированных в функциональном отношении нейронов, которые осуществляют высший анализ и синтез информации, поступающей к ним. Ассоциативные корковые зоны представлены менее дифференцированными нейронами, способных к выполнению простейших функций. Синтез и анализ афферентных импульсов этими клетками осуществляется в элементарной, примитивной форме.

2. Одной из общих черт организации сенсорных систем является принцип двойственной проекции их в кору больших полушарий. Этот принцип тесно связан с многоканальностью проводящих путей и выражается в осуществлении двух различных типов корковых проекций, которые можно разделить на первичные и вторичные проекции. Первичные и вторичные проекционные зоны окружены ассоциативными корковыми зонами той же сенсорной системы. Примером двойственной проекции в коре головного мозга может служить представительство вкусового анализатора. Его первичная корковая проекция представлена, по-видимому, орбитальной областью коры, так как именно здесь при раздражении рецепторов языка вызванные ответы возникают с самым коротким латентным периодом и имеют самую высокую амплитуду. Вторичной проекционной областью коры вкусового анализатора является соматосенсорная область. Здесь вызванные ответы возникают значительно позже, чем в орбитальной области, и амплитуда их меньше.

3. Взаимодействие анализаторов на корковом уровне осуществляется за счет ассоциативных корковых зон и за счет наличия полимодальных нейронов.

Наибольшее значение при выполнении рабочих движений имеет двигательная сенсорная система. Без участия ее не может быть осуществлена даже самая несложная двигательная операция. Афферентные (идущие от двигательных рецепторов) импульсы являются незаменимыми составляющими для обеспечения управления движениями.

Зрительная сенсорная система обеспечивает восприятие пространства и изменений, происходящих в окружающей среде. Зрительная информация необходима для управления движениями в подавляющем большинстве физических упражнений.

Вестибулярная сенсорная система обеспечивает сохранение равновесия тела, способствует ориентации в пространстве, улучшает координацию движений.

Тактильная сенсорная система имеет важное значение. Ее рецепторы, действуя

согласованно с рецепторами двигательного аппарата, обеспечивают информацию об амплитуде движений. Они раздражаются в связи с изменением напряжения кожи. При выполнении гимнастических упражнений тактильные рецепторы сообщают информацию о соприкосновении тела со спортивными снарядами, в борьбе - с телом партнера и т.д.

Температура тела является показателем теплового состояния организма человека, отражающим соотношение процессов теплопродукции организма и его теплообмена с окружающей средой.

Боль – это психофизиологическая реакция организма, возникающая при сильном раздражении чувствительных нервных окончаний.

Знание анализаторов и анализаторных систем позволяет оценивать их возможности в процессе адаптации к условиям труда и по выполнению самого труда в принципе. Это потому, что анализаторная система является частью нервной системы. Она состоит из воспринимающих элементов – сенсорных рецепторов (получающих стимулы из внешней или внутренней среды), нервных путей (передающих информацию от рецепторов в мозг) и тех частей мозга, которые перерабатывают и анализируют эту информацию.

### **Вопросы для самопроверки знаний:**

1. Физиологические основы охраны труда включают...
2. Зрительный анализатор – это...
3. Что из себя представляет слуховой анализатор?
4. Вестибулярный анализатор – это...
5. Что из себя представляет кожный анализатор?
6. Двигательный анализатор – это...
7. Что обозначает структурно-функциональная организация сенсорных систем?
8. Какова роль анализаторов при формировании приспособительных реакций?
9. Свойства периферического (рецепторного) отдела анализаторов.
10. Перечислите свойства проводникового отдела анализаторов.
11. Какие известны свойства коркового отдела анализаторов?

## ***Тема 5. Функциональные системы организма***

**Функциональная система** — это динамическая совокупность различных органов и систем, формирующаяся с целью достижения приспособительного (полезного) для организма результата. Выделяют два типа функциональных систем:

**1. Функциональные системы первого типа** обеспечивают постоянство определённых констант внутренней среды за счёт системы саморегуляции, звенья которой не выходят за пределы самого организма. *Пример:* функциональная система поддержания постоянства биологических констант: артериального давления, температуры тела, осмотического давления и т.д.

**2. Функциональные системы второго типа** используют внешнее звено саморегуляции. Они обеспечивают приспособительный эффект благодаря выходу за пределы организма через связь с окружающей средой, через изменение поведения. Именно функциональные системы второго типа лежат в основе различных поведенческих актов, различных типов поведения.

**Функциональная система** – это временное функциональное объединение нервных центров различных органов и систем организма для достижения конечного полезного результата.

Полезный результат – самообразующий фактор нервной системы. Результат действия представляет собой жизненно важный адаптивный показатель, который необходим для нормального функционирования организма.

Существует несколько групп конечных полезных результатов:

1) метаболическая – следствие обменных процессов на молекулярном уровне, которые создают необходимые для жизни вещества и конечные продукты;

2) гомеостатическая – постоянство показателей состояния и состава сред организма;

3) поведенческая – результат биологической потребности (половой, пищевой, питьевой);

4) социальная – удовлетворение социальных и духовных потребностей.

В состав функциональной системы включаются различные органы и системы, каждый из которых принимает активное участие в достижении полезного результата.

**Функциональная система, по П.К. Анохину, включает в себя пять основных компонентов:**

1) полезный приспособительный результат – то, ради чего создается функциональная система;

2) аппарат контроля (акцептор результата) – группу нервных клеток, в которых формируется модель будущего результата;

3) обратную афферентацию (поставляет информацию от рецептора в центральное звено функциональной системы) – вторичные афферентные нервные импульсы, которые идут в акцептор результата действия для оценки конечного результата;

4) аппарат управления (центральное звено) – функциональное объединение нервных центров с эндокринной системой;

5) исполнительные компоненты (аппарат реакции) – это органы и физиологические системы организма (вегетативная, эндокринные, соматические). Состоит из четырех компонентов:

а) внутренних органов;

б) желез внутренней секреции;

в) скелетных мышц;

г) поведенческих реакций.

**Свойства функциональной системы:**

1) динамичность. В функциональную систему могут включаться дополнительные органы и системы, что зависит от сложности сложившейся ситуации;

2) способность к саморегуляции.

При отклонении регулируемой величины или конечного полезного результата от оптимальной величины происходит ряд реакций самопроизвольного комплекса, что возвращает показатели на оптимальный уровень. Саморегуляция осуществляется при наличии обратной связи.

В организме работает одновременно несколько функциональных систем. Они находятся в непрерывном взаимодействии, которое подчиняется определенным принципам:

1) принципу системы генеза. Происходят избирательное созревание и эволюция функциональных систем (функциональные системы кровообращения, дыхания, питания, созревают и развиваются раньше других);

2) принципу многосвязного взаимодействия. Происходит обобщение деятельности различных функциональных систем, направленное на достижение многокомпонентного результата (параметры гомеостаза);

3) принципу иерархии. Функциональные системы выстраиваются в определенный ряд в соответствии со своей значимостью (функциональная система целостности ткани, функциональная система питания, функциональная система воспроизведения и т.д.);

4) принципу последовательного динамического взаимодействия. Осуществляется четкая последовательность смены деятельности одной функциональной системы другой.

**Координационная деятельность ЦНС**

Координационная деятельность (КД) ЦНС представляет собой согласованную работу нейронов ЦНС, основанную на взаимодействии нейронов между собой.

**Функции координационной деятельности:**

1) обеспечивает четкое выполнение определенных функций, рефлексов;

2) обеспечивает последовательное включение в работу различных нервных центров для обеспечения сложных форм деятельности;

3) обеспечивает согласованную работу различных нервных центров (при акте глотания в момент глотания задерживается дыхание, при возбуждении центра глотания тормозится центр дыхания).

### **Основные принципы координационной деятельности ЦНС и их нейронные механизмы.**

1. Принцип иррадиации (распространения). При возбуждении небольших групп нейронов возбуждение распространяется на значительное количество нейронов. Иррадиация объясняется:

1) наличием ветвистых окончаний аксонов и дендритов, за счет разветвлений импульсы распространяются на большое количество нейронов;

2) наличием вставочных нейронов в ЦНС, которые обеспечивают передачу импульсов от клетки к клетке. Иррадиация имеет границы, которая обеспечивается тормозным нейроном.

2. Принцип конвергенции. При возбуждении большого количества нейронов возбуждение может сходиться к одной группе нервных клеток.

3. Принцип реципрокности – согласованная работа нервных центров, особенно у противоположных рефлексов (сгибание, разгибание и т.д.).

4. Принцип доминанты.

*Доминанта* – господствующий очаг возбуждения в ЦНС в данный момент. Это очаг стойкого, неколеблущегося, нераспространяющегося возбуждения. Он имеет определенные свойства: подавляет активность других нервных центров, имеет повышенную возбудимость, притягивает нервные импульсы из других очагов, суммирует нервные импульсы. Очаги доминанты бывают двух видов: экзогенного происхождения (вызванные факторами внешней среды) и эндогенными (вызванные факторами внутренней среды). Доминанта лежит в основе формирования условного рефлекса.

5. Принцип обратной связи. Обратная связь – поток импульсов в нервную систему, который информирует ЦНС о том, как осуществляется ответная реакция, достаточна она или нет. Различают два вида обратной связи:

1) положительная обратная связь, вызывающая усиление ответной реакции со стороны нервной системы. Лежит в основе порочного круга, который приводит к развитию заболеваний;

2) отрицательная обратная связь, снижающая активность нейронов ЦНС и ответную реакцию. Лежит в основе саморегуляции.

6. Принцип субординации. В ЦНС существует определенная подчиненность отделов друг другу, высшим отделом является кора головного мозга.

7. Принцип взаимодействия процессов возбуждения и торможения. ЦНС координирует процессы возбуждения и торможения: оба процесса способны к конвергенции, процесс возбуждения и в меньшей степени торможения способны к иррадиации. Торможение и возбуждение связаны индукционными взаимоотношениями. Процесс возбуждения индуцирует торможение, и наоборот.

*Различаются два вида индукции:*

1) последовательная. Процесс возбуждения и торможения сменяют друг друга по времени;

2) взаимная. Одновременно существует два процесса – возбуждения и торможения. Взаимная индукция осуществляется путем положительной и отрицательной взаимной индукции: если в группе нейронов возникает торможение, то вокруг него возникают очаги возбуждения (положительная взаимная индукция), и наоборот.

По определению И.П. Павлова, *возбуждение и торможение* – это две стороны одного итого же процесса. Координационная деятельность ЦНС обеспечивает четкое взаимодействие между отдельными нервными клетками и отдельными группами нервных клеток. Выделяют три уровня интеграции.

*Первый уровень* обеспечивается за счет того, что на теле одного нейрона могут сходиться импульсы от разных нейронов, в результате происходит или суммирование, или снижение возбуждения.

*Второй уровень* обеспечивает взаимодействиями между отдельными группами клеток.

*Третий уровень* обеспечивается клетками коры головного мозга, которые способствуют более совершенному уровню приспособления деятельности ЦНС к потребностям организма.

### **Виды торможения, взаимодействие процессов возбуждения и торможения в ЦНС.**

**Торможение** – активный процесс, возникающий при действии раздражителей на ткань, проявляется в подавлении другого возбуждения, функционального отправления ткани нет.

Торможение может развиваться только в форме локального ответа. Выделяют два типа торможения:

1) первичное. Для его возникновения необходимо наличие специальных тормозных нейронов. Торможение возникает первично без предшествующего возбуждения под воздействием тормозного медиатора. Различают два вида первичного торможения:

- а) пресинаптическое в аксо-аксональном синапсе;
- б) постсинаптическое в аксодендрическом синапсе.

2) вторичное. Не требует специальных тормозных структур, возникает в результате изменения функциональной активности обычных возбудимых структур, всегда связано с процессом возбуждения. Виды вторичного торможения:

- а) запредельное, возникающее при большом потоке информации, поступающей в клетку. Поток информации лежит за пределами работоспособности нейрона;
- б) пессимальное, возникающее при высокой частоте раздражения;
- в) парабриотическое, возникающее при сильно и длительно действующем раздражении;
- г) торможение вслед за возбуждением, возникающее вследствие снижения функционального состояния нейронов после возбуждения;
- д) торможение по принципу отрицательной индукции;
- е) торможение условных рефлексов.

Процессы возбуждения и торможения тесно связаны между собой, протекают одновременно и являются различными проявлениями единого процесса. Очаги возбуждения и торможения подвижны, охватывают большие или меньшие области нейронных популяций и могут быть более или менее выраженными. Возбуждение непременно сменяется торможением, и наоборот, то есть между торможением и возбуждением существуют индукционные отношения.

Торможение лежит в основе координации движений, обеспечивает защиту центральных нейронов от перевозбуждения. Торможение в ЦНС может возникать при одновременном поступлении в спинной мозг нервных импульсов различной силы с нескольких раздражителей. Более сильное раздражение тормозит рефлексы, которые должны были наступать в ответ на более слабые.

В 1862 году И.М. Сеченов открыл явление центрального торможения. Он доказал в своем опыте, что раздражение кристалликом хлорида натрия зрительных бугров лягушки (большие полушария головного мозга удалены) вызывает торможение рефлексов спинного мозга. После устранения раздражителя рефлекторная деятельность спинного мозга восстанавливалась. Результат этого опыта позволил И.М. Сеченому сделать заключение, что в ЦНС наряду с процессом возбуждения развивается процесс торможения, который способен угнетать рефлекторные акты организма. Н.Е. Введенский высказал предположение, что в основе явления торможения лежит принцип отрицательной индукции: более возбудимый участок в ЦНС тормозит активность менее возбудимых участков.

### **7. Методы изучения ЦНС**

Существуют два большие группы методов изучения ЦНС:

- 1) экспериментальный метод, который проводится на животных;
- 2) клинический метод, который применим к человеку.

К числу экспериментальных методов классической физиологии относятся методы, направленные на активацию или подавление изучаемого нервного образования. К ним относятся:

- 1) метод поперечной перерезки ЦНС на различных уровнях;
- 2) метод экстирпации (удаления различных отделов, денервации органа);
- 3) метод раздражения путем активирования (адекватное раздражение – раздражение электрическим импульсом, схожим с нервным; неадекватное раздражение – раздражение химическими соединениями, градуируемое раздражение электрическим током) или подавления (блокирования передачи возбуждения под действием холода, химических агентов, постоянного тока);
- 4) наблюдение (один из старейших, не утративших своего значения метод изучения функционирования ЦНС. Он может быть использован самостоятельно, чаще используется в сочетании с другими методами).

*Экспериментальные методы* при проведении опыта часто сочетаются друг с другом.

*Клинический метод* направлен на изучение физиологического состояния ЦНС у человека.

Он включает в себя следующие методы:

- 1) наблюдение;
  - 2) метод регистрации и анализа электрических потенциалов головного мозга;
  - 3) метод радиоизотопов (исследует нейрогуморальные регуляторные системы);
  - 4) условно-рефлекторный метод (изучает функции коры головного мозга в механизме обучения, развития адаптационного поведения);
  - 5) метод анкетирования (оценивает интегративные функции коры головного мозга);
  - 6) метод моделирования (математического моделирования, физического и т.д.). Моделью является искусственно созданный механизм, который имеет определенное функциональное подобие с исследуемым механизмом организма человека;
  - 7) кибернетический метод (изучает процессы управления и связи в нервной системе).
- Направлен на изучение организации (системных свойств нервной системы на различных уровнях), управления (отбора и реализации воздействий, необходимых для обеспечения работы органа или системы), информационной деятельности (способности воспринимать и перерабатывать информацию – импульс в целях приспособления организма к изменениям окружающей среды).

### Теория функциональных систем П.К. Анохина

Пётр Кузьмич Анохин (1898-1974) предложил свою концепцию регуляции поведенческого акта. Суть данной концепции заключается в том, что человек не может существовать изолированно от окружающего мира. Он постоянно испытывает воздействие определенных факторов внешней среды. Воздействие внешних факторов было названо Анохиным **обстановочной афферентацией**. Одни воздействия для человека несущественны или даже неосознаваемы, но другие, — как правило, необычные — вызывают у него ответную реакцию. Эта ответная реакция носит характер **ориентировочной реакции** и является стимулом для проявления активности.

Все воздействующие на человека объекты и условия деятельности, вне зависимости от их значимости, воспринимаются человеком в виде образа. Этот образ соотносится с информацией, хранящейся в памяти, и мотивационными установками человека. Причем процесс сопоставления осуществляется, скорее всего, через сознание, что приводит к возникновению решения и плана поведения.

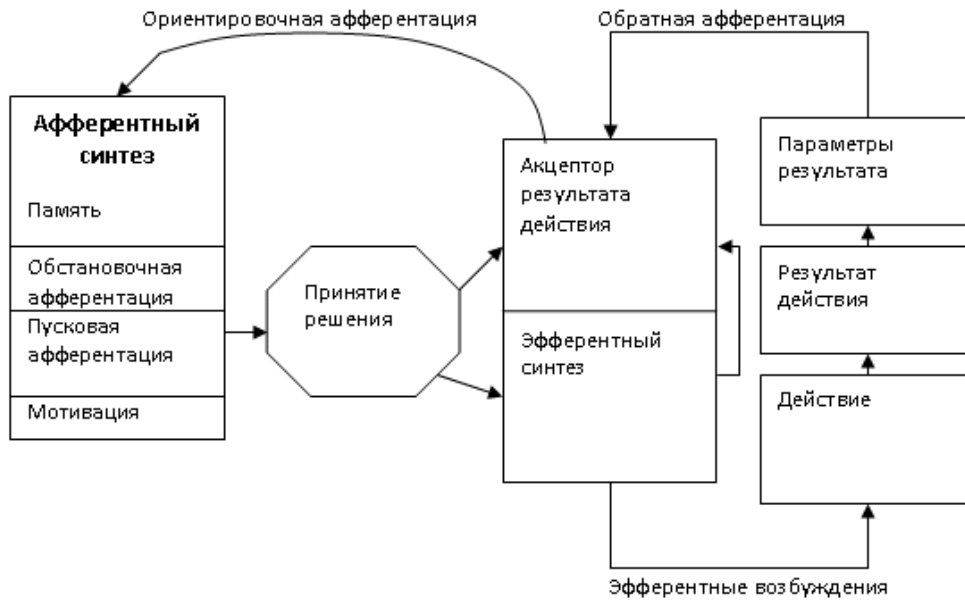


Рис. 8. Общая схема концепции функциональной системы

В центральной нервной системе ожидаемый итог действий представлен в виде своеобразной нервной модели, названной Анохиным акцептором результата действия. **Акцептор результата действия** — это цель, на которую направлено действие. При наличии акцептора действия и программы действия, сформулированной сознанием, начинается непосредственное исполнение действия. При этом включается воля, а также процесс получения информации о выполнении поставленной цели. Информация о результатах действия имеет характер обратной связи (обратной афферентации) и направлена на формирование установки по отношению к выполняемому действию. Поскольку информация проходит через эмоциональную сферу, она вызывает определенные эмоции, влияющие на характер установки. Если эмоции носят положительный характер, то действие прекращается. Если эмоции негативны, то в выполнение действия вносятся коррективы.

Теория функциональных систем П.К. Анохина получила широкое распространение вследствие того, что она позволяет приблизиться к решению вопроса о взаимосвязи физиологических и психологических процессов. Эта теория говорит о том, что психические явления и физиологические процессы играют важную роль в регуляции поведения. Более того, поведение в принципе невозможно без одновременного участия психических и физиологических процессов.

### Теория функциональных систем П.К. Анохина

Идею функционализма (как единства интегративной активности мозга и организма) П.К. Анохин предложил в 1939 году. Она касалась основоположных проблем физиологии, психологии и кибернетики.

Принципы выдвинутой Анохиным теории функциональных систем были изложены следующим образом: можно констатировать наличие системоорганизующего фактора, определяющего образование кооперативных отношений между компонентами системы, которые содержат функционально полезный результат.

Такая кооперация становится возможной, если система перманентно выбирает «степени свободы» каждого системного компонента (речь может идти, например, о синаптической формации нейрона). Таким образом, обратная афферентация в результате производит реорганизованный эффект кооперативных отношений между системой компонентов,

определенный специфический ключ механизмов (внутренняя архитектура) не может построить для исследователя концептуальный мост от уровня интеграции до уровня тончайших механизмов мозговой систематической активности с молекулярным уровнем включительно.



### **П.К. Анохин (1898-1974)**

Советский физиолог, создатель теории функциональных систем, академик АМН СССР (1945) и АН СССР (1966), лауреат Ленинской премии (1972).

Эти основополагающие механизмы функциональной системы обеспечивают непрерывную самоорганизацию и пластичную адаптацию в отношении к изменениям внешней среды. Были определены **ключевые механизмы функциональной системы:**

- афферентный синтез
- принятие решения;
- акцептор результатов действия;
- программа действия,
- результат действия;
- обратная афферентация, которая содержит все параметры результата;
- сравнение реальных результатов с теми, которые предвиделись заранее в акцепторе результатов действия.

Теория Анохина дает нам возможность изучать и оценивать сложные процессы в жизнедеятельности всего организма.

Функциональная система состоит из определенного количества узловых механизмов, каждый из которых занимает свое место и имеет определенное специфическое назначение. Первый из них — *афферентный синтез*, в котором выделяют четыре обязательных компонента: доминирующую мотивацию, ситуационную и пусковую афферентацию, а также память. Взаимодействие этих компонентов приводит к процессу принятия решения.

Любое целенаправленное действие животного или человека происходит лишь при наличии соответствующей мотивации, формируется на основе потребности (физиологической, социальной и т.д.). Если нет такой мотивации, поведение не реализуется. Поэтому у сытого животного невозможно выработать пищеварительный условный рефлекс, поскольку нет мотивации голода. Соответственно, для формирования целенаправленного поведения необходима соответствующая актуализация (возбуждение) определенных нервных центров с



одновременным подавлением других центров. То есть мотивация действия или поведения должна быть доминирующей.

Поведенческий акт в зависимости от окружающих условий может осуществляться по-разному, то есть ситуационная афферентация определяет характер действия.

Третий компонент афферентного синтеза — пусковая афферентация, то есть возбуждение, которое непосредственно вызывает поведенческую реакцию. Внешнее проявление условного рефлекса начинает разворачиваться только в момент включения соответствующего сигнала, выполняет роль пускового стимула. Именно поэтому возбуждение, возникающее при воздействии такого конкретного раздражителя, называется *пусковой афферентацией*.

Четвертым компонентом афферентного синтеза является память, то есть прошлый опыт человека или животного. Достичь одной и той же цели можно различными способами, поэтому память подсказывает характер реакции либо необходимую линию поведения индивида.

Но перед тем как будет принято решение, должна осуществиться обработка всех четырех компонентов афферентного синтеза, то есть их сравнение, взаимодействие. В основе афферентного синтеза лежит явление конвергенции (взаимодействия) возбуждений разной модальности на полимодальных нейронах мозга, которые способны отвечать возбуждением на несколько раздражителей, причем не только сенсорных (звуковых, зрительных, тактильных и др), но и биологически значимых (пищеварительных, болевых и т.д.).

Эти нейродинамические процессы обуславливают дифференцирование и оценку возможных результатов деятельности определенной функциональной системы до того, как будет принято решение о получении вполне определенного результата, то есть результата, который наиболее соответствует данной доминирующей мотивации в данной обстановке (ситуации).

Как утверждал Анохин, все эти разномодальные возбуждения происходят на одном нейроне, где и проходит обработка информации, то есть конвергенция возбуждений на нейроне является универсальным рабочим фактором его интегративной деятельности. В этом нейроне происходит сложная переработка и перекодирование информационной значимости всех многочисленных возмущений, поступивших в него, в одно-единственное аксонное возбуждение. Соответственно, это возбуждение, выходящее из нейрона, должно иметь очень сложное кодовое значение, то есть по своему информационному смыслу должно соответствовать интегративному состоянию целого нейрона.

Афферентный синтез и принятие решения предопределяют построение программы действий, то есть формируется специфический набор афферентных импульсов, которые должны обеспечить периферийное действие, а затем и сообщение составляющих соответствующего результата, что является основной задачей поведенческого акта.

Одновременно с программой действий возникает еще один важный механизм функциональной системы — *акцептор результата действия*. Он представляет собой модель будущего результата действия, полученного в результате выполнения определенной поведенческой реакции, копию того афферентного набора импульсов, который создан на основе принятого решения. Соответственно, одновременно с прохождением этого афферентного образа импульсов к исполняющим органам копии должны формировать в мозгу модель (копию) будущего результата действия.

Если поведенческий акт выполнен неправильно или только частично, мозг получает эту информацию. От исполнительных органов к нему поступает обратная афферентация в виде разрядов афферентных импульсов, и эта обратная связь является необходимым компонентом любой функциональной системы.

Если параметры результата действия не отличаются от намеченных, то образец обратной афферентации совпадает с образцом акцептора результата действия, и действие завершается. Когда такого совпадения нет, возникает рассогласование акцептора результата действия с обратной афферентацией, что приводит к усилению ориентировочной реакции животного или

человека, в результате чего снова запускается вся функциональная система и цикл повторяется до получения ожидаемых по программе результатов.

**Теория опережающего отражения действительности** — научный итог, осуществленный Анохиным с целью раскрытия характера жизненной активности организма. Внешние воздействия на организм (А, Б, В, Г, Д и т.д.), систематически повторяясь в течение определенного времени, вызывают в протоплазме живого существа определенный ряд химических реакций (а, б, в, г, д). Протоплазма получает возможность отражать в микроинтервалах времени своих химических реакций последовательность событий внешнего мира, которые по самой своей природе разворачиваются в макроинтервалах времени. Достаточно появления первого фактора (А), чтобы привести в активное состояние всю последовательность цепи химических реакций. Скорость химических реакций протоплазмы обеспечивает опережение организмом разворачивания последовательных, многократно повторяющихся внешних воздействий.

Это свойство Анохин расценивал как живой универсальный и единственно возможный путь приспособления организма к внешнему миру. Вся история животного мира показывает усовершенствование этой древнейшей закономерности, которую П.К. Анохин называет опережающим отражением действительности. Ряд воздействий среды приобретают при этом сигнальное значение, а цепи последовательных химических реакций, которые образовались на этой основе, предстают как временные связи.

Центральная нервная система рассматривается как субстрат высокой специализации, который развивался в виде аппарата максимального и скорейшего опережения последовательных и повторяющихся явлений внешнего мира. Безусловно то, что условный рефлекс в его сигнальной функции истолковывается как частный случай высокоспециализированных форм опережающего отражения действительности.

В целом теория функциональных систем является достаточно эффективной попыткой разносторонне и целостно представить поведенческий акт в совокупности физиологических механизмов, обеспечивающих поэтапное его разворачивание от начального к конечному моменту.

### **Общие свойства функциональных систем**

Функциональные системы представляют объективную реальность. Их деятельность проявляется на разных уровнях организации живой материи: молекулярном, гомеостатическом, поведенческом, включая взаимодействие индивидов в сообществах, психическую и социальную деятельность человека, а также взаимодействие человеческих популяций с космической сферой.

Любая функциональная система строится специальными «системоквантами» по принципу: от потребности до ее удовлетворения. Функциональные системы складываются из следующих, связанных друг с другом, звеньев:

1. Системоорганизующей роли исходных потребностей и формирующихся на их основе доминирующих мотиваций.
2. Системообразующей роли результатов деятельности, удовлетворяющих исходные потребности живых существ.
3. Постоянной оценки достигнутых результатов с помощью обратной афферентации.
4. Опережающего программирования свойств потребных результатов.

Рассмотрим некоторые, **основные, свойства функциональных систем.**

**Самоорганизация.** Наиболее важным свойством функциональных систем является их самоорганизация.

Самоорганизация функциональных систем начинается с эмбрионального периода развития плода.

Уже в пренатальном онтогенезе в соответствующих тканях плода на генетически детерминированной основе опережающе созревают специальные рецепторы. На эти рецепторы

начинают действовать информационные молекулы - гормоны, олигопептиды и другие биологически активные вещества, циркулирующие в крови матери. Под влиянием этих молекул уже в утробе материнского организма у плода складываются функциональные системы гомеостатического уровня (рис. 9).

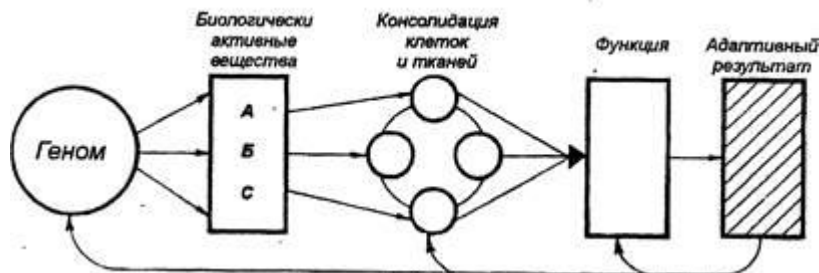


Рис. 9. Общая схема самоорганизации функциональной системы в эмбриогенезе

Другая группа рецепторов опережающе созревает по отношению к полезным приспособительным результатам поведения, которые на ранних этапах постнатального развития играют решающую роль для выживания новорожденных животных. В этом случае на основе механизма запечатления (импринтинга) происходит формирование функциональных систем поведенческого уровня.

Периодически формирующиеся в результате непрерывно происходящего обмена веществ потребности избирательно охватывают отдельные молекулярные и клеточные образования организма, объединяя их в специфическую деятельность, обеспечивающую удовлетворение этих потребностей. Иными словами, потребности объединяют хаотически действующие элементы организма в системную организацию, выполняя тем самым системоорганизующую и системооблигающую функцию. Однако, организованные потребностью системы еще не являются самостоятельно функционирующими. Для формирования функциональных систем необходимо достижение сформированной потребностью организацией полезного для организма результата - удовлетворения соответствующей потребности.

Результат как системообразующий фактор. Результат действия любой функциональной системы представляет из себя жизненно значимый адаптивный показатель деятельности организма, обеспечивающий его нормальные отправления в биологическом и социальном плане. Результат действия выступает в качестве ведущего фактора организации функциональных систем различного уровня. Именно адаптивные результаты фиксируют объединенные потребностью элементы в функциональные системы.

Результат действия, как на это многократно указывал П.К. Анохин, выступает в роли системообразующего фактора. После подкрепления - удовлетворения исходной потребности и достижения потребного результата, функциональная система консолидируется и становится направленной на достижение этого потребного результата (рис. 10).

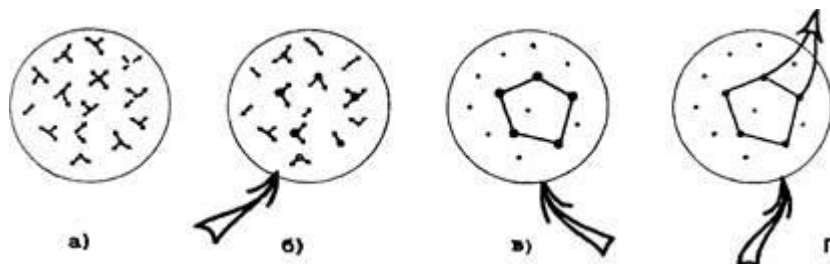


Рис. 10. Схема преобразования хаоса функциональной системой при ее формировании и после достижения полезного результата:

- а) исходное неупорядоченное состояние;
- б) мотивация, формирующаяся на основе потребности, избирательно активирует отдельные элементы хаотического состояния;
- в) удовлетворение потребности - подкрепление приводит к фиксации взаимодействия элементов, обеспечивающих получение функциональной системой на основе мотивации полезного результата;
- г) при очередном формировании потребности на основе мотивации функциональная система опережающе программирует свойства потребного результата.

Наиболее демонстративно становление функциональной системы поддержания вертикальной позы у новорожденного лосенка показано Е.М. Богомоловой и Ю.А. Курочкиным (1997). Первые попытки лосенка принять вертикальную позу неуверенные и требуют значительного времени. Однако, после того как лосенок достигает потребного результата и занимает вертикальную позу, повторные его вставания при сформировавшейся функциональной системе осуществляются уверенно и быстро, в короткие отрезки времени.

Опережающее программирование функциональной системой свойств полезных приспособительных результатов. Под влиянием полезных приспособительных результатов (подкрепления) в соответствующих структурах функциональных систем формируется аппарат предвидения свойств потребного результата и способов его достижения - акцептор результата действия. В результате, при возникновении той или иной потребности субъекты начинают опережающе предвидеть свойства потребных результатов. Под влиянием множественных подкреплений в акцепторе результата действия различных функциональных систем формируются специальные программы поведения. Вследствие этого поведение живых организмов становится направленным на будущие потребные результаты.

Обратная афферентации. Оценка результатов деятельности в любой функциональной системе осуществляется с помощью многоканальной обратной афферентации, поступающей к акцептору результата действия при воздействии разнообразных параметров результатов на соответствующие зрительные, слуховые, тактильные, обонятельные, вкусовые, температурные и другие рецепторы организма. В оценку достигнутых результатов включается и сигнализация, поступающая от проприорецепторов мышц. При этом у каждого вида животного имеется ведущий канал оценки потребных результатов. При нарушении ведущего канала обратной афферентации его функции берут на себя другие каналы, как это наблюдается, например, у слепоглухонемых людей.

*Саморегуляция.* Любая функциональная система различного уровня организации действует по принципу саморегуляции.

В самой общей форме принцип саморегуляции был обнаружен И.П. Павловым при исследовании деятельности сердца и кровообращения. И.П. Павлов отметил, что при небольших кровопусканиях у ряда животных кровяное давление быстро возвращается к исходному уровню. Позднее И.П. Павлов распространил этот принцип на деятельность организма в целом. Принцип саморегуляции физиологических функций нашел развитие в работах ряда исследователей.

В функциональных системах саморегуляция приобретает специальную направленность. Здесь возникновение потребности и отклонение результата деятельности функциональной системы от уровня, обеспечивающего нормальный метаболизм (жизнедеятельность) организма и его адаптацию к окружающей среде, является стимулом к мобилизации необходимых элементов системы для обеспечения этого результата.

Процесс саморегуляции функциональных систем всегда является циклическим и осуществляется на основе общего правила - всякое отклонение от жизненно важного уровня какого-либо физиологически значимого фактора приводит к немедленной мобилизации многочисленных аппаратов соответствующей функциональной системы, вновь восстанавливающих этот жизненно важный приспособительный результат.

Саморегуляция присуща функциональным системам разного уровня организации. По принципу саморегуляции осуществляется и молекулярный механизм поддержания

концентрации кальция в клетке. При увеличении содержания кальция в окружающей среде и в клетке за счет энергии АТФ против градиента концентрации усиливается работа кальциевого насоса мембраны клетки.

Процессы саморегуляции обуславливают оптимальный уровень любого показателя внутренней среды организма, определяющего ту или иную сторону процессов метаболизма - уровень кровяного давления, газов в тканях, осмотического давления, температуру, питательных веществ и т.д. Отклонение гомеостатического показателя внутренней среды от уровня, обеспечивающего нормальную жизнедеятельность организма, немедленно вызывает цепь центрально-периферических процессов соответствующей функциональной системы, направленной на восстановление оптимального уровня данного результата.

Саморегуляция отчетливо представлена в деятельности функциональных систем поведенческого уровня, определяющих достижение субъектом или сообществом биологических или социальных результатов во внешней среде. В этом случае поведение обуславливается потребностью индивида или сообщества и достигнутые результаты деятельности по принципу саморегуляции постоянно оцениваются с точки зрения удовлетворения исходной потребности.

Любое отклонение того или иного показателя внутренней среды, а также результата поведенческой деятельности от уровня, обеспечивающего нормальную жизнедеятельность организма, вызванное внутренними или внешними воздействиями, вызывает цепь саморегуляторных процессов, направленных на восстановление исходного жизненно важного уровня этих показателей. При этом, чем значительнее отклоняется адаптивный результат от уровня нормального метаболизма, тем сильнее возбуждаются механизмы, направленные на его возвращение к оптимальному уровню.

*Центральная архитектура функциональных систем.* У высших животных и человека функциональные системы поведенческого и психического уровня для своей деятельности избирательно вовлекают различные уровни центральной нервной системы: как спинальные и подкорковые аппараты, так и определенные отделы коры головного мозга, включая отдельные синапсы на нервных клетках и постсинаптические метаболические процессы в нейронах, до генетического аппарата ядра включительно.

Любая функциональная система вне зависимости от сложности ее организации имеет однотипную центральную архитектуру.

Центральная архитектура функциональных систем складывается из следующих последовательно сменяющих друг друга узловых стадий: афферентный синтез, принятие решения, акцептор результата действия, эфферентный синтез, и, наконец, оценка достигнутого результата акцептором результата действия с помощью обратной афферентации (рис. 10).

Исходной стадией центральной организации любой функциональной системы является стадия афферентного синтеза. На этой стадии в центральной нервной системе осуществляется синтез возбуждений, обусловленных внутренней метаболической потребностью, обстановочной и пусковой афферентацией с постоянным использованием генетических и индивидуально приобретенных механизмов памяти. Стадия афферентного синтеза завершается стадией принятия решения, которая по своей физиологической сущности означает ограничение степеней свободы деятельности функциональной системы и выбор единственной линии эффекторного действия, направленной на удовлетворение сформированной на стадии афферентного синтеза ведущей потребности организма.

*Функциональные системы* — это динамические, саморегулирующиеся организации, деятельность которых способствует получению жизненно важных для организма приспособительных результатов. Относительно трудовой деятельности человека теория функциональных систем имеет первостепенное значение.

Любая функциональная система включает следующие универсальные для разных систем узловые механизмы:

- полезный приспособительный результат (например, формирование акта ходьбы, как одного из видов произвольных движений у человека);
- рецепторы результата (например, весь комплекс ощущений, получаемых организмом в процессе ходьбы: кожная, мышечная, суставная и прочая чувствительность и т.п.);
- обратная афферентация от рецепторов результата к центральным образованиям функциональной системы (то есть, получение информации центральными образованиями ЦНС о том, как совершается данный двигательный акт);
- центральная архитектура, представляющая избирательное объединение нервных элементов различных уровней (то есть, все образования ЦНС, которые имеют отношение, например, к двигательному акту);
- исполнительные соматические, вегетативные и эндокринные компоненты, включая организованное целенаправленное поведение.

Понимание физиологических механизмов организации трудовой деятельности человека без знания теории функциональных систем просто невозможно. Настолько велико их значение.

### **Вопросы для самопроверки знаний:**

1. Перечислите свойства функциональной системы.
2. Координационная деятельность центральной нервной системы (ЦНС) – это...
3. Проясните основные принципы координационной деятельности ЦНС и их нейронные механизмы.
4. Повторите виды торможения, взаимодействие процессов возбуждения и торможения в ЦНС.
5. О чем теория функциональных систем П.К. Анохина?
6. Какие известны ключевые механизмы функциональной системы?
7. В чем смысл теории опережающего отражения действительности?
8. Какие известны общие свойства функциональных систем?

## ***Тема 6. Функциональное состояние центральной нервной системы***

Функциональное состояние центральной нервной системы - это функциональный фон, определяющий в значительной степени поведение организма и его возможности в процессе профессиональной деятельности. Нормальному функциональному состоянию центральной нервной системы соответствует так называемый нервный или церебральный гомеостаз, когда наблюдается оптимальный баланс между процессами возбуждения или торможения.

Функциональное состояние центральной нервной системы, а точнее коры головного мозга, определяется функционированием трех блоков головного мозга.

**1. Блок регуляции тонуса и бодрствования.** Для того чтобы обеспечивалось полноценное протекание психических процессов, человек должен находиться в состоянии бодрствования. Известно, что только в оптимальных условиях бодрствования человек может принимать и перерабатывать информацию, вызывать в памяти нужные избирательные системы связей, программировать свою деятельность и осуществлять контроль за протеканием своих психических процессов, корректируя ошибки и сохраняя направленность своей деятельности.

Хорошо известно, что в состоянии сна четкая регуляция психических процессов невозможна, всплывающие воспоминания и ассоциации приобретают неорганизованный характер, и направленное избирательное (селективное) выполнение психической деятельности становится невозможным.

О том, что для осуществления организованной, целенаправленной деятельности необходимо поддерживать *оптимальный тонус коры*, говорил еще И.П. Павлов, гипотетически утверждавший, что если бы мы могли видеть, как распространяется возбуждение по коре бодрствующего животного (или человека), мы наблюдали бы «светлое пятно»,

перемещающееся по коре мозга по мере перехода от одной деятельности к другой и олицетворяющее пункт оптимального возбуждения.

И.П. Павлов не только указал на необходимость оптимального состояния мозговой коры для осуществления организованной деятельности, но и открыл основные нейродинамические законы возникновения такого оптимального состояния. Как было показано многочисленными исследованиями павловской школы, процессы возбуждения и торможения, протекающие в бодрствующей коре, подчиняются *закону силы*, характеризуются определенной *концентрированностью*, *уравновешенностью* и *подвижностью*.

Эти основные законы нейродинамики неприменимы к состояниям сна или утомления. Это является результатом того, что в так называемых «тормозных», или «фазовых», состояниях тонус коры снижается и, как следствие, нарушается закон силы: слабые раздражители уравниваются с сильными по интенсивности вызываемых ими ответов («уравнительная фаза») или даже превосходят их, вызывая более интенсивные реакции, чем те, которые вызываются сильными раздражителями («парадоксальная фаза»), в отдельных случаях реакции сохраняются только в ответ на слабые стимулы, в то время как сильные раздражители вообще перестают вызывать какие-либо ответы («ультрапарадоксальная фаза»). Кроме того, по мере снижения тонуса коры нарушается нормальное соотношение возбуждательных и тормозных процессов и та подвижность, которая необходима для протекания нормальной психической деятельности. Все это указывает на то, какое *решающее значение имеет наличие оптимального тонуса коры для организованного протекания психической деятельности*.

Возникает, однако, вопрос: какие аппараты мозга обеспечивают поддержание оптимального тонуса коры, о котором мы только что говорили? Какие участки мозга регулируют и изменяют тонус коры, сохраняя его на нужное время и повышая его, когда в этом возникает необходимость?

Одним из наиболее важных в этом плане открытий было установление того факта, что аппараты, обеспечивающие и регулирующие тонус коры, могут находиться не в самой коре, а в лежащих ниже стволовых и подкорковых отделах мозга и что эти аппараты находятся в двойных отношениях с корой, тонизируя ее и в то же время испытывая ее регулирующее влияние.

В 1949 году два исследователя - Мэгун и Морuzzi - обнаружили, что в стволовых отделах головного мозга находится особое нервное образование, которое как по своему морфологическому строению, так и по своим функциональным свойствам приспособлено к тому, чтобы осуществлять роль *механизма, регулирующего состояние мозговой коры*, то есть способно изменять ее тонус и обеспечивать ее бодрствование.

Это образование построено по типу *нервной сети*, в которую вкраплены тела нервных клеток, соединяющиеся друг с другом короткими отростками. По сети этого образования, названного *ретикулярной формацией*, возбуждение распространяется не отдельными, изолированными импульсами, не по закону «все или ничего», а *градуально*, постепенно меняя свой уровень и, таким образом, *модулируя состояние всего нервного аппарата*.

Одни из волокон ретикулярной формации направляются вверх, оканчиваясь в расположенных выше нервных образованиях — зрительном бугре, хвостатом теле, древней коре и, наконец, в тех образованиях новой коры, роль которых в организации сложной психической деятельности была отмечена в предыдущих главах. Эти образования были названы *восходящей ретикулярной системой*. Как обнаружили последующие наблюдения, она *играет решающую роль в активации коры, в регуляции ее активности*.

Другие волокна ретикулярной формации имеют обратное направление: они начинаются от более высоко расположенных нервных образований — новой и древней коры, хвостатого тела и ядер зрительного бугра — и направляются к расположенным ниже структурам среднего мозга, гипоталамуса и мозгового ствола. Эти образования получили название *нисходящей ретикулярной системы*.

Они, как было установлено дальнейшими наблюдениями, ставят нижележащие образования под контроль тех программ, которые возникают в коре головного мозга и для выполнения которых требуется модификация и модуляция состояний бодрствования.

Оба раздела ретикулярной формации составляют единую вертикально расположенную функциональную систему, единый саморегулирующийся аппарат, построенный по принципу рефлекторного круга, который может обеспечивать изменение тонуса коры, но который вместе с тем сам находится под регулирующим влиянием тех изменений, которые наступают в коре головного мозга. Это аппарат пластичного приспособления к условиям среды в процессе активной деятельности.

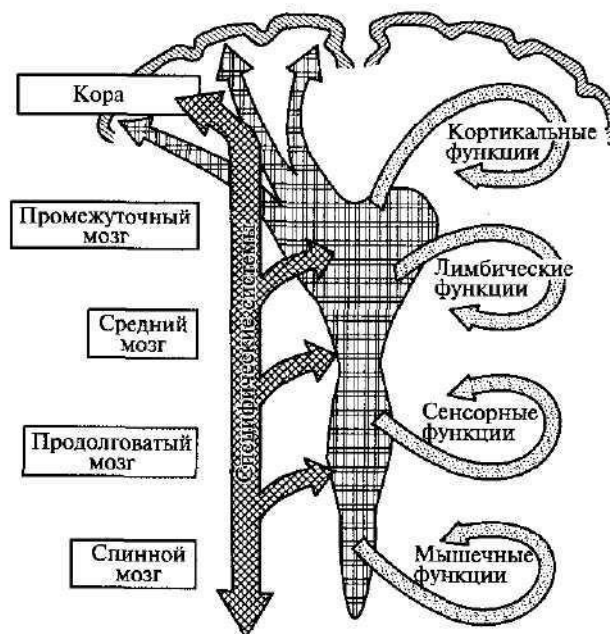


Рис 11. Схема строения активирующей ретикулярной формации

С открытием ретикулярной формации в нейрофизиологию был введен фактически новый принцип — *вертикальной организации всех структур мозга* — и завершился длительный период, когда интерес ученых, пытавшихся найти нервные механизмы психических процессов, был сосредоточен лишь на аппаратах коры головного мозга, работа которой рассматривалась как не зависящая от нижележащих, глубоких образований. Ретикулярная формация — первый функциональный блок головного мозга — аппарат, обеспечивающий регуляцию тонуса коры и состояний бодрствования, аппарат, позволяющий регулировать эти состояния соответственно поставленным перед организмом задачам.

Активирующая ретикулярная формация, являющаяся важнейшей частью первого функционального блока мозга, с самого начала была названа *неспецифической*; это коренным образом отличало ее от других, *специфических* (сенсорных и двигательных) систем мозговой коры. Считалось, что ее активирующее и тормозное действие равномерно затрагивает как все сенсорные, так и все двигательные функции организма и что ее функцией является лишь регуляция состояний сна и бодрствования — того неспецифического фона, на котором протекают различные виды деятельности.

**Второй источник активации** имеет совсем иное происхождение. Он связан с поступлением в организм раздражений из внешнего мира и приводит к возникновению совершенно иных форм активации, проявляющихся в виде *ориентировочного рефлекса*.

Человек живет в мире информации, и потребность в ней иногда оказывается у него не меньшей, чем потребность в органическом обмене веществ.



Известно, что человек, лишенный обычного притока информации — что имеет место в редких случаях выключения всех воспринимающих органов, — впадает в сон, из которого его может вывести только поступление какой-либо информации. Известно, что нормальный человек тяжело переносит ограничение контактов с внешним миром, и, как это наблюдал Хэбб (1955), достаточно поместить испытуемых в условия резкого ограничения притока возбуждений (сенсорной депривации), чтобы у них возникли психические нарушения, галлюцинации, в какой-то мере компенсирующие это ограничение. В аппаратах ретикулярной формации имеются специальные механизмы, обеспечивающие *тоническую форму активации*, источником которой является главным образом приток возбуждений из органов чувств. Этот источник обладает не меньшей интенсивностью, чем первый, только что упомянутый, источник активации.

Человек живет в условиях постоянно меняющейся среды, и это требует обостренного состояния бодрствования. Обострением бодрствования сопровождается всякое изменение в окружающих условиях, появление любого (как неожиданного, так и ожидаемого) события. Такая мобилизация организма лежит в основе особого вида активности, которую Павлов называл ориентировочным рефлексом и которая является основой *познавательной деятельности*.

Одним из наиболее важных открытий последних десятилетий было обнаружение связи ориентировочного рефлекса, или реакции пробуждения (активации), с работой ретикулярной формации мозга. Как показали исследования, ориентировочный рефлекс — сложное явление. Описаны тоническая и генерализованная формы реакции пробуждения, с одной стороны, и фазическая и локальная ее формы — с другой. Упомянутые формы ориентировочного рефлекса связаны с различными структурами в пределах ретикулярной формации: тоническая и генерализованная формы — с нижними, а фазическая и локальная — с верхними отделами ствола, и прежде всего с неспецифической таламической системой.

Источниками активности человека являются не только обменные процессы или непосредственный приток информации, вызывающий ориентировочный рефлекс. Значительная часть активности человека обусловлена *намерениями и планами, перспективами и программами*, которые формируются в процессе его сознательной жизни, являются социальными по своему заказу и осуществляются при ближайшем участии сначала внешней и потом его внутренней речи.

Всякий сформулированный в речи замысел преследует некоторую *цель* и вызывает целую программу действий, направленных на достижение этой цели. Достижение цели прекращает активность. Было бы, однако, неправильным считать возникновение намерений и формулировку целей чисто интеллектуальным актом. Осуществление замысла или достижение цели требует определенной энергии и может быть обеспечено лишь при наличии некоторого уровня активности.

**2. Блок приема, переработки и хранения информации.** Этот блок расположен в *конвекситальных (наружных) отделах новой коры* (неокортекса) и занимает ее *задние отделы*, включая в свой состав аппараты *зрительной (затылочной), слуховой (височной) и общечувствительной (теменной) областей*. По своему гистологическому строению он состоит из нейронов подкорки и мозговой коры. Эти нейроны в отличие от аппаратов первого блока работают не по принципу градуальных изменений, а по закону «все или ничего», принимая отдельные импульсы и передавая их на другие группы нейронов.

По своим функциональным особенностям аппараты этого блока приспособлены к приему экстероцептивных раздражений, приходящих в головной мозг от периферических рецепторов, к дроблению их на огромное число компонентов (иначе говоря, к анализу их на мельчайшие составляющие детали) и к комбинированию их в нужные динамические функциональные структуры (иначе говоря, к синтезу их в целые функциональные системы).

Этот функциональный блок головного мозга обладает *высокой модальной специфичностью*: входящие в его состав части приспособлены к тому, чтобы принимать зрительную, слуховую, вестибулярную или общечувствительную информацию в системы этого блока включаются и центральные аппараты вкусовой и обонятельной рецепции, но у человека они настолько оттесняются центральными представительствами высших экстероцептивных, дистантных анализаторов, что занимают в коре головного мозга незначительное место.

Основу этого блока составляют *первичные, или проекционные, зоны коры*, которые характеризуются высоким развитием нейронов IV афферентного слоя, значительная часть которых обладает высочайшей специфичностью. Ранее говорилось также, что нейроны зрительных аппаратов коры реагируют только на узкоспециальные свойства зрительных раздражителей (оттенки цвета, характер линий, направление движения).

Эти высокодифференцированные нейроны строго сохраняют модальную специфичность, и в первичной затылочной коре можно найти лишь очень небольшое число клеток, которые реагируют на звук, прикосновение или вестибулярное раздражение.

Следует отметить, что первичные зоны отдельных областей коры, входящих в состав этого блока, включают в свой состав и некоторое количество клеток *мультимодального характера*, которые реагируют на несколько видов раздражителей и, по-видимому, выполняют функцию неспецифического поддержания тонуса; однако эти клетки составляют лишь небольшую часть всего нейронного состава первичных зон коры (по некоторым данным, количество их не превышает 4-5%).

Совокупность данных позволяет назвать этот функциональный блок мозга блоком *получения, переработки и хранения экстероцептивной информации*. Можно указать некоторые законы построения коры, входящей в состав второго блока мозга (этими законами описывается также и строение третьего блока).

Первый закон - *закон иерархического строения корковых зон*. Соотношение первичных, вторичных и третичных зон коры, осуществляющих все более сложный синтез входящей информации, является достаточно отчетливой иллюстрацией этого закона.

Отношения между первичными, вторичными и третичными зонами коры, входящими в состав этого блока, не остаются одинаковыми в процессе онтогенетического развития. Так, у маленького ребенка для успешного формирования вторичных зон необходима сохранность первичных зон, а для формирования третичных зон — достаточная сформированность вторичных зон коры. Поэтому нарушение в раннем возрасте низших зон коры соответствующих типов неизбежно приводит к недоразвитию более высоких зон коры; таким образом, как это было сформулировано Л.С. Выготским, *основная линия взаимодействия этих зон коры направлена снизу вверх*.

Наоборот, у взрослого человека с полностью сложившимися психологическими функциями ведущее место переходит к высшим зонам коры. Даже воспринимая окружающий мир, взрослый человек организует свои впечатления в логические системы; иными словами, наиболее высокие, третичные, зоны коры у него управляют работой подчиненных им вторичных зон, а при поражении последних оказывают на их работу компенсирующее влияние. Такой характер взаимоотношений иерархически построенных зон коры в зрелом возрасте позволил Л.С. Выготскому заключить, что *на позднем этапе онтогенеза они взаимодействуют сверху вниз*.

Второй закон можно сформулировать как *закон убывающей специфичности иерархически построенных зон коры*. Как уже было показано, первичные зоны коры каждой из частей, входящих в состав описываемого блока, обладают максимальной модальной специфичностью. Это характерно для первичных (проекционных) зон как зрительной, так и слуховой и общечувствительной коры. Основа этого явления — наличие огромного числа нейронов с высокодифференцированной, модально специфической функцией.

**3. Блок программирования, регуляции и контроля сложных форм деятельности.** Прием, переработка и хранение внешней информации составляют только одну сторону

психической жизни человека. Ее другую сторону составляет организация активной сознательной психической деятельности. С этой задачей и связан третий из основных функциональных блоков мозга — блок программирования, регуляции и контроля за протекающей деятельностью.

Человек не только пассивно реагирует на поступающие сигналы. Он *формирует планы и программы своих действий, следит за их выполнением и регулирует свое поведение*, приводя его в соответствие с этими планами и программами; наконец, он *контролирует свою сознательную деятельность*, сличая эффект своих действий с исходными намерениями и корректируя допущенные им ошибки.

Все эти процессы активной сознательной деятельности требуют совсем иных мозговых аппаратов, чем те, которые мы описали ранее. Если даже в простых рефлекторных актах наряду с афферентной стороной существует эффекторная сторона и аппараты обратной связи служат контрольным сервомеханизмом, то тем более необходимы такие специальные контролирующие нервные образования в сложных психических актах. Этим задачам и служат аппараты третьего блока головного мозга, функцию которого мы уже обозначили выше.

Аппараты третьего функционального блока расположены в *передних отделах больших полушарий*, спереди от передней центральной извилины.

Отличие третьего, эфферентного, блока коры от второго, афферентного, блока, заключается в том, что этот блок не содержит модально-специфических зон, представляющих собой отдельные экстероцептивные анализаторы, а состоит из аппаратов эфферентного, двигательного типа, находящихся под постоянным влиянием аппаратов афферентного блока.

### **Взаимодействие трех основных функциональных блоков мозга**

Участие эфферентных механизмов в построении движения самоочевидно. Однако еще Н.А. Бернштейн показал, что движение не может управляться одними эфферентными импульсами и что для его организованного протекания необходимы постоянные афферентные процессы, сигнализирующие о состоянии сочленений и мышц, положении сегментов движущегося аппарата в тех пространственных координатах, в которых движение протекает.

Произвольное рабочее движение опирается на совместную работу самых различных отделов мозга, и если аппараты первого блока обеспечивают нужный тонус мышц, без которого никакое координированное движение не было бы возможным, то аппараты второго блока дают возможность осуществить те афферентные синтезы, в системе которых протекает движение, а аппараты третьего блока обеспечивают подчинение движения и действия соответствующим намерениям, создают программы выполнения двигательных актов и обеспечивают ту регуляцию и контроль протекания движенья благодаря которым сохраняется его организованный, осмысленный характер.

### **Комплексная оценка функционального состояния центральной нервной системы**

Человеческий мозг – сложная многоуровневая и многофункциональная система, работа которой является основой для нормальной деятельности всего организма. Оценка функционального состояния центральной и периферической нервной системы при различной патологии нервной системы является основой успешной реабилитации и формирования прогноза для каждого обследуемого.

### **Методы оценки функционального состояния ЦНС**

*Электроэнцефалография (ЭЭГ)* — метод исследования функционального состояния головного мозга, основанный на регистрации его биоэлектрической активности через неповрежденные покровные ткани головы.

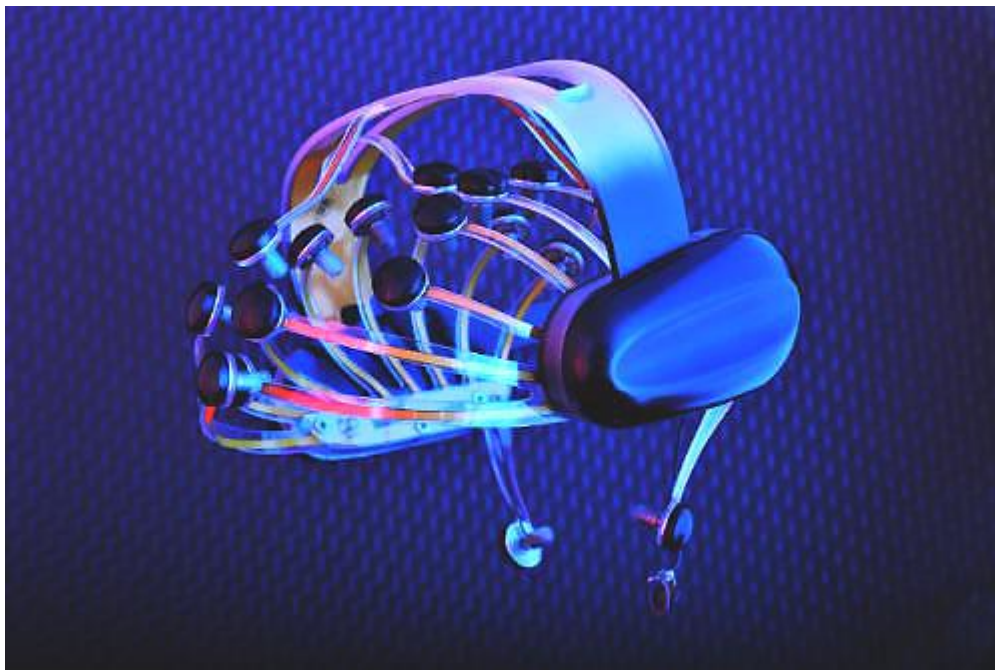


Рис. 12. Головные датчики для снятия ЭЭГ

Первая запись биотоков головного мозга была произведена в 1928 году Гансом Бергером. На ЭЭГ регистрируется электрическая активность мозга, генерирующаяся в коре, синхронизирующаяся и модулирующаяся таламусом и ретикулярными активирующими структурами. Регистрация биоэлектрических потенциалов головного мозга и графическое их изображение фотографическим методом или путем чернильной записи производятся специальным прибором — электроэнцефалографом. Современные электроэнцефалографы — это многоканальные приборы (чаще имеющие 8 или 16, иногда 20 и более усилительно-регистрирующих блоков — каналов), позволяющие одновременно регистрировать биотоки, отводимые от нескольких симметричных отделов головы. Исследование должно проводиться в свето- и звукоизолированном помещении.

На голову человека одевается специальная шапочка с электродами-антеннами, соединенными с самим прибором. Сигналы, поступающие с коры головного мозга, передаются на электроэнцефалограф, который преобразует их в графическое изображение (волны). Это изображение напоминает ритм сердца на электрокардиограмме (ЭКГ).

Целью исследования является выявление эпилептической активности и определение типа эпилептических припадков; диагностика интракраниальных очагов поражения (абсцесс, опухоли); оценка электрической активности головного мозга при болезнях обмена веществ, ишемии мозга, его травмах, менингите, энцефалите, нарушении умственного развития, психических заболеваниях и лечении различными препаратами; оценка степени активности головного мозга, диагностика смерти мозга.

По данным ЭЭГ можно изучить цикл «сон и бодрствование», установить сторону поражения, расположение очага поражения, оценить эффективность проводимого лечения, наблюдать за динамикой реабилитационного процесса. Большое значение ЭЭГ имеет при исследовании больных с эпилепсией, поскольку лишь на электроэнцефалограмме можно выявить эпилептическую активность головного мозга. Записанная кривая, отражающая характер биотоков мозга, называется электроэнцефалограммой (ЭЭГ). Электроэнцефалограмма отражает суммарную активность большого количества клеток мозга и состоит из многих компонентов. Анализ электроэнцефалограммы позволяет выявить на ней волны, различные по форме, постоянству, периодам колебаний и амплитуде (вольтажу). Электроэнцефалограмма (ЭЭГ) здорового человека имеет характерные черты: от всех областей коры отводится

ритмическая активность с частотой около 10 Гц и амплитудой 50-100 мкВ — альфа-ритм. На электроэнцефалограмме (ЭЭГ) регистрируются также другие ритмы: как более низкие — дельта- и тета- (2-4, 5-7 Гц), так и более высокие — бета-ритмы (13–30 в сек), но амплитуда в норме их невысока, и они перекрываются альфа-колебаниями.

Электроэнцефалограмма (ЭЭГ) изменяется при изменении функционального состояния. Например, при переходе ко сну доминирующими становятся медленные колебания, а альфа-ритм исчезает. При сильном возбуждении на фоне нарушения альфа-ритма выявляются резкие изменения: они проявляются в усилении медленных колебаний, иногда и бета-ритмов, нарушении регулярности и частоты альфа-ритма. Эти и другие изменения имеют неспецифический характер.

В процессе перехода от младенчества к взрослому состоянию характер нормальной ЭЭГ постепенно меняется. В раннем детском возрасте на ней отражены главным образом медленные колебания, которые постепенно сменяются более частыми, и к 7 годам формируется альфа-ритм.

Полностью процесс эволюции ЭЭГ завершается к 15-17 годам, приобретая к этому возрасту черты ЭЭГ взрослого человека. В возрасте старше 50-60 лет нормальная ЭЭГ отличается от таковой у лиц молодого возраста уменьшением частоты дельта-ритма, нарушением его регуляции и увеличением числа тета-волн. При значении патологической активности на ЭЭГ взрослого бодрствующего человека являются тета- и дельта-активность, а также эпилептическая активность.

Особенно значимым **ЭЭГ-обследование** оказывается при выявлении эпилептической активности, указывающей на предрасположенность к судорожным состояниям и проявляющейся следующими признаками:

1) острые волны (пики) — колебание потенциала, имеющего крутое нарастание и крутой спад, при этом острота волны обычно превышает амплитуду фоновых колебаний, с которыми они сочетаются; острые волны могут быть единичными или групповыми, выявляются в одном или многих отведениях;

2) комплексы пик — волна, представляющие собой колебания потенциала, состоящие из острой волны (пика) и сопутствующей ей медленной волны; при эпилепсии эти комплексы могут быть единичными или следуют друг за другом в виде серий; 3) пароксизмальные ритмы — ритмы колебаний в форме всплесков высокой амплитуды разной частоты, обычны пароксизмальные ритмы тета- и дельта-колебаний или медленных волн 0,5-1,0 Гц.

По данным ЭЭГ возможно отличить диффузное поражение мозга от локального патологического процесса, установить сторону и в определенной степени локализацию патологического очага, дифференцировать поверхностно расположенный патологический очаг от глубинного, распознать коматозное состояние и степень его выраженности; выявить фокальную и генерализованную эпилептическую активность.

Расширению возможностей ЭЭГ в определении функционального состояния мозга и некоторых его патологических состояний, прежде всего эпилептической активности, способствуют специальные провокационные пробы: проба с гипервентиляцией — глубокие дыхательные движения с частотой 20 в минуту, ведущие к алкалозу и сужению сосудов мозга, проба со световым раздражителем — фотостимуляцией с помощью мощного источника света (стробоскопа), проба со звуковым раздражителем. Если фотостимуляция провоцирует появление на ЭЭГ патологических волн, надо думать о наличии повышенной возбудимости корковых структур. При этом более продолжительная фотостимуляция может спровоцировать появление на ЭЭГ истинных судорожных разрядов, а при особенно высокой готовности к судорожным состояниям иногда развиваются отчетливые миоклонические подергивания мышц лица, шеи, плечевого пояса, рук, которые могут переходить в генерализованные истинные мышечные судороги - фотопароксизмальная реакция. С помощью ЭЭГ получают информацию о функциональном состоянии мозга при разных уровнях сознания пациента.

Достоинством этого метода являются его безвредность, безболезненность, неинвазивность, что явилось причиной широкого внедрения метода при диагностике и лечении различных заболеваний нервной системы.

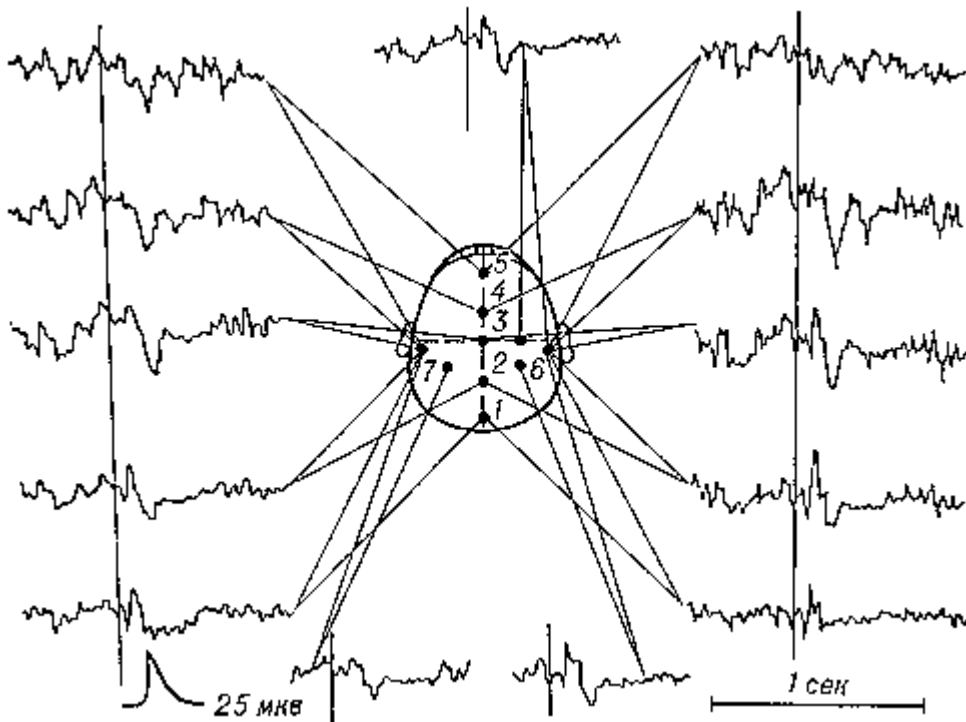


Рис. 13. Схематическое изображение электрофизиологических показателей зон головного мозга

**Вызванные потенциалы мозга** - это электрическая активность головного мозга, возникающая на действие какого-либо стимула (звукового, зрительного, электрического).

Деятельность анализаторов, осуществляющих взаимодействие человеческого организма с окружающей средой, подразумевает наличие специфического рецептора, воспринимающего раздражение, и проводящих путей, а также коркового представительства, на уровне которого осуществляется высшая функция анализа, синтеза и обратной связи.

Рецепторы представляют собой минитрансформаторы, преобразующие энергию раздражителя в электрический потенциал, который может быть зафиксирован в виде потенциала действия любого звена трехнейронного сенсорного пути или в виде суммарного вызванного потенциала, отведенного со скальпа над конкретной областью коры головного мозга. Таким образом, поражение на любом уровне сенсорного пути неизбежно вызывает изменения характеристик вызванных потенциалов, вплоть до полного его отсутствия.

В зависимости от характера воздействующего стимула регистрируют вызванные потенциалы (ВП) мозга следующих модальностей:

1. *Слуховые* (акустические стволовые) вызванные потенциалы – ответ на щелчок или тон.
2. *Зрительные ВП* – ответ на вспышку света, изображение предметов.
3. *Соматосенсорные ВП* – ответ на электрическую стимуляцию периферических нервов или тактильное раздражение.
4. *Эндогенные*, связанные с событиями (когнитивные ВП): с ожиданием, опозданием, принятием решения и инициацией двигательного ответа.
5. *Вестибулярные миогенные* – при выполнении отоневрологических тестов (раскручивание в специальном кресле).

В практике применяются чаще ВП первых трех модальностей. Регистрация ВП мозга является объективным и неинвазивным, абсолютно безвредным методом исследования



функций нервной системы. Исследования методики вызванных потенциалов является неопределимым средством раннего обнаружения и прогноза неврологических расстройств при различных заболеваниях головного и спинного мозга: инсульта, черепно-мозговая травма и травмы периферических нервов, рассеянный склероз, аномалии развития или опухоли головного и спинного мозга.

### **Основные цели регистрации вызванных потенциалов мозга (ВП мозга)**

Исследование ВП мозга позволяет поставить диагноз, оценить прогноз и контролировать эффективность лечения.

*Слуховые (акустические стволовые) вызванные потенциалы (СВП).* Метод отражает проведение слуховых импульсов от слухового нерва по стволовым и подкорковым структурам до коры головного мозга. СВП позволяют оценить функциональное состояние стволовых структур мозга (пункто-медуллярного и пункто-мезенцефального уровней), где проходят основные двигательные и чувствительные пути, мозжечковые тракты, ядра черепных нервов, ретикулярная формация, вегетативные центры, а также дыхательный и сосудодвигательный центры.

Оценка СВП применяется для дифференциальной диагностики центральных и периферических поражений слуховоспринимающей системы, крайне полезны в ранней диагностике опухолей мосто-мозжечкового угла, еще при отсутствии клинических проявлений, а также применяются в диагностике нарушений речи и слуха у детей, при задержке речевого развития. В качестве стимула при исследовании СВП используются подаваемые через наушники звуковые стимулы – щелчки с интенсивностью звука около 100 Дб длительностью менее 1 мс и частотой стимуляции 10-15 Гц.

*Зрительные вызванные потенциалы мозга (ЗВП).* С помощью ЗВП можно получить объективную информацию о функциональном состоянии различных звеньев зрительного анализатора, выявить органические повреждения и определить уровень их локализации, определить наличие нарушений полей зрения.

Фотостимуляция проводится через фотостимулятор, очки или экран монитора. Запись потенциалов сетчатки носит название нейроретинограмма.



**Рис. 14. Соматосенсорные вызванные потенциалы мозга (ССВП)**

Исследование проведения по чувствительным путям центральной нервной системы, в частности, по путям глубокой чувствительности, ответов центров спинного и головного мозга на электрическую стимуляцию периферических нервов.

Практически можно зарегистрировать ВП афферентных волокон периферических нервов, проводящих путей и серого вещества спинного мозга, мозгового ствола и больших полушарий головного мозга, что является адекватной информацией о поражении как проводящих путей, так и сенсомоторной коры.

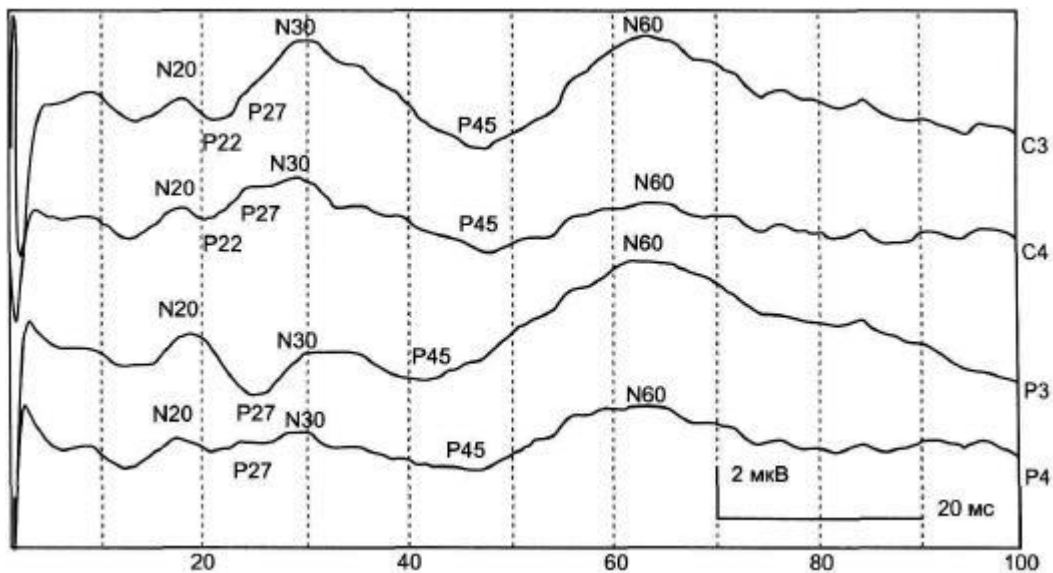


Рис. 15. Когнитивные вызванные потенциалы (КВП)

Одним из методов, значительно продвинувших анализ и понимание процессов работы мозга, связанных с механизмом восприятия информации и ее обработки является метод когнитивных вызванных потенциалов (КВП).

Процессы узнавания и запоминания, а также принятия ответного решения сопровождаются более или менее закономерными нейродинамическими изменениями, которые можно объективно зафиксировать. В практике применяется методика выделения когнитивных (связанных с процессами мышления) эндогенных ВП, обусловленных распознаванием и подсчетом слуховых стимулов (щелчков), отличающихся по частоте. Пациенту дается инструкция посчитать число «значимых» стимулов (щелчков с частотой тона 2000 Гц и вероятностью подачи до 30%), не обращая внимания на «незначимые» (с частотой 1000 Гц и вероятностью подачи до 70%). ВП на «незначимый» стимул представляет собой характерную V-волну.

В ответ на «значимый» стимул заметен выраженный поздний позитивный компонент P3 с латентностью около 300 мс, чье наличие связывают с узнаванием, запоминанием и подсчетом стимулов. По характеристикам этой волны описанную методику часто называют P 300. На параметры P 300 влияют способность пациента к опознанию стимула и поддержанию внимания, уровень бодрствования, а также объем его оперативной памяти. в связи с этим методика используется для диагностики доклинических стадий деменции, оценки результатов лечения, побочного действия препаратов, а также при для профотбора. Это используется для оценки функциональных возможностей работников (например, операторов) в физиологии труда.

Для работоспособности человека очень важен тонус центральной нервной системы. Особенно тонус коры головного мозга и подкорковых структур тоже. Это вопрос очень сложный и он включает не только сведения о функциональном состоянии блоков головного мозга, но и множество других психофизиологических механизмов поддержания работоспособности и восстановления резервных возможностей мозга. Именно по этому



вопросу необходимо детально обсудить направления восстановления функциональной активности ЦНС работников при разных режимах работы. Рационализация режимов труда и отдыха в этом отношении имеет первостепенное значение. Многое зависит от качества сна.

**Вопросы для самопроверки знаний:**

1. Перечислите функциональные блоки головного мозга.
2. Блок регуляции тонуса и бодрствования – это...
3. Блок приема, переработки и хранения информации предназначен для того, чтобы...
4. Как функционирует блок программирования, регуляции и контроля сложных форм деятельности?
5. Как проводится комплексная оценка функционального состояния центральной нервной системы?
6. Какие известны методы оценки функционального состояния ЦНС?

## Раздел 3. Физиологические основы охраны труда и обеспечение комфортных условий деятельности

### *Тема 7. Физиология мышечной работы*

Труд, физическая работа, мышечные сокращения – все это взаимосвязано в едином физиологическом понимании. Мышцы – это анатомические структуры, с помощью которых осуществляется движение. Залогом этого является способность их к сокращению под влиянием нервных сигналов. Мышцы становятся максимально эластичными, когда находятся в тепле. Поэтому интенсивную физическую работу всегда необходимо начинать легким разогревом мышц. Разогретые мышцы нужно беречь от охлаждения, например, сквозняком. Воздействие холода на разогретые мышцы может привести к миозиту (воспаление мышцы) или к невралгиям.

После усиленных физических нагрузок в мышцах накапливается молочная кислота. В небольших количествах это нормально. В больших – молочная кислота может спровоцировать необратимые повреждения мышечной ткани. У мышц на обоих концах имеются сухожилия, посредством которых они прикрепляются к костям. Сухожилия способны выдерживать большую нагрузку при растяжении. Поврежденное сухожилие, как и связка, плохо восстанавливается в отличие от быстро заживающей кости.

Скелет вместе с мышцами поддерживает все другие органы, придает телу определенную форму и положение в пространстве, образует двигательный аппарат. При этом кости скелета выполняют пассивную роль, а поперечно-полосатые мышцы – активную. Отдельные части скелета, например, черепная коробка, позвоночник, предохраняют другие органы (головной и спинной мозг) от механических воздействий. Такую же защитную роль выполняют и многие мышцы.

**Характер и организация трудовой деятельности** оказывают существенное влияние на изменение функционального состояния организма человека. Трудовая деятельность делится на физический и умственный труд.

*Физический труд характеризуется повышенной нагрузкой на опорно-двигательный аппарат и функциональные системы*, обеспечивающие его деятельность. Физический труд, развивая мышечную систему и стимулируя обменные процессы, в то же время имеет ряд отрицательных последствий. Прежде всего, это социальная неэффективность физического труда, связанная с низкой его производительностью, необходимостью напряжения физических сил и потребностью в длительном отдыхе (до 50% рабочего времени)

Энергия, необходимая человеку для жизнедеятельности, выделяется в его организме в процессе окислительно-восстановительного распада углеводов, белков, жиров и других органических соединений, содержащихся в продуктах питания. Совокупность химических реакций в организме человека называется обменом веществ. Изменение позы, интенсивности мышечной деятельности, информационной насыщенности труда, степени эмоционального напряжения и других факторов приводят к дополнительным затратам энергии.

Так, например, при рабочей позе сидя затраты энергии превышают на 5-10% уровень основного обмена; при рабочей позе стоя - на 10-25%, при вынужденной неудобной позе – на 40-50%. При интенсивной интеллектуальной работе потребность мозга в энергии составляет 15-20% общего обмена в организме (масса мозга составляет 2% массы тела). Повышение суммарных энергетических затрат при умственной работе определяется степенью нервно-эмоциональной напряженности. Так, при чтении вслух сидя расход энергии повышается на 48%, при выступлении с публичной лекцией – на 94%, у операторов вычислительных машин – на 60-100%.

Уровень энергозатрат может служить критерием тяжести и напряженности выполняемой работы, имеющим важное значение для оптимизации условий труда и его рациональной

организации. Уровень энергозатрат определяют методом полного газового анализа (учитывается объем потребления кислорода и выделенного углекислого газа). С увеличением тяжести труда значительно возрастает потребление кислорода и количество расходуемой энергии.

В соответствии с принятой физиологической классификацией трудовой деятельности в настоящее время различают следующие формы труда.

**1. Формы труда, требующие значительной мышечной активности.** Этот вид трудовых операций применяется при отсутствии механизированных средств и требует повышенных энергетических затрат от 17 до 25 МДж (4000-6000 ккал) и выше в сутки.

**2. Механизированные формы труда.** При этих формах труда энергетические затраты рабочих колеблются в пределах 12,5-17 МДж (3000-4000 ккал) в сутки.

Особенностью механизированных форм труда являются изменения характера мышечных нагрузок и усложнение программы действий. В условиях механизированного производства наблюдается уменьшение объема мышечной деятельности, в работу вовлекаются мелкие мышцы конечностей, которые должны обеспечить большую скорость и точность движений, необходимых для управления механизмами. Однообразие простых и большей частью локальных действий, однообразие и малый объем воспринимаемой в процессе труда информации приводят к монотонности труда и быстрому наступлению утомления.

**3. Формы, связанные с частично автоматизированным производством.** При таком производстве человек выключается из процесса непосредственной обработки предмета труда, который целиком выполняет механизм. Задача человека ограничивается выполнением простых операций на обслуживание станка: подать материал для обработки, пустить в ход механизм, извлечь обработанную деталь. Характерные черты этого вида работ — монотонность, повышенный темп и ритм работы, утрата творческого начала.

**4. Групповые формы труда – конвейер.** Эта форма труда определяется дроблением процесса труда на операции, заданным ритмом, строгой последовательностью выполнения операций, автоматической подачей деталей к каждому рабочему месту с помощью конвейера. При этом чем меньше интервал времени, затрачиваемый работающим на операцию, тем монотоннее работа, тем упрощеннее ее содержание, что приводит к преждевременной усталости и быстрому нервному истощению.

**5. Формы труда, связанные с дистанционным управлением.** При этих формах труда человек включен в системы управления как необходимое оперативное звено, нагрузка на которое уменьшается с возрастанием степени автоматизации процесса управления. Различают формы управления производственным процессом, требующие частых активных действий человека, и формы управления, в которых действия оператора носят эпизодический характер, и основная его задача сводится к контролю показаний приборов и поддержанию постоянной готовности к вмешательству при необходимости в процесс управления объектом

**6. Формы интеллектуального (умственного) труда.** Подразделяются на операторский, управленческий, творческий, труд медицинских работников, труд преподавателей, учащихся, студентов. Эти виды различаются организацией трудового процесса, равномерностью нагрузки, степенью эмоционального напряжения.

Интеллектуальный труд заключается в переработке и анализе большого объема разнообразной информации, и как следствие этого – мобилизация памяти и внимания, частота стрессовых ситуаций. Однако мышечные нагрузки, как правило, незначительны, суточные энергозатраты составляют 10-11,7 МДж (2000-2400 ккал) в сутки.

**Оценка тяжести и степени напряженности трудовой деятельности** характеризуется степенью функционального напряжения организма. Оно может быть энергетическим, зависящим от мощности работы, – при физическом труде, и эмоциональным – при умственном труде, когда имеет место информационная перегрузка.

**Физическая тяжесть труда** - это нагрузка на организм при труде, требующая преимущественно мышечных усилий и соответствующего энергетического обеспечения.

Классификация труда по тяжести производится по уровню энергозатрат с учетом вида нагрузки (статическая или динамическая) и нагружаемых мышц.

**1. Статическая работа** связана с фиксацией орудий и предметов труда в неподвижном состоянии, а также с приданием человеку рабочей позы. Так, работа, требующая нахождения работающего в статической позе 10-25% рабочего времени, характеризуется как работа средней тяжести (энергозатраты 172-293 Дж/с); 50% и более – тяжелая работа (энергозатраты свыше 293 Дж/с). Статическая нагрузка также характеризуется *величиной удерживаемого груза* (или прилагаемого усилия) и временем удержания его в статическом состоянии и рассчитывается по формуле:

$$P = mt,$$

где  $m$  — масса груза или статическое усилие, кг;  $t$  — время фиксации усилия, с.

Для расчета статической нагрузки необходимо определить не только массу удерживаемого груза, но и указать группу участвующих мышц. Так, при легкой физической нагрузке (оптимальный класс условий труда) величина статической нагрузки за смену при удержании груза двумя руками не должна превышать 18000 кг·с, при удержании груза с участием мышц корпуса и ног — 43000 кг·с, а при работе средней тяжести — соответственно 36000 и 100000 кг·с.

**Рабочие позы.** Кроме статической, динамической нагрузки и массы поднимаемого и перемещаемого груза, оценка условий труда по тяжести трудового процесса производится по рабочей позе, количеству наклонов за смену, количеству стереотипных рабочих движений и перемещением в пространстве, обусловленным технологическим процессом.

*Оптимальность рабочей позы* определяется соответствием параметров рабочей поверхности и кресла. Оптимальные условия допускают до 50 наклонов за смену (один наклон примерно за 10 мин). Если же наклоны с углом более 30° достигают 100 раз за смену, то условия относят к допустимым.

При *повторяющихся (стереотипных) рабочих движениях* мышц кистей и пальцев рук (локальная нагрузка) до 20000 условия труда считаются оптимальными. Свыше 20000 до 40000 - допустимыми. Если число движений достигает 60000, то условия труда относят к вредным - 1-й степени. Свыше 100 и до 300 – вредные 1-го класса, более 300 – вредные 2-го. Например, оператор ввода данных в компьютер за смену производит 55000 движений – класс 3.1, маляр производит 120 движений с наклонами в минуту – 3.2.

Под *перемещением в пространстве* понимают переходы в течение смены, обусловленные технологическим процессом. Ходьба до 4 км — оптимальные условия труда; от 4 до 10 км — допустимые, а до 15 км и свыше — соответственно вредные условия труда 1-й и 2-й степеней. Третья степень оценки перемещений в пространстве не предусмотрена.

Выполнение любой работы осуществляется в определенной позе, которая также является элементом трудовой (рабочей) нагрузки. *Поза человека* - это положение тела, конечностей и головы в пространстве, и друг относительно друга, создающееся сложным комплексом врожденных и приобретенных рефлексов. Соответственно, рабочей позой называют такие положения тела, головы, конечностей в пространстве и относительно друг друга, которые обеспечивают выполнение определенного трудового задания. Все многообразие рабочих поз в различных профессиональных группах, как правило, сводится к двум основным позам: стоя и сидя.

Поддержание основных рабочих поз связано как с наличием общих анатомо-физиологических и биомеханических закономерностей, так и с рядом специфических, различных для каждой из рабочих поз особенностей.

Уравновешивание силы тяжести в естественных позах является для организма сложной задачей, так как человеческое тело представляет собой систему звеньев, соединенных шарнирными связями, допускающими как прямолинейные, так и вращательные движения. С точки зрения биомеханики, условием поддержания позы является равновесие всех сил, внутренних и внешних, действующих на тело. Пассивное равновесие даже при спокойном

стоянии непрерывно нарушается, так как общий центр тяжести расположен несимметрично и постоянно смещается вследствие периодической деятельности внутренних органов (дыхание, кровообращение, пищеварение).

Противодействие многочисленным внешним и внутренним силам, стремящимся нарушить поддерживаемые позы, оказывает вся система опорно-двигательного аппарата, его пассивные (позвоночник, кости, связки) и активные (мышцы) элементы. Это достигается быстрым перераспределением тонических и тетанических напряжений мышц за счет проприоцептивных, лабиринтных и экстероцептивных рефлексов. Мышцы, поддерживающие равновесие тела, постоянно находятся в напряжении.

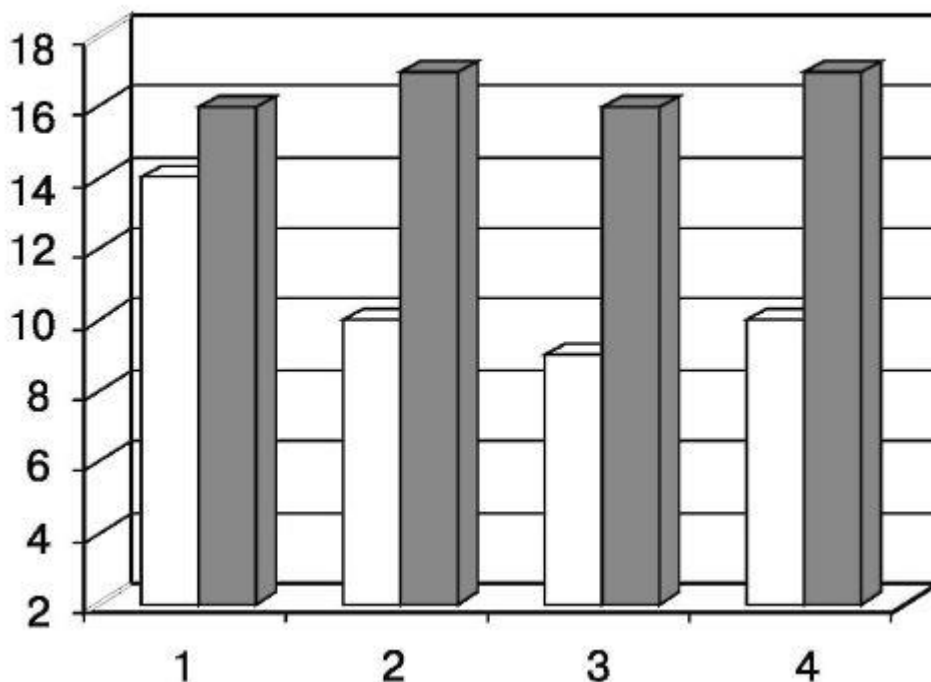
*Положение сидя* характеризуется наличием дополнительной опоры, при этом улучшаются биомеханические условия - увеличивается площадь опоры, и опускается общий центр тяжести тела, что делает позу более устойчивой. Кроме того, уменьшается гидростатическое давление крови, и улучшаются условия сердечно-сосудистой деятельности.

Как и всякая мышечная активность статического типа, каждая поза проявляется определенными изменениями со стороны кровообращения и дыхания. При выполнении работы в *позе стоя* увеличивается нагрузка на мышцы нижних конечностей (вследствие высокого расположения центра тяжести над площадью опоры и малой ее величиной) и органы кровообращения (увеличение гидростатического давления). В результате даже удобное положение стоя требует, по сравнению с позой сидя, повышения энергетических затрат организма на 8-15%, увеличения частоты сердечных сокращений на 10-15 уд/мин.

В естественных условиях жизни поддержание позы является частным случаем статического режима двигательной активности. Незначительные изменения в той или иной позе влекут за собой изменения позы активности мышц. Величина напряжения нервно-мышечной системы как в шейно-грудном, так и в пояснично-крестцовом сочленениях находится в прямой зависимости от глубины наклона головы и корпуса. Наклон головы на 15 гр. (от корпуса) так же, как и наклон корпуса на 10 гр. (по отношению к вертикали) не вызывают повышенных напряжений в структурах опорно-двигательного аппарата, и в этих пределах (при отсутствии каких-либо других неблагоприятных моментов, например, вытянутых рук вперед или поднятых рук вверх, выше плеч) рабочая поза может квалифицироваться как свободная.

В трудовой деятельности человека встречаются более сложные положения тела, для поддержания которых требуется более значительное напряжение мышц, чем при свободной, комфортной позе (неудобная, фиксированная, вынужденная позы).

*Неудобная поза* - это поза с поворотом туловища, неудобным размещением конечностей, с поднятыми вверх руками и др. Увеличение нагрузки при переходе от свободной позы к неудобной наиболее отчетливо проявляется в областях шейно-грудного и пояснично-крестцового сочленений. Напряжения в шейно-грудном сочленении возникают, как правило, вследствие наклона головы вперед, к объекту трудовой деятельности. Такие позы характерны для работников большинства канцелярских профессий, монтажников различных приборов, узлов, работников ряда областей легкой промышленности (швей-мотористки) и многих других. Одновременно с этим у работников многих профессий, в том числе и вышеуказанных, в процессе трудовой деятельности при наклоне корпуса вперед возникают также весьма значительные напряжения и в пояснично-крестцовом сочленении.



**Рис. 16. Интегрированная биоэлектрическая активность мышц водителей электропогрузчиков при наиболее характерных рабочих позах**

По оси ординат - ЭМГ в процентах от МПС, по оси абсцисс - изучаемые мышцы: 1 - разгибатель пальцев; 2 - мышца, выпрямляющая спину; 3 - трапецевидная мышца справа; 4 - трапецевидная мышца слева. Белый столбик - поза при вождении погрузчика вперед, черный столбик - поза при вождении погрузчика назад лиц, работающих стоя, при наклоне корпуса вперед или вбок

Такие позы характерны для станочников, операторов металло- и деревообработки, слесарей, механосборщиков машин, станков, многих профессиональных групп сельского хозяйства. Рабочая поза водителя электропогрузчика также является неудобной: при движении погрузчика задним ходом водитель вынужден поворачивать назад голову и туловище. Напряжение мышц при этом больше по сравнению с позой водителя при движении погрузчика вперед. Время пребывания в подобной позе достигает 53% времени смены. Следовательно, «физиологическая стоимость» работы в неудобной рабочей позе увеличивается.

Хотя позная активность характеризуется в основном несильным напряжением мышц, при длительном поддержании даже удобной позы уже через 2-3 часа у работающих возникают признаки утомления нервно-мышечной системы, субъективное ощущение дискомфорта и желание частичного изменения этой позы. Если по условиям технологии или характера трудового процесса изменение позы во время трудовой деятельности невозможно, то в этих случаях говорят о наличии фиксированных рабочих поз.

*Фиксированная рабочая поза* - невозможность изменения взаимного положения различных частей тела относительно друг друга. Подобные позы чаще всего можно наблюдать при выполнении работ, связанных с необходимостью в процессе деятельности различать мелкие объекты. В этом случае работающий принимает такую позу, чтобы она обеспечивала возможность наиболее благоприятных условий для функционирования зрительной системы. Наиболее жестко фиксированы рабочие позы у представителей тех профессий, которым приходится выполнять свои основные производственные операции с использованием оптических увеличительных приборов - луп и микроскопов.

Среди подобных специальностей широко распространены профессии, в которых работающие заняты изготовлением, соединением деталей, узлов, изделий микроэлектроники, а

также значительные по численности группы специалистов медицинских, ветеринарных и других лабораторий (например, гистологи, микрохирурги).

Так, значительная степень фиксированности рабочей позы операторов-микроскопистов приводит к более выраженному утомлению нервно-мышечного аппарата работающих в динамике смены. Количество жалоб на боли и усталость в различных частях тела в 2 раза больше у лиц, работающих с микроскопом.

В производственных условиях встречаются сложные позы - на коленях, на корточках, лежа, работа с сильным наклоном туловища и пр. Такие позы относятся к *вынужденным*. Вынужденная рабочая поза, создающая значительную мышечную нагрузку, приводит к более выраженным изменениям физиологических функций и ускорению развития утомления. Такие позы характерны для некоторых видов работ при ремонтных или строительных работах, при работе в шахте и др.

Следовательно, возможность развития перенапряжения опорно-двигательного аппарата вследствие поддержания рабочей позы зависит от степени нерациональности позы (неудобная, фиксированная, вынужденная) и времени пребывания в ней. Такие рабочие позы могут быть причиной возникновения не только ряда специфических профессиональных заболеваний нервно-мышечной системы, но и являются весьма существенным фактором риска возникновения остеохондроза.

**Динамическая работа** – процесс сокращения мышц, приводящий к перемещению груза, а также самого тела человека или его частей в пространстве. При этом энергия расходуется как на поддержание определенного напряжения в мышцах, так и на механический эффект. Если максимальная масса поднимаемых вручную грузов не превышает 5 кг для женщин и 15 кг для мужчин, работа характеризуется как легкая (энергозатраты до 172 Дж/с); 5-10 кг для женщин и 15-30 кг для мужчин – средней тяжести; свыше 10 кг для женщин или 30 кг для мужчин – тяжелая.

Оценка массы перерабатываемого груза позволяет отнести условия труда к оптимальным (до 15 кг), допустимым (до 30 кг) или вредным условиям труда 1 -й степени тяжести. Вторая и третья степени тяжести отсутствуют, так как ручная переработка грузов массой более 30 кг не допускается.

Например, укладчица хлеба проводит 75% рабочего времени стоя, берет по 2 батона весом 0,4 кг, перекладывает его на 0,8 м. За смену переносит 11000 батонов, совершает 200 наклонов. Физическая тяжесть труда по 11 основным критериям составляет 3.2. Для модернизации условий труда можно уменьшить норму хлеба в два раза и тогда получим 2 допустимый класс, если укладчицу заменить на укладчика, то – 3.1.

**Напряженность труда** характеризуется эмоциональной нагрузкой на организм при труде, требующем преимущественно интенсивной работы мозга по получению и переработке информации.

Наиболее легким считают умственный труд, в котором отсутствует *необходимость принятия решения*. Такие условия труда считаются оптимальными. Если же оператор работает и принимает решения в рамках одной инструкции, то такие условия труда относятся к допустимым. К напряженным вредным условиям 1-й степени относят труд, который связан с *решением сложных задач* по известным алгоритмам или работой с использованием нескольких (более одной) инструкций. Творческая деятельность, требующая решения сложных задач при отсутствии очевидного алгоритма решения, должна быть отнесена к напряженному труду 2-й степени тяжести.

Обработка какой-либо информации или выполнение задания без оценки его результатов является менее сложным трудом, что позволяет оценивать его как оптимальный. Если же к указанным действиям добавляется необходимость проверки полученного результата, то такие условия труда являются допустимыми. Работа по распределению производственного задания между другими лицами и контроль за их работой относятся к напряженному труду 2-й степени.

Напряженность труда зависит от *длительности сосредоточенного наблюдения и числа одновременно наблюдаемых объектов* (контрольно-измерительные приборы, продукт производства и т.п.). При длительности сосредоточенного наблюдения до 25% от продолжительности рабочей смены условия труда характеризуются как оптимальные, 26-50% — допустимые, 51-75% — напряженный труд 1-й степени, а при длительности сосредоточенного наблюдения более 75% условия труда следует относить ко 2-й степени напряженности.

Работа с видеодисплейными терминалами до двух часов за смену считается оптимальной, до трех — допустимой. Работа за компьютером или наблюдение за процессом по видеотерминалу свыше указанного времени определяет класс условий труда как напряженный: от 3 до 4 ч — первой степени (класс 3.1), более 4 ч — второй степени (класс 3.2).

Существенное влияние на степень напряженного состояния исполнителя оказывает *ответственность за конечный или промежуточный результат труда*. Если оператор несет ответственность за выполнение только отдельных элементов производственного задания, то такой труд оценивается как оптимальный. Повышение степени ответственности, например, за функциональное качество вспомогательных операций влечет за собой дополнительные эмоциональные усилия со стороны непосредственного руководителя (бригадира, мастера и др.). В этих случаях труд оценивается как допустимый. Если на исполнителе лежит ответственность за функциональное качество основной работы, что может повлечь необходимость принятия решений, связанных с исправлением (переделкой) результатов за счет дополнительных усилий всего коллектива, то такой вид деятельности является напряженным 1-й степени (класс 3.1). Если же работник несет персональную ответственность за функциональное качество конечного продукта, производственного задания в целом или его действия могут привести к поломке оборудования, остановке всего технологического процесса или создать ситуацию, опасную для жизни, его условия труда оцениваются как напряженные 2-й степени (класс 3.2). Например, мастер машиноремонтного завода, который осуществляет контроль за обработкой деталей и измерением — 3.2.

При отсутствии *риска для собственной жизни* в процессе выполнения своих обязанностей, труд исполнителя считают оптимальным, если же он вероятен, то условия труда относят к классу 3.2 - напряженный труд 2-й степени. Аналогично устанавливается класс условий труда при оценке степени риска за безопасность других лиц, участвующих в производственном процессе.

Однообразие выполняемых операций приводит к определенному техническому состоянию человека, называемому *монотонией*. Признаком монотонии является либо перегрузка одинаковой информацией, либо недостаток новой. Это накладывает отпечаток на функциональное состояние человека: он теряет интерес к выполняемой работе. Для него рабочее время как бы остановилось, и он с нетерпением ждет окончания смены, его клонит ко сну. Монотонная работа снижает эффективность труда, увеличивает текучесть кадров, аварийность и, как следствие, травматизм на производстве.

Степень монотонности определяется числом элементов (приемов труда при реализации простого задания или многократно повторяющихся операций) и продолжительностью во времени выполнения этих элементов или операций. Если число элементов составляет 10 и более, то условия труда считают оптимальными; от 9 до 6 - допустимыми; менее 6 - напряженными.

Важными факторами, характеризующими класс условий труда по *напряженности трудового процесса*, являются фактическая продолжительность рабочего дня и сменность работы. При продолжительности рабочего дня до 7 ч условия труда относят к оптимальному классу, до 9 ч — к допустимому, более 9 ч — к напряженному. Продолжительность непрерывной работы до 12 ч относят к 1-й степени, а более 12 ч — к напряженному труду 2-й степени. Односменная работа без ночной смены — оптимальные условия; двухсменная работа



без работы в ночную смену — допустимые условия труда и трехсменная работа с работой в ночную смену — напряженный труд 1-й степени.

Длительная работа в условиях постоянного нервно-эмоционального напряжения может привести к сердечно-сосудистым заболеваниям. Всякое воздействие, превышающее допустимые пределы, вызывает нарушение деятельности анализаторов и даже приводит к болевым ощущениям. Задача разработчиков технологических процессов — не допустить перенапряжение высшей нервной деятельности, иначе может наступить стресс. Понятие «стресс» в переводе означает «напряжение». Стресс появляется в экстремальных ситуациях при невозможности адаптации организма к чрезвычайным воздействиям. Производственный процесс должен быть организован таким образом, чтобы появление стрессов было исключено. Появление стресса в аварийной обстановке становится причиной неправильных действий оператора, зачастую усугубляющих производственную ситуацию. Эффективным средством профилактики стрессов при экстремальных условиях является профессиональная подготовка на тренажерах, имитирующих аварийные ситуации.

### **Работоспособность и ее динамика. Профилактика утомления**

Интенсивная умственная работа, как и физическая, так и умственная, может привести как к утомлению и к переутомлению.

Под *утомлением* понимают особое физиологическое состояние организма, возникающее после проделанной работы и выражающееся во временном понижении работоспособности.

*Работоспособность* – величина функциональных возможностей организма человека, характеризующаяся количеством и качеством работы, выполняемой за определенное время. Во время трудовой деятельности работоспособность организма изменяется во времени. Различают три основные фазы сменяющих друг друга состояний человека в процессе трудовой деятельности:

– фаза вработывания, или нарастающей работоспособности; в этот период уровень работоспособности постепенно повышается по сравнению с исходным; в зависимости от характера труда и индивидуальных особенностей человека этот период длится от нескольких минут до 1,5 ч, а при умственном творческом труде – до 2-2,5 ч;

– фаза высокой устойчивости работоспособности; для нее характерно сочетание высоких трудовых показателей с относительной стабильностью или даже некоторым снижением напряженности физиологических функций; продолжительность этой фазы может составлять 2...2,5 ч и более в зависимости от тяжести и напряженности труда;

– фаза снижения работоспособности, характеризующаяся уменьшением функциональных возможностей основных работающих органов человека и сопровождающаяся чувством усталости.

Один из объективных признаков – это снижение производительности труда, субъективно же оно обычно выражается в ощущении усталости, то есть в нежелании или даже невозможности дальнейшего продолжения работы. Утомление может возникать при любом виде деятельности.

Утомление связано с изменениями физиологического состояния всего организма в результате длительной или тяжелой работы, причем отдельное значение имеет нарушение, возникающие в центральной нервной системе.

Различают быстро и медленно развивающееся утомление: первое возникает при очень интенсивной работе (работа грузчика, каменщика, работника творческого труда), второе – при длительной мало интересной однообразной работе (труд водителя, работа на конвейере).

Физиологическая картина умственного и физического утомления сходна. При тяжелом физическом умственная малопродуктивна и наоборот (ухудшается координация движений).

При длительном воздействии на организм вредных факторов производственной среды может развиваться переутомление, называемое иногда хроническим утомлением, когда ночной отдых полностью не восстанавливает снизившуюся за день работоспособность.

Основой для возникновения переутомления служит постоянное несоответствие продолжительности и тяжести работы и времени отдыха. Кроме того, развитию переутомления могут способствовать неудовлетворительная обстановка труда, неблагоприятные бытовые условия, плохое питание.

Симптомы переутомления – различные нарушения со стороны нервно-психической сферы, например, ослабление внимания и памяти. Наряду с этим у переутомленных людей часто наблюдаются головные боли, расстройства сна (бессонница) ухудшение аппетита и повышенная раздражительность.

Кроме того, хроническое переутомление обычно вызывает ослабление организма, снижение его сопротивляемости внешним воздействиям, что выражается в повышении заболеваемости и травматизма. Довольно часто это состояние предрасполагает к развитию неврастения и истерии.

Важной мерой профилактики является обоснование и внедрение в производственную деятельность наиболее целесообразного режима труда и отдыха, то есть рациональной системы чередования периодов работы и перерывов между ними.

Различают две формы чередования периодов труда и отдыха на производстве: введение обеденного перерыва в середине рабочего дня и кратковременных регламентированных перерывов. Оптимальную длительность обеденного перерыва устанавливают с учетом удаленности от рабочих мест санитарно-бытовых помещений, столовых, организации раздачи пищи. Продолжительность и число кратковременных перерывов определяют на основе наблюдений за динамикой работоспособности, учета тяжести и напряженности труда.

При выполнении работы, требующей значительных усилий и участия крупных мышц, рекомендуются более редкие, но продолжительные 10-12-минутные перерывы. При выполнении особо тяжелых работ (металлурга, кузнецы и др.) следует сочетать работу в течение 15-20 мин с отдыхом такой продолжительности. При работах, требующих большого нервного напряжения и внимания, быстрых и точных движений рук, целесообразны более частые, но короткие 5-10-минутные перерывы.

Кроме регламентированных перерывов существуют *микropaузы* – перерывы в работе, возникающие самопроизвольно между операциями и действиями. Микropaузы обеспечивают поддержание оптимального темпа работы и высокого уровня работоспособности. В зависимости от характера и тяжести работы микropaузы составляют 9-10% рабочего времени.

Высокая работоспособность и жизнедеятельность организма поддерживается рациональным чередованием периодов работы, отдыха и сна человека. В течение суток организм по-разному реагирует на физическую и нервно-психическую нагрузку. В соответствии с суточным циклом организма наивысшая работоспособность отмечается в утренние (с 8 до 12 ч) и дневные (с 14 до 17 ч) часы. В дневное время наименьшая работоспособность, как правило, отмечается в период между 12 и 14 ч, а в ночное время – с 3 до 4 ч, достигая своего минимума. С учетом этих закономерностей определяют сменность работы предприятий, начало и окончание работы в сменах, перерывы на отдых и сон.

Чередование периодов труда и отдыха в течение недели должно регулироваться с учетом динамики работоспособности. Наивысшая работоспособность приходится на 2, 3 и 4-й день работы, в последующие дни недели она понижается, падая до минимума в последний день работы. В понедельник работоспособность относительно понижена в связи с вработываемостью.

Одним из наиболее важных элементов повышения эффективности трудовой деятельности человека является совершенствование умений и навыков в результате трудового обучения.

С точки зрения психофизиологической производственное обучение представляет собой процесс приспособления и соответствующего изменения физиологических функций организма человека для наиболее эффективного выполнения конкретной работы. В результате тренировки (обучения) возрастает мышечная сила и выносливость, повышается точность и скорость

рабочих движений, быстрее восстанавливаются физиологические функции после окончания работы.

Правильное расположение и компоновка рабочего места, обеспечение удобной позы и свободы трудовых движений, использование оборудования, отвечающего требованиям эргономики и инженерной психологии, обеспечивают наиболее эффективный трудовой процесс, уменьшают утомляемость и предотвращают опасность возникновения профессиональных заболеваний.

Оптимальная поза человека в процессе трудовой деятельности обеспечивает высокую работоспособность и производительность труда. Неправильное положение тела на рабочем месте приводит к быстрому возникновению статической усталости, снижению качества и скорости выполняемой работы, а также снижению реакции на опасности. Нормальной рабочей позой следует считать такую, при которой работнику не требуется наклоняться вперед больше чем на 10-15°; наклоны назад и в стороны нежелательны; основное требование к рабочей позе – прямая осанка.

Смена позы приводит к перераспределению нагрузки на группы мышц, улучшению условий кровообращения, ограничивает монотонность. Поэтому, где это совместимо с технологией и условиями производства, необходимо предусматривать выполнение работы как стоя, так и сидя с тем, чтобы рабочие по своему усмотрению могли изменять положение тела.

При организации производственного процесса следует учитывать антропометрические и психофизиологические особенности человека, его возможности в отношении величины усилий, темпа и ритма выполняемых операций, а также анатомо-физиологические различия между мужчинами и женщинами.

Размерные соотношения на рабочем месте при работе стоя строятся с учетом того, что рост мужчин и женщин в среднем отличается на 11,1 см, длина вытянутой в сторону руки – на 6,2 см, длина вытянутой вперед руки – на 5,7 см, длина ноги на 6,6 см, высота глаз над уровнем пола – на 10,1 см. На рабочем месте в позе сидя различия в размерных соотношениях у мужчин и женщин выражаются в том, что в среднем длина тела мужчин на 9,8 см и высота глаз над сиденьем – на 4,4 см больше, чем у женщин.

Существенное влияние на работоспособность оператора оказывает правильный выбор типа и размещения органов и пультов управления машинами и механизмами. Приборные панели следует располагать так, чтобы плоскости лицевых частей индикаторов были перпендикулярны линиям зрения оператора, а необходимые органы управления находились в пределах досягаемости. Наиболее важные органы управления следует располагать спереди и справа от оператора. Максимальные размеры зоны досягаемости правой руки – 70-110 см. Глубина рабочей панели не должна превышать 80 см. Высота пульта, предназначенного для работы сидя и стоя, должна быть 75-85 см. Панель пульта может быть наклонена к горизонтальной плоскости на 10-20°, наклон спинки кресла при положении сидя 0-10°.

Для лучшего различения органов управления они должны быть разными по форме и размеру, окрашиваться в разные цвета либо иметь маркировку или соответствующие надписи. При группировке нескольких рычагов в одном месте необходимо, чтобы их рукоятки имели различную форму. Это позволяет оператору различать их на ощупь и переключать рычаги, не отрывая глаз от работы.

Элементами рационального режима труда и отдыха являются производственная гимнастика и комплекс мер по психофизиологической разгрузке, в том числе функциональная музыка.

В основе производственной гимнастики лежит феномен активного отдыха (И.М. Сеченов) – утомленные мышцы быстрее восстанавливают свою работоспособность не при полном покое, а при работе других мышечных групп. В результате производственной гимнастики увеличивается жизненная емкость легких, улучшается деятельность сердечно-сосудистой системы, повышается функциональная возможность анализаторных систем, увеличивается мышечная сила и выносливость.

В основе благоприятного действия музыки лежит вызываемый ею положительный эмоциональный настрой, необходимый для любого вида работ. Производственная музыка способствует снижению утомляемости, улучшению настроения и здоровья работающих, повышает работоспособность и производительность труда. Однако функциональную музыку не рекомендуется применять при выполнении работ, требующих значительной концентрации внимания (более 70% рабочего времени), при умственной работе (более 70% рабочего времени), при большой напряженности выполняемых работ, непостоянных рабочих местах и в неблагоприятных санитарно-гигиенических условиях внешней среды.

Для снятия нервно-психологического напряжения, борьбы с утомлением, восстановления работоспособности в последнее время успешно используют кабинеты релаксации или комнаты психологической разгрузки. Они представляют собой специально оборудованные помещения, в которых в отведенное для этого время в течение смены проводят сеансы для снятия усталости и нервно-психологического напряжения.

Эффект психоэмоциональной разгрузки достигается путем эстетического оформления интерьера, использования удобной мебели позволяющей находиться в удобной расслабленной позе, трансляции специально подобранных музыкальных произведений, насыщения воздуха благотворно действующими отрицательными ионами, приема тонизирующих напитков, имитации в помещении естественно-природного окружения и воспроизведения звуков леса, морского прибоя и др. Одним из элементов психологической разгрузки является аутогенная тренировка, основанная на комплексе взаимосвязанных приемов психической саморегуляции и несложных физических упражнений со словесным самовнушением. Этот метод позволяет нормализовать психическую деятельность, эмоциональную сферу и вегетативные функции. Пребывание рабочих в комнатах психологической разгрузки способствует снижению утомляемости, появлению бодрости, хорошего настроения и улучшения самочувствия.

Таким образом, **физиология труда** – это раздел физиологии, который изучает изменения функционального состояния организма человека под влиянием его трудовой деятельности. Во время физического труда происходят затраты не только физической, но и умственной энергии человека.

Различают **уровни физического труда**:

*Лёгкий.* Выполняется сидя, стоя или связана с ходьбой, но без систематического напряжения, без поднятия и переноса тяжестей.

*Средней тяжести.* Связана с постоянной ходьбой и переноской небольших (до 10 кг) тяжестей, выполняется стоя.

*Тяжёлый.* С систематическим физическим напряжением, а также с постоянным передвижением и переноской значительных (более 10 кг) тяжестей.

При каждом уровне тяжести развиваются все более сложные и напряженные физиологические процессы, обеспечивающие необходимую работоспособность человека.

### **Вопросы для самопроверки знаний:**

1. Перечислите формы труда, требующие значительной мышечной активности.
2. Поясните физиологический смысл понятия «физическая тяжесть труда».
3. Статическая работа – это...
4. Как физиология обеспечивает рабочие позы?
5. Что значит «фиксированная рабочая поза»?
6. Поясните физиологический смысл понятия «динамическая работа».
7. Что значит физическая напряженность труда?
8. Что обозначает монотонный физический труд?
9. Как правильно понимать повторяющиеся (стереотипные) рабочие движения?
10. Что такое физическая работоспособность и какова ее динамика?

## **Тема 8. Физиологические основы охраны труда**

**Физиология труда** изучает особенности функционирования организма в процессе профессионального труда, что необходимо для оценки и нормирования рабочей нагрузки, рационализации режимов труда и отдыха (РТО) и т.д. **Гигиена труда** изучает влияние производственной среды на трудовые процессы в целях оздоровления труда и профилактики профзаболеваний.

Оценка и нормирование рабочей нагрузки и условий труда проводятся применительно к различным формам трудовой деятельности. Самые общие формы - физический и умственный труд в своей основе имеют четкое преобладание физического или умственного компонента работы.

Уровень физической нагрузки определяет тяжесть труда, нервно-психической - его напряженность.

Напряженность труда оценивается по величине нервно-психической нагрузки (числу объектов наблюдения, темпу и частоте движений и т.д.) и по реакциям организма на нагрузку (например, по частоте пульса и его вариативности).

Особые формы нагрузок создаются воздействием вредных и опасных факторов на рабочих местах (вредность и опасность труда). В сумме тяжесть, напряженность, вредность и опасность труда определяют психофизиологическую оценку деятельности, затраты организма. Нормирование рабочей нагрузки заключается в установлении нормативов для факторов, отделяющих тяжесть, напряженность, вредность и опасность труда.

Человек находится в постоянном взаимодействии с окружающей его средой, получая из нее все необходимое для своего существования и испытывая на себе воздействие ее непрерывно изменяющихся условий – световых, температурных, магнитных и др.

*Окружающая среда* – это совокупность множества физических, химических, биологических, социальных факторов, способных оказывать прямое или косвенное, немедленное или отдаленное воздействие на организм человека хотя бы на одном из этапов его развития. Воздействующими факторами среды являются температура и влажность воздуха, его газовый состав, химические вещества, освещение, шум, вибрация, различного рода излучения и многое другое.

Согласно закону толерантности Шелфорда (или закону лимитирующего фактора) любой живой организм имеет пределы устойчивости к любому воздействию фактору. Организм человека без негативных последствий переносит те или иные воздействия, пока они не превышают пределы его адаптационных возможностей. В свою очередь, все факторы окружающей среды динамичны во времени и пространстве, и их параметры, особенно на производстве, могут выходить за пределы устойчивости организма человека. В этих случаях, воздействуя на человека, факторы начинают подавлять жизнедеятельность его организма, то есть становятся *факторами риска* заболеваний, расстройств, травм и даже гибели организма.

По последствиям негативного воздействия на человека все неблагоприятные факторы окружающей среды делят на опасные и вредные.

*Опасным фактором* называют такой фактор, воздействие которого на человека в определенных условиях приводит к его травме или другому внезапному резкому ухудшению здоровья.

*Вредным фактором* называют фактор, воздействие которого на человека в определенных условиях приводит к заболеванию или снижению работоспособности.

В условиях производства наличие на рабочем месте опасных и вредных факторов увеличивает риск возникновения у работающих производственных травм и развития профессиональных заболеваний.

Поскольку на большинстве предприятий работа зачастую выполняется при воздействии на человека тех или иных опасных и вредных производственных факторов, то разработка оптимальных решений вопросов безопасности труда в значительной мере зависит от знаний в

области физиологии и гигиены труда, исследующих закономерности протекания физиологических процессов в организме человека, особенности их регуляции и пределы адаптационных возможностей при различных условиях труда.

**Физическая и умственная деятельность человека. Утомление и переутомление при физической и умственной работе.** Умственная и физическая работоспособность в меньшей степени ухудшается под воздействием неблагоприятных факторов внешней среды, если соответствующим образом применять физические упражнения. Оптимальная физическая тренированность является одним из необходимых условий сохранения работоспособности человека.

*Утомление* - это состояние, которое возникает вследствие работы при недостаточности восстановительных процессов и проявляется в снижении работоспособности, нарушении координации регуляторных механизмов и в ощущении усталости. Утомление играет важную биологическую роль, служит предупредительным сигналом возможного перенапряжения рабочего органа или организма в целом.

Суммирование сдвигов в нервно-мышечной, ЦНС и других системах, возникающих при многократном утомлении, вызывает хроническое утомление. Систематическое продолжение работы в состоянии утомления, неправильная организация труда, длительное выполнение работы, связанной с чрезмерным нервно-психическим или физическим напряжением - все это может привести к переутомлению.

Умственное переутомление, являясь наиболее вредным для организма, граничит с заболеванием, имеет более длительный период восстановления.

Оно является следствием того, что мозг человека, обладая большими компенсаторными возможностями, способен длительное время работать с перегрузкой, не давая знать о своем утомлении, которое мы ощущаем только тогда, когда практически уже наступила фаза переутомления.

Средствами восстановления организма после утомления и переутомления являются: оптимальная физическая активность, переключение на другие виды работы, правильное сочетание работы с активным отдыхом, рациональное питание, установление строгого гигиенического образа жизни. Ускоряют процесс восстановления также достаточный по времени и полноценный сон, водные процедуры, парная баня, массаж и самомассаж, фармакологические средства и физиотерапевтические процедуры, психорегулирующая тренировка и другие реабилитационно-восстановительные мероприятия.

**Основные факторы производственной среды и их неблагоприятное влияние на организм человека.** Существенное значение для производительности труда и охраны здоровья имеют направленность (сфера) производственной деятельности, конкретные производственные операции, орудия труда, формы организации труда и др. Каждый из этих показателей требует определенных физических и психофизиологических качеств.

Например, работа оператора, диспетчера, связанная с управлением автоматами в технических системах, требует развития двигательной реакции, наблюдательности, внимания, оперативного мышления, эмоциональной устойчивости. Деятельность по наблюдению и контролю (чтение показаний приборов, слежение и т.п.) предъявляет высокие требования к объему, распределению, устойчивости внимания, хорошей реакции слежения.

Монтаж, сборка, ремонт аппаратуры, оборудования требуют высокой координации движений, специальной мышечной выносливости. Для работы на малых вычислительных машинах и компьютерах необходима тонкая координация пальцев рук, выносливость зрительных анализаторов. При коллективной работе необходимы развитые коммуникативные способности и т.д.

Производительность труда, состояние здоровья и уровень работоспособности человека в значительной мере зависят от воздействия факторов внешней производственной среды. Эти факторы в отдельности и, особенно, в комплексе могут оказывать неблагоприятное влияние на организм человека в процессе производственной деятельности. К ним относятся:

метеорологические условия (микроклимат), шум, вибрация, укачивание, радиационное излучение, освещенность рабочего места, экономическая и психологическая напряженность, режим труда и др.

Метеорологические факторы характеризуются сочетанием температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха.

Систематические отклонения от нормального (комфортного) метеорологического режима в производственных помещениях приводят к хроническим простудным заболеваниям, заболеваниям суставов, тепловым ударам, судорогам, стрессовым состояниям.

Реакция организма человека на изменение температуры внешней среды приводит к нарушению теплового баланса, к снижению способности к умственной и физической работе на период акклиматизации.

Физическая тренировка и закаливание повышают устойчивость организма человека к резко меняющимся погодным условиям, к изменению микроклимата, значительно сокращают период акклиматизации и способствуют более быстрому восстановлению умственной и физической работоспособности после утомления.

При проведении работ на станциях техобслуживания, в автомастерских и т.п. человеческий организм подвергается воздействию резких перепадов температуры воздуха и атмосферного давления, а также воздействию шума, вибрации, газовых потоков и др., все это может приводить к общим и профессиональным заболеваниям.

Резкое изменение барометрического давления, например, может сопровождаться нарушением функции вестибулярного аппарата и среднего уха, потерей координации движений. Отрицательное воздействие на органы слуха и нервную систему оказывает также высокий уровень шума.

Под воздействием вибрации может развиваться так называемая вибрационная болезнь, когда снижается острота зрения, тактильная, тепловая и болевая чувствительность; поражаются кровеносные сосуды; происходят нежелательные изменения в суставах и т.д.

Физическая подготовленность приобретает большое значение при необходимости адаптироваться к вибрации и укачиванию, которые могут существенно снижать производительность труда и даже приводить к полной потере работоспособности.

В настоящее время в результате негативных последствий развития атомной энергетики интенсивность радиационного излучения, по сравнению с естественным фоном, значительно повышена. В связи с этим весьма важным является вопрос о возможности повышения стойкости организма человека к действию проникающей радиации посредством специальной физической подготовки. Исследования показывают, что при несмертельных дозах лучевое поражение физически тренированных людей будет относительно более легким, выздоровление пойдет быстрее, работоспособность будет восстанавливаться раньше.

Освещение рабочего места - один из важнейших факторов трудовой деятельности. Главные проблемы, связанные с органами зрения, на производстве касаются адекватности и удобства освещения. Достаточная (оптимальная) освещенность рабочего места положительно влияет на органы зрения, снижает утомление. Неудовлетворительное освещение вызывает преждевременное утомление, глазные болезни, головные боли и может быть причиной травматизма.

**Обеспечение устойчивости к физической и умственной нагрузке.** В связи с активизацией учебного труда при возрастающих нагрузках требуется оздоровление условий и режима учебы, быта и отдыха студентов, в том числе с использованием средств физической культуры - физических упражнений, оздоровительных сил природы (солнце, воздух и вода), гигиенических факторов и других составляющих здорового образа жизни.

Использование оздоровительных сил природы (закаливание) укрепляет и активизирует защитные силы организма, стимулирует обмен веществ, деятельность сердца и кровеносных сосудов, благотворно влияет на состояние нервной системы.

Важное значение для сохранения и повышения уровня физической и умственной

работоспособности отводится комплексу оздоровительно-гигиенических мероприятий, к числу которых относятся разумное сочетание труда и отдыха, нормализация сна и питания, отказ от вредных привычек, пребывание на свежем воздухе, достаточная двигательная активность.

Систематическая физическая тренировка, занятия физическими упражнениями в условиях напряженной учебной деятельности студентов являются важнейшим способом разрядки нервного напряжения и сохранения здоровья. Разрядка психической (нервной) напряженности через движение является наиболее эффективной. Без активной мышечной работы невозможно нормальное функционирование организма. Роль физических упражнений не ограничивается только благоприятным воздействием на здоровье. Наблюдение за людьми, которые регулярно занимаются физическими упражнениями, показало, что систематическая мышечная деятельность повышает психическую, умственную и эмоциональную устойчивость организма.

**Физиологические основы монотонного труда.** В настоящее время на предприятиях нашей страны создается новое современное оборудование - станки с числовым программным управлением (ЧПУ), роботизированные комплексы, совершенствуются поточно-конвейерные линии и др. Все это способствует снижению физического мышечного компонента в работе. При этом возрастает значимость такого вредного фактора производственного процесса, как монотонность.

*Монотонность - это однообразно повторяющийся процесс.* В наибольшей степени монотонность труда характерна для поточно-конвейерного производства, которое находит широкое применение в таких отраслях экономики, как машиностроение, приборостроение, радиоэлектронная, легкая, пищевая и др.

Однако монотонность распространяется и на ряд других профессий - станочников, штамповщиков, прессовщиков, операторов полуавтоматических линий, а также операторов за различными пультами управления технологическими процессами и других, для которых характерно однообразие действий.

Следовательно, *монотонный труд* - это однообразный труд, требующий от человека либо длительного выполнения простых однотипных операций в заданном или свободном темпах, либо непрерывной концентрации внимания в условиях малого объема поступающей информации. Следует различать такие понятия, как монотонность труда и состояние монотонии.

*Монотонность труда* - это однообразие трудовых операций или производственной обстановки, то есть объективных внешних факторов трудовой деятельности.

*Монотония* - комплекс психологических и физиологических изменений в организме человека, возникающих при монотонной работе, то есть ответная реакция человека на монотонный труд.

Различают **два основных вида монотонной работы:**

1. *Монотонность действия*, при которой состояние монотонии возникает в связи с выполнением однообразных, часто повторяющихся рабочих действий. Примером такого вида монотонного труда являются все поточно-конвейерные линии и многочисленные разновидности станочных, штамповочных и других работ. При таком виде монотонных работ степень выраженности состояния монотонии («*моторная монотония*») зависит от таких факторов трудового процесса, как количество однообразно повторяющихся действий за единицу времени, продолжительность отдельных рабочих операций, степень сложности выполняемых операций, принудительный темп работы и других. При этом чем меньше количество элементов в рабочем цикле и чем короче время их выполнения, тем монотоннее труд.

2. *Монотонность обстановки*, при которой состояние монотонии («*сенсорная монотония*») возникает в связи с дефицитом поступающей информации, а также при пассивном контроле и наблюдении за ходом технологического процесса. Этот вид монотонности труда характерен для многочисленных разновидностей операторского труда. При этом чем меньше объем информации получает оператор за единицу времени и чем менее она содержательна, а



также чем продолжительнее интервалы ожидания информации и меньше число объектов наблюдения, тем скорее развивается состояние монотонии.

Обычно монотонный по внешним признакам труд в производственных условиях сочетается с другими факторами профессиональной деятельности. Одни из них усиливают развитие состояния монотонии (гипокинезия, низкая ответственность, постоянный фоновый шум, недостаточная освещенность рабочих мест и т.д.), другие препятствуют развитию этого состояния (физическая тяжесть, нервная напряженность труда, высокая степень ответственности, сложность перерабатываемой информации и др.).

Влияние монотонного труда на организм работающего весьма сложно и многообразно. Психофизиологические реакции человека на монотонную работу практически одинаковы при обоих видах монотонной деятельности (моторной и сенсорной). Как монотонность обстановки, так и монотонность действия вызывают однонаправленное снижение уровня показателей сердечно-сосудистой системы и высшей нервной деятельности, обусловленное уменьшением активирующего влияния ретикулярной формации на кору больших полушарий головного мозга.

Монотонный труд вызывает, прежде всего, изменения в функциональном состоянии центральной нервной системы, что проявляется в удлинении латентного периода простой и сложной зрительно-моторной реакций, замедлении способности к переключению внимания, снижению подвижности основных нервных процессов и других. Снижение функционального уровня ЦНС происходит на всех ее уровнях: от коркового до спинального. Подтверждением этому служат данные электроэнцефалограммы, полученные во время выполнения монотонной работы. При этом выявлено параллельное нарастание суммарной энергии тета- и альфа-ритмов в большей степени в правом, субдоминантном, полушарии головного мозга. Одновременное увеличение тета- и альфа-активности можно считать одним из проявлений нейрофизиологического механизма усиления напряжения, необходимого для преодоления состояния сонливости, развивающегося при монотонной работе. Наряду с изменениями в центральной нервной системе на корковом уровне при монотонной работе обнаруживается снижение возбудимости спинальных моторных центров, начиная с 30-й минуты работы и до конца ее выполнения. Это связано с уменьшением супраспинальных нисходящих влияний из коры головного мозга и ретикулярной формации на спинальные центры. Таким образом, при выполнении монотонной работы у человека возникает своеобразный нейрофизиологический конфликт.

С одной стороны, имеется скучная однообразная работа, которая приводит к прогрессивному снижению активности различных структур ЦНС. С другой стороны, работу необходимо выполнять без ущерба для количества и качества продукции. Все это усиливает нервное напряжение, обусловленное необходимостью волевого поддержания бодрствования и работоспособности на определенном уровне.

Помимо изменений в ЦНС монотонная работа приводит к изменению и со стороны различных вегетативных функций. Во время такой работы достоверно снижаются частота сердечных сокращений (на 25-30%), артериальное давление, в основном систолическое (на 5-10%), и увеличивается величина коэффициента вариации сердечного ритма, то есть монотонная работа приводит к существенному снижению тонической активности симпатического и повышению активности парасимпатического отделов вегетативной нервной системы. Однако монотонная работа, осложненная нервным напряжением, возникающим при высокой степени ответственности (с элементами риска для собственной жизни - машинисты метрополитена, диспетчеры и операторы газокomppressorных и химических пультов управления и др.) или работе на конвейере в быстром темпе (2-6 секунд), приводит к изменениям физиологических функций, глубина и выраженность которых тем больше, чем больше нервное напряжение и степень ответственности за выполняемую работу. Так, уровень систолического артериального давления составил от 136 до 150 мм рт. ст. против от 108 до 110 мм.рт.ст. у лиц, выполняющих монотонную работу, осложненную и не осложненную нервным напряжением. Между этими

группами также отмечались достоверные различия в частоте сердечных сокращений (ЧСС): 88-93 уд/мин и 74-76 уд/мин соответственно в обеих группах.

Сравнительный анализ двух видов монотонной деятельности свидетельствует, что при выполнении монотонной работы, не осложненной нервным напряжением, основные изменения отмечаются в функциональном состоянии ЦНС, в то время как при такой же работе, осложненной нервным напряжением, функции ЦНС остаются относительно устойчивыми на протяжении смены, а основные изменения отмечаются в состоянии сердечно-сосудистой системы. У лиц при монотонной работе, осложненной нервным напряжением, систолическое артериальное давление достигает величины 150 мм рт. ст., и частота сердечных сокращений превышает 90 уд/мин, в то время как показатели латентного периода зрительно-моторной реакции, концентрация внимания и объем оперативной памяти, то есть основные рабочие функции остаются стабильными на протяжении смены.

Наряду с изменением физиологических функций при монотонной работе часто отмечаются изменения, характеризующие психологический статус работающих, их субъективные ощущения и переживания, к которым относятся скука, сонливость, неудовлетворенность работой и др. Однако степень проявления этих ощущений зависит от индивидуальной переносимости фактора монотонности.

В одних и тех же условиях не все люди одинаково устойчивы к влиянию этого фактора, среди них существуют монофилы и монофобы. Для *монофилов*, отличающихся большей устойчивостью к монотонности, характерен определенный типологический комплекс: это слабый тип нервной системы относительно процесса возбуждения, низкая тревожность, инертность нервных процессов, замкнутость характера (в своем большинстве люди, легко переносящие монотонность, являются интравертами).

Состояние монотонии может переходить в состояние «психического пресыщения», которое характеризуется отвращением к однообразной деятельности, раздражительностью, эмоциональной неустойчивостью, развитием невротических и сосудистых нарушений. Фактор монотонности в сочетании со сниженным уровнем двигательной активности может вызывать ослабление защитных свойств организма, что приводит к росту общей заболеваемости работающих. Монотонность, как вредный производственный фактор, изменяет ее структуру: увеличивается частота невротических и психосоматических расстройств, процент которых нарастает с увеличением стажа работы.

При стаже работы с монотонным характером труда 10-15 и более лет число случаев нетрудоспособности по отдельным формам болезней увеличивается в 3-9,8 раза. Различия в числе случаев заболеваемости с временной утратой трудоспособности обусловлены также степенью монотонности труда.

Так, число случаев на 100 работающих при наиболее монотонном труде на парфюмерной фабрике составили: ангина 15,4 против 5,2 при наименее монотонном труде в обувном производстве, грипп - 21,1 и 7,5 соответственно, ОРЗ - 41,1 и 18,8, болезни сердечно-сосудистой системы - 17,3 и 3,7, болезни костей и органов движения - 5,1 и 3,7 соответственно. Формирующееся в процессе монотонной работы состояние *монотонии* – своеобразная *форма нервно-психического напряжения*, которое в дальнейшем проявляется при различных нарушениях здоровья работников.

Борьба с монотонией включает широкий круг мероприятий, направленных на снижение ее отрицательных последствий для здоровья и работоспособности человека. Разрабатываемые *мероприятия* должны быть направлены на:

- повышение уровня активности ЦНС и увеличение мотивации данного вида труда;
- обеспечение оптимальной информационной и двигательной нагрузок;
- устранение объективных факторов монотонного труда.

Среди мероприятий, направленных на *профилактику* отрицательного влияния монотонии на организм работающих, важнейшее значение имеют:

- автоматизация однообразного ручного труда;

- оптимизация содержания трудовой деятельности, темпа и ритма работы;
- совмещение профессий и чередование операций;
- внедрение рациональных режимов труда и отдыха с введением 5-минутных регламентированных перерывов через каждый час работы;
- рациональная организация рабочего места;
- введение в режим рабочего дня комплексов производственной гимнастики, прослушивание функциональной музыки и организация отдыха в специальных комнатах психологической разгрузки.

**Профилактика производственного утомления.** Профилактика утомления, перенапряжения и сохранения здоровья работников физического труда должна включать комплекс мероприятий.

Наиболее радикальным средством в профилактике физического перенапряжения является *совершенствование техники и технологии*, направленное на соответствие конструктивных особенностей оборудования, ручного инструмента и других средств труда, а также организации рабочих мест современным требованиям *эргономики*. Иными словами, оборудование и рабочие места, предназначенные для работников различных профессий, должны соответствовать антропометрическим данным, физиологическим и психологическим особенностям человека и отвечать требованиям ГОСТ на работы, выполняемые в положении сидя или стоя (ГОСТ 12.2.033-78; ГОСТ 12.2.032-78). Большое значение в профилактике мышечных напряжений имеет *своевременная проверка* (метрологическая и т.п.) величин прилагаемых усилий на различные органы управления (рычаги, маховики и т.д.) и ручные инструменты (гайковерты, перфораторы, отбойные молотки и др.), которые должны отвечать соответствующей нормативно-технической документации.

Основой профилактики физических перегрузок и последствий, вызванных ими, является *оптимизация условий труда рабочих и устранение неблагоприятных производственных факторов*. Основные факторы трудового процесса, характерные для работ, связанных с физическими (мышечными) нагрузками, а также факторы производственной среды (вибрация, микроклимат и др.), усугубляющие состояние функционального перенапряжения опорно-двигательного аппарата, должны находиться в пределах оптимальных, реже - допустимых величин, установленных в соответствии с нормативными документами. При выполнении работ, связанных с частыми подъемами и перемещениями тяжестей вручную (труд подсобных рабочих, штукатуров, фрезеровщиков, токарей и многих других), масса перемещаемого груза не должна превышать 15 кг для мужчин и 7 кг для женщин (Р 2.2.2006-05, СанПиН 2.2.0.555-96).

Особую значимость для предупреждения перенапряжения НМА имеют *рациональные режимы труда и отдыха*, установленные в соответствии с характером и условиями труда, динамикой функционального состояния работающих. Рациональный режим помимо перерыва на обед (который не входит в длительность смены) должен включать *регламентированные перерывы*, общая продолжительность которых зависит от вида физической нагрузки. Чем тяжелее работа, тем раньше после начала смены должны быть введены регламентированные перерывы, а продолжительность их должны быть больше. Регламентированные перерывы входят в длительность рабочего дня.

Для профессиональных групп, трудовая деятельность которых связана с локальными мышечными нагрузками (операторы ВДТ, перфораторщики, наборщики типографий и др.), в режим труда и отдыха целесообразно включать 2-3 регламентированных перерыва общей продолжительностью 15-20 минут.

Для профессий, связанных с региональными нагрузками (станочники, штукатуры, формовщики мелких изделий и многие другие), в режим труда и отдыха следует вводить не менее 3-х регламентированных перерывов общей продолжительностью не менее 20 минут.

Для профессиональных групп, трудовая деятельность которых связана с общими (глобальными) мышечными нагрузками (шахтеры, грузчики, формовщики крупных изделий и

др.), в режим труда и отдыха целесообразно включать не менее 3-х регламентированных перерывов общей продолжительностью не менее 35 минут.

Регламентированные перерывы следует заполнять производственной гимнастикой, направленной на расслабление основных работающих мышц, проведение самомассажа, гидромассажа рук (ног) или пассивного отдыха.

Для лиц физического труда, связанных с непрерывным производственным процессом и имеющих сменный график работы, следует предусматривать *полноценный отдых между сменами*.

Большое значение в комплексной профилактике профессиональной и общей заболеваемости, укрепления здоровья работников имеют занятия, проводимые во вне рабочее время в специально созданных «Центрах восстановления работоспособности» (ЦВР). Занятия в ЦВР проводятся под контролем врача. Подготовленные инструкторы составляют комплексы физических упражнений на тренажерах, обновляют и совершенствуют программы целенаправленной гимнастики и нервно-мышечной релаксации с учетом характера физического труда и физической подготовленности работающих. Физические упражнения целесообразно выполнять стоя, если работать приходится в позе сидя; сидя и лежа, когда работа осуществляется в позе стоя.

В целях предупреждения развития профессиональной патологии опорно-двигательного аппарата и периферической нервной системы следует проводить предварительный медицинский осмотр для отбора лиц, принимаемых или переводимых с другой специальности в профессии, связанные с физическим трудом. Кроме того, для выявления ранних проявлений поражений ОДА профессионального и общего характеров, предупреждения их прогрессирования и осложнений следует проводить периодические медицинские осмотры (1 раз в 1-2 года) лиц, работающих с физическими нагрузками.

#### **Работоспособность и утомление**

*Работоспособность* — это свойство человека на протяжении длительного времени и с определенной эффективностью выполнять максимальное количество физической или умственной работы. На протяжении рабочей смены работоспособность меняется в широких пределах. Это связано с тем, что на нее влияют как внешние, по отношению к человеку факторы (характер труда, условия окружающей среды, режимы труда и отдыха, рабочая поза, организация трудового процесса с точки зрения эргономики), так и внутренние (мотивация, степень совершенства трудовых навыков, функциональные резервы человека).

В производственной обстановке работоспособность изменяется на протяжении рабочей смены и условно подразделяется на четыре фазы. Первая фаза — *фаза вработывания*, во время которой повышается активность ЦНС, возрастает уровень обменных процессов в организме работающего, усиливается деятельность сердечно-сосудистой и дыхательной систем. Продолжительность этой фазы зависит от вида деятельности. Она всегда короче при физическом труде, чем при умственном. Причем, чем физически тяжелее работа, тем быстрее происходит вработывание.

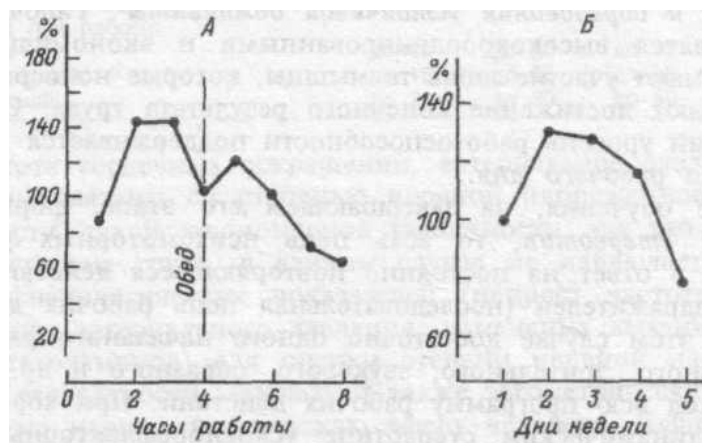


Рис. 17. Примерные изменения почасовой производительности труда

А — в процентах к среднесменной выработке и работоспособности человека;

Б — в процентах к исходной (выносливость мышц к статическому усилию) на протяжении рабочей недели.

Вторая фаза — *фаза относительно устойчивой работоспособности*, характеризуется оптимальным, с точки зрения достижения полезного результата, уровнем функционирования обеспечивающих работу систем организма, максимальной эффективностью труда. Продолжительность периода устойчивой работоспособности зависит от физической тяжести и нервной напряженности труда (чем тяжелее работа, тем короче период устойчивой работоспособности), от психофизиологического состояния человека, от гигиенических условий труда.

Третья фаза — *фаза снижения работоспособности*, связанная с развитием утомления. Четвертая фаза — *фаза вторичного повышения работоспособности* в конце рабочего дня. В ее основе лежит условно-рефлекторный механизм, связанный с предстоящим концом работы и последующим отдыхом. Аналогичным образом меняется профессиональная работоспособность человека и на протяжении рабочей недели.

Причиной снижения работоспособности на протяжении рабочего дня, недели или года является *утомление*. Во время работы утомление проявляется в уменьшении силы и выносливости мышц, ухудшении координации движений, в возрастании затрат энергии при выполнении одной и той же работы, в замедлении скорости переработки информации, ухудшении памяти, затруднении процессов сосредоточения и переключения внимания с одного вида деятельности на другой. Субъективно утомление проявляется в ощущении *усталости*, вызывающего желание прекратить работу или снизить нагрузку.

При динамической работе с интенсивностью, лежащей ниже предела утомления, восстановление макроэнергетических фосфатов, используемых при сокращении мышц, происходит на протяжении самой работы, во время расслабления мышц (*микроразрешения*). Если продолжительность расслабления мышц соответствует времени, необходимому для синтеза АТФ и удаления из них продуктов метаболизма, то такая работа является *малоутомительной*. При динамической работе большой интенсивности возможность непрерывного восстановления АТФ в процессе самой работы отсутствует. Это объясняется тем, что длительность периодов расслабления мышцы меньше, чем время, необходимое для текущего восстановления ее энергетического потенциала. Восстановление запасов энергии и удаление молочной кислоты из мышц происходят не полностью.

Физиологические механизмы *нервно-психического утомления* точно не известны. Типичными симптомами такого утомления являются замедление передачи и осмысления информации, снижение эффективности умственной деятельности в целом, ослабление сенсорных и сенсомоторных функций. Подобное утомление не только снижает

работоспособность, но иногда приводит к снижению социальной активности человека, раздражительности, эмоциональной нестабильности, беспричинной тревоге и даже депрессии.

Нервно-психическое утомление возникает в следующих ситуациях:

- при длительной и напряженной умственной работе, требующей усиленной концентрации внимания, решения сложных производственных задач в условиях дефицита времени;
- при тяжелом физическом труде;
- при однообразной монотонной работе;
- при труде в условиях слабой освещенности, повышенной температуры, шума и вибрации;
- при частых конфликтных ситуациях в коллективе, отсутствии интереса к работе, несоответствии психофизиологических возможностей человека характеру его трудовой деятельности.

В отличие от мышечного утомления, утомление центрального происхождения (нервно-психическое) может быстро исчезать. Это происходит, например, в ситуациях, когда один вид деятельности сменяется другим; человек попадает в стрессовые ситуации, угрожающие его жизни; если появляется новая информация, повышающая интерес к работе. Поскольку утомление в нервно-психической сфере может проходить столь быстро, это свидетельствует о том, что его первопричиной не являются ни уменьшение энергетических субстратов в нервных структурах, ни накопление в них продуктов метаболизма, ни недостаточное кровоснабжение головного мозга.

Любой вид труда не будет приводить к развитию переутомления и перенапряжения и, напротив, окажет положительное влияние на работоспособность и здоровье человека, если придерживаться физиологических принципов его рациональной организации.

### **Физиологические основы рациональной организации трудовых процессов**

**Рациональные режимы труда и отдыха.** Работоспособность человека определяется условиями его *работы* и *отдыха*. За время отдыха физиологические показатели, изменившиеся в процессе работы, должны возвратиться к исходному уровню. Поэтому среди мер физиологической рационализации трудовой деятельности ведущее место занимают *физиологически обоснованные режимы труда и отдыха*, представляющие собой систему чередования периодов работы и отдыха на протяжении рабочей смены, недели или года. Эта система регламентирует время *начала*, *продолжительность* и *содержание* периодов отдыха. Разработка рациональных режимов труда и отдыха возможна лишь на основе психофизиологических исследований функционального состояния человека в процессе труда. Правильно организованные режимы чередования периодов работы и восстановления являются одним из наиболее эффективных способов сохранения высокой работоспособности и здоровья человека.

При построении рациональных *внутрисменных* режимов труда и отдыха организаторы производства руководствуются следующими принципами:

- процесс включения в работу (фаза вработывания) занимает меньше времени при использовании специальных *активирующих воздействий* вводная гимнастика, музыкальные передачи);
- на протяжении рабочей смены необходимо устраивать *микроразрывы в работе* и регламентированные *перерывы* на отдых. В зависимости от тяжести и напряженности труда время на отдых может составлять 9-10% рабочего времени;
- регламентированные перерывы будут эффективными лишь тогда, когда они назначаются на начальных стадиях развития утомления;
- продолжительность периодов отдыха зависит от *тяжести* и *напряженности труда*.

Так, при легкой работе на конвейере длительность перерывов должна быть 5-7 мин, а при тяжелой физической работе — 20-25 мин. При особо физически тяжелых работах 15-20 минутные периоды работы необходимо чередовать с такими же по продолжительности

периодами отдыха. При работах, требующих нервного напряжения и внимания, а также точных, мелких движений пальцев в высоком темпе и в условиях повышенной монотонности, целесообразно устраивать работающим лицам частые, но короткие (5-10 мин) перерывы;

- чем тяжелее и напряженнее работа, тем ближе по времени к началу смены (или к обеденному перерыву для второй половины рабочего дня) должны быть введены регламентированные перерывы;

- во второй половине рабочего дня, в связи с более выраженным утомлением, количество перерывов на отдых должно быть больше, чем в первой половине смены;

- перерыв на обед, длительностью 40-60 мин, целесообразно предоставлять в середине рабочего дня или с отклонением от нее в пределах до одного часа;

- характер заполнения перерыва (активный или пассивный отдых, использование физических и психостимулирующих средств рекреации) зависит от вида трудовой деятельности.

**Физиологические принципы профилактики перенапряжений опорно-двигательного аппарата.** Основными *этиологическими факторами* развития перенапряжений и связанных с ними заболеваний нервно-мышечного и костно-суставного аппарата человека являются чрезмерные по интенсивности физические нагрузки (количество совершаемых за смену движений пальцев рук, величины усилий, развиваемых мышцами, вес поднимаемого груза) и нерациональная, вынужденная рабочая поза. Следовательно, оздоровительные мероприятия, направленные на предупреждение развития *переутомления* и *перенапряжения*, должны обеспечивать следующее:

- ограничение *верхнего предела энергозатрат* при глобальной, региональной или локальной мышечной работе в течение 7-8 часов соответственно 4,2; 2,8 и 1,7 ккал/мин;

- уменьшение числа движений пальцев рук (менее 80 000 за смену) и статических напряжений мышц (менее 15% максимальной произвольной силы);

- снижение величин динамических напряжений мышечного аппарата при выполнении рабочих операций;

- рациональную организацию режимов труда и отдыха с регламентированными перерывами для выполнения рекреационных процедур, ускоряющих процессы восстановления (например, массаж, гидромассаж, электростимуляция мышц);

- организацию труда в пределах оптимальной рабочей зоны для позы стоя и сидя;

- использование рабочей мебели, соответствующей антропометрическим характеристикам человека;

- смену рабочих поз и исключение их однообразия.

**Принципы профилактики зрительного утомления и перенапряжения.** Снижение *зрительного переутомления* достигается реализацией следующих рекомендаций:

- устранить пульсации освещенности рабочего места, постоянную смену полей зрения, резкие световые и цветовые контрасты, сильную освещенность, слепящие поверхности;

- при работе с дисплеями необходимо регламентировать яркость фонового свечения экрана, яркость и контрастность изображения на экране, цвет свечения экрана и высвечивания информации, частоту мельканий изображений, ширину линий. По своему усмотрению операторы должны иметь возможность изменять наклон корпуса, высоту пульта с клавиатурой, высоту экрана, расстояние от экрана до глаз, наклон экрана;

- с целью предотвращения развития перенапряжения органов зрения необходимо соблюдать правильный режим труда и отдыха, включающий распорядок и продолжительность рабочего дня, введение регламентированных перерывов в работе, сеансов релаксации, выполнение упражнений для глаз, соблюдение рекомендаций по организации активного отдыха;

- проведение окулистами отбора лиц на работу, требующую напряжения органов зрения.

**Принципы профилактики отрицательных последствий труда в условиях монотонии.** Мероприятия, способствующие ограничению развития *монотонии*, должны быть направлены

на повышение уровня активности центральной нервной системы и обеспечение работающих лиц оптимальной информационной и двигательной нагрузками. Речь идет об использовании большого комплекса организационно-технических и психофизиологических мер.

Среди них первостепенное значение имеют:

- организация работ таким образом, чтобы производственные операции имели смысловую и структурную завершенность и продолжались не менее 30 с, а межоперационные микропаузы составляли не менее 15% оперативного времени;

- внезапные ускорения темпа работы на 5-10% по 1-2 мин 2-3 раза в час;

- периодическая смена заданного темпа и ритма работы на относительно свободный;

- укрупнение производственных операций, освоение смежных операций и их чередование;

- изменения скорости движения конвейера в соответствии с динамикой работоспособности человека;

- внедрение режимов работы и отдыха, способствующих уменьшению ощущения монотонии;

- использование в качестве средств, повышающих уровень бодрствования, производственной гимнастики, музыкальных передач, дополнительной интересной информации;

- профотбор и профориентация лиц для работы в условиях монотонного труда.

**Принципы оптимизации умственного труда и труда, вызывающего нервно-психическое напряжение.** Рекомендации, ориентированные на повышение продуктивности умственного труда и снижение нервно-психического напряжения, заключаются в следующем:

- поддерживать свои профессиональные знания на уровне, достаточном для решения любых возникающих во время работы задач;

- поддерживать умеренный и постоянный уровень производственной нагрузки;

- соблюдать ритмичность в работе;

- создавать условия для формирования положительных эмоций и возможности для быстрого снятия отрицательных;

- перерывы на отдых должны быть заполнены деятельностью, снимающей психоэмоциональное напряжение (физическая активность, психологическая разгрузка, специальные психогигиенические процедуры);

- во вне рабочее время 3-4 раза в неделю по 30-40 мин выполнять физические упражнения с интенсивностью в пределах 70-75% от индивидуальной максимальной частоты сердечных сокращений.

Физиология труда изучает изменения функционального состояния организма человека в связи с трудовым процессом и условиями производственной среды.

Основной целью данного раздела гигиенической науки является изыскание мер по повышению работоспособности человека, её сохранению достаточно долго на высоком уровне, предупреждению утомления.

Физиология труда разрабатывает физиологические основы рациональной организации трудовых процессов, режимы труда и отдыха, меры по оптимизации рабочего места и т.д.

Раздел физиологии труда находится на стыке гигиены труда и общей физиологии. Это обусловлено тем, что труд, как известно, имеет не только социальную сущность, но и многие физиологические аспекты.

Любой вид трудовой деятельности представляет собой чрезвычайно сложный комплекс физиологических процессов, в которых главную роль играет ЦНС, осуществляющая координацию всех физиологических сдвигов. Очень важно определить, какие сдвиги остаются в пределах физиологических колебаний функций организма, а какие указывают на патологические изменения.

Необходимо учитывать пределы адаптационных возможностей организма также правильно оценивать физиологические изменения. Для оценки условий труда, его тяжести необходимы соответствующие критерии.



Ведущим физиологическим критерием состояния организма является потребление кислорода. При выполнении трудового процесса наблюдаются существенные сдвиги потребления кислорода. Обычно по количеству кислорода, потребляемого человеком, судят об основном обмене. На основной обмен влияют пол, возраст, состав пищи, климатические условия и др. Потребность организма в кислороде тем больше, чем тяжелее труд. Количество кислорода, необходимое для полного окисления продуктов распада в минуту, называется «кислородным запросом», а максимальное количество кислорода, которое организм может получить в минуту, обозначается как «кислородный потолок».

#### **Вопросы для самопроверки знаний:**

1. Какое известно воздействие факторов окружающей и производственной среды на человека?
2. Какие основные факторы производственной среды и их неблагоприятное влияние на организм человека?
3. Работоспособность – это...
4. Чем в физиологическом смысле характеризуется утомление и переутомление при физической и умственной работе?
5. Как происходит обеспечение устойчивости к физической и умственной нагрузке?
6. Физиологические основы монотонного труда заключаются в том, что...
7. Профилактика утомления проводится путем...
8. Что включают физиологические основы рациональной организации трудовых процессов?
9. Что предполагают рациональные режимы труда и отдыха?
10. Каковы принципы профилактики зрительного утомления и перенапряжения?
11. Перечислите принципы профилактики отрицательных последствий труда в условиях монотонии.
12. Какие известны принципы оптимизации умственного труда и труда, вызывающего нервно-психическое напряжение?

### ***Тема 9. Обеспечение комфортных условий жизнедеятельности в техносфере***

Комплекс мер по обеспечению комфортных условий труда включает большое количество конкретных действий по обустройству рабочего пространства. Традиционно при этом центральное место принадлежит мероприятиям по поддержанию оптимального микроклимата. Методы снижения неблагоприятного влияния производственного микроклимата регламентируются «Санитарными правилами по организации технологических процессов и гигиеническими требованиями к производственному оборудованию» и осуществляются комплексом технологических, санитарно-технических, организационных и медико-профилактических мероприятий.

**Профилактика неблагоприятного воздействия микроклимата.** Ведущая роль в профилактике вредного влияния высоких температур, инфракрасного излучения принадлежит **технологическим мероприятиям**: замена старых и внедрение новых технологических процессов и оборудования, способствующих оздоровлению неблагоприятных условий труда (например, замена кольцевых печей для сушки форм и стержней в литейном производстве туннельными; применение штамповки вместо поковочных работ; применение индукционного нагрева металлов токами высокой частоты и т.д.). Внедрение автоматизации и механизации дает возможность пребывания рабочих вдали от источника радиационной и конвекционной теплоты.

К группе **санитарно-технических мероприятий** относится применение коллективных средств защиты: локализация тепловыделений, теплоизоляция горячих поверхностей, экранирование источников либо рабочих мест; воздушное душирование, радиационное

охлаждение, мелкодисперсное распыление воды; общеобменная вентиляция или кондиционирование воздуха. Общеобменной вентиляции при этом отводится ограниченная роль – доведение условий труда до допустимых с минимальными эксплуатационными затратами.

Уменьшению поступления теплоты в цех способствуют мероприятия, обеспечивающие *герметичность оборудования*. Плотно подогнанные дверцы, заслонки, блокировка закрытия технологических отверстий с работой оборудования – все это значительно снижает выделение теплоты от открытых источников. Выбор теплозащитных средств в каждом случае должен осуществляться по максимальным значениям эффективности с учетом требований эргономики, технической эстетики, безопасности для данного процесса или вида работ и технико-экономического обоснования. Устанавливаемые в цехе теплозащитные средства должны быть простыми в изготовлении и монтаже, удобными для обслуживания, не затруднять осмотр, чистку, смазывание агрегатов, обладать необходимой прочностью, иметь минимальные эксплуатационные расходы. Теплозащитные средства должны обеспечивать облученность на рабочих местах не более  $350 \text{ Вт/м}^2$  и температуру поверхности оборудования не выше  $308 \text{ К}$  ( $35^\circ \text{ С}$ ) при температуре внутри источника до  $373 \text{ К}$  ( $100^\circ \text{ С}$ ) и не выше  $318 \text{ К}$  ( $45^\circ \text{ С}$ ) при температурах внутри источника выше  $373 \text{ К}$  ( $100^\circ \text{ С}$ ).

*Теплоизоляция поверхностей* источников излучения (печей, сосудов и трубопроводов с горячими газами и жидкостями) снижает температуру излучающей поверхности и уменьшает как общее тепловыделение, так и радиационное. Кроме улучшения условий труда тепловая изоляция уменьшает тепловые потери оборудования, снижает расход топлива (электроэнергии, пара) и приводит к увеличению производительности агрегатов. Следует иметь в виду, что тепловая изоляция, повышая рабочую температуру изолируемых элементов, может резко сократить срок их службы, особенно в тех случаях, когда теплоизолируемые конструкции находятся в температурных условиях, близких к верхнему допустимому пределу для данного материала. В таких случаях решение о тепловой изоляции должно быть проверено расчетом рабочей температуры изолируемых элементов. Если она окажется выше предельно допустимой, защита от тепловых излучений должна осуществляться другими способами.

Конструктивно теплоизоляция может быть мастичной, оберточной, засыпной, из штучных изделий и смешанной. Мастичная изоляция осуществляется нанесением мастики (штукатурного раствора с теплоизоляционным наполнителем) на горячую поверхность изолируемого объекта. Эту изоляцию можно применять на объектах любой конфигурации. Оберточную изоляцию изготавливают из волокнистых материалов – асбестовой ткани, минеральной ваты, войлока и др. Устройство оберточной изоляции проще мастичной, но на объектах сложной конфигурации ее труднее закреплять. Наиболее пригодна оберточная изоляция для трубопроводов. Засыпную изоляцию применяют реже, так как необходимо устанавливать кожух вокруг изолируемого объекта. Эту изоляцию используют в основном при прокладке трубопроводов в каналах и коробах, там, где требуется большая толщина изоляционного слоя, или при изготовлении теплоизоляционных панелей. Теплоизоляцию штучными или формованными изделиями, скорлупами применяют для облегчения работ.

Смешанная изоляция состоит из нескольких различных слоев. В первом слое обычно устанавливают штучные изделия. Наружный слой изготавливают из мастичной или оберточной изоляции. Целесообразно устраивать алюминиевые кожухи снаружи теплоизоляции. Затраты на устройство кожухов быстро окупаются вследствие уменьшения тепловых потерь на излучение и повышения долговечности изоляции под кожухом.

При выборе материала для изоляции необходимо принимать во внимание механические свойства материалов, а также их способность выдерживать высокую температуру. Обычно для этого применяют материалы, коэффициент теплопроводности которых при температурах  $50\text{--}100^\circ \text{ С}$  меньше  $0,2 \text{ Вт/ (м}\cdot^\circ\text{С)}$ . Многие теплоизоляционные материалы берут в их естественном состоянии, например, асбест, слюда, торф, земля, но большинство получают в результате специальной обработки естественных материалов и представляют собой различные смеси.

При высоких температурах изолируемого объекта применяют многослойную изоляцию: сначала ставят материал, выдерживающий высокую температуру (высокотемпературный слой), а затем уже более эффективный материал, с точки зрения теплоизоляционных свойств. Толщину высокотемпературного слоя выбирают с учетом того, чтобы температура на его поверхности не превышала предельную температуру следующего слоя.

*Теплозащитные экраны* применяют для локализации источников лучистой теплоты, уменьшения облученности на рабочих местах и снижения температуры поверхностей, окружающих рабочее место. Ослабление теплового потока за экраном обусловлено его поглотительной и отражательной способностью. В зависимости от того, какая способность экрана более выражена, различают теплоотражающие, теплопоглощающие и теплоотводящие экраны. По степени прозрачности экраны делят на три класса: непрозрачные, полупрозрачные и прозрачные.

К первому классу относят металлические водоохлаждаемые и футерированные асбестовые, алюминиевые экраны; ко второму – экраны из металлической сетки, цепные завесы, экраны из стекла, армированного металлической сеткой; все эти экраны могут орошаться водяной пленкой. Третий класс составляют экраны из различных стекол: силикатного, кварцевого и органического, бесцветного, окрашенного и металлизированного, пленочные водяные завесы, свободные и стекающие по стеклу, вододисперсные завесы.

При воздействии на работающего теплового облучения интенсивностью  $0,35 \text{ кВт/м}^2$  и более, а также  $0,175\text{--}0,35 \text{ кВт/м}^2$  при площади излучающих поверхностей в пределах рабочего места более  $0,2 \text{ м}^2$  применяют *воздушное душирование* (подачу воздуха в виде воздушной струи, направленной на рабочее место). Воздушное душирование устраивают также для производственных процессов с выделением вредных газов или паров и при невозможности устройства местных укрытий.

Охлаждающий эффект воздушного душирования зависит от разности температур тела работающего и потока воздуха, а также от скорости обтекания воздухом охлаждаемого тела. Для обеспечения на рабочем месте заданных температур и скоростей воздуха ось воздушного потока направляют на грудь человека горизонтально или под углом  $45^\circ$ , а для обеспечения допустимых концентраций вредных веществ ее направляют в зону дыхания горизонтально или сверху под углом  $45^\circ$ .

В потоке воздуха из душирующего патрубка должны быть по возможности обеспечены равномерная скорость и одинаковая температура. Расстояние от кромки душирующего патрубка до рабочего места должно быть не менее 1 м. Минимальный диаметр патрубка принимают равным 0,3 м; при фиксированных рабочих местах расчетную ширину рабочей площадки принимают равной 1 м.

При душировании по способу ниспадающего потока воздух подают на рабочее место сверху с минимально возможного расстояния струей большого сечения и с максимальной скоростью. Душирование по способу ниспадающего потока требует меньшего расхода воздуха и меньшей степени его охлаждения по сравнению с обычными воздушными душами, что позволяет в большинстве случаев обходиться испарительным (адиабатическим) охлаждением воздуха рециркуляционной водой. При интенсивности облучения свыше  $2,1 \text{ кВт/м}^2$  воздушный душ не может обеспечить необходимого охлаждения. В этом случае надо по возможности уменьшить облучение, предусматривая теплоизоляцию, экранирование или водовоздушное душирование. Это позволяет наряду с усилением конвективного теплообмена увеличить и теплоотдачу организма путем испарения влаги с поверхности тела и одежды. Для периодического охлаждения рабочих устраивают радиационные кабины, комнаты отдыха.

*Воздушные завесы* предназначены для защиты от прорыва холодного воздуха в помещение через проемы здания (ворота, двери и т.п.). Воздушная завеса представляет собой воздушную струю, направленную под углом навстречу холодному потоку воздуха. Она выполняет роль воздушного шибера, уменьшая прорыв холодного воздуха через проемы. Согласно СНиП 2.04.05–91 воздушные завесы необходимо устанавливать у проемов

отапливаемых помещений, открывающихся не реже, чем один раз в час либо на 40 мин одновременно при температуре наружного воздуха  $-15^{\circ}\text{C}$  и ниже.

Применяют несколько основных схем воздушных завес. Завесы с нижней подачей (рис. 1.а) наиболее экономичны по расходу воздуха и рекомендуются в том случае, когда недопустимо понижение температуры вблизи проемов. Для проемов небольшой ширины рекомендуется схема, показанная на рис. 1.б. Схему с двухсторонним боковым направлением струй (рис. 1.в) используют в тех случаях, когда возможна остановка транспорта в воротах.

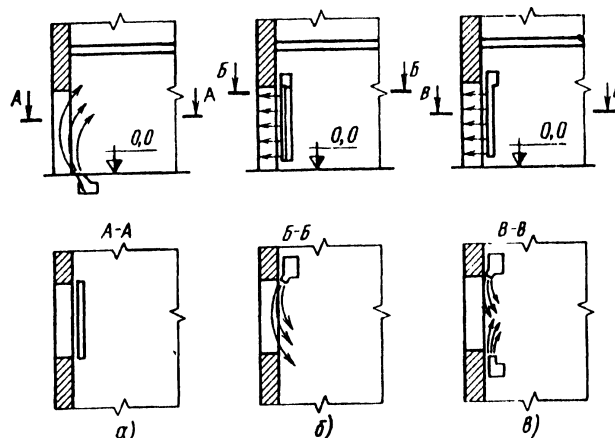


Рис. 18. Схемы воздушных завес:

а — с нижней подачей воздуха; б — односторонних; в — двухсторонних

Количество и температуру воздуха для завесы определяют расчетным путем, причем температура нагрева воздуха для воздушных завес водой принимается не более  $70^{\circ}\text{C}$ , для дверей — не более  $50^{\circ}\text{C}$ .

*Воздушные оазисы* предназначены для улучшения метеорологических условий труда (чаще отдыха на ограниченной площади). Для этого разработаны схемы кабин с легкими передвижными перегородками, которые затопляются воздухом с соответствующими параметрами.

**Мероприятия по профилактике неблагоприятного воздействия холода** должны предусматривать предупреждение выхолаживания производственных помещений, использование средств индивидуальной защиты, подбор рационального режима труда и отдыха. Спецодежда должна быть воздухо- и влагонепроницаемой (хлопчатобумажная, льняная, грубошерстное сукно), иметь удобный покрой. Для работы в экстремальных условиях (ликвидация пожаров и др.) применяют специальные костюмы, обладающие повышенной теплосветоотдачей. Для защиты головы от излучения применяют дюралевые, фибровые каски, войлочные шляпы; для защиты глаз — очки темные или с прозрачным слоем металла, маски с откидным экраном.

Важным фактором, способствующим повышению работоспособности рабочих в горячих цехах, является **рациональный режим труда и отдыха**. Он разрабатывается применительно к конкретным условиям работы. Частые короткие перерывы более эффективны для поддержания работоспособности, чем редкие, но продолжительные. При физических работах средней тяжести на открытом воздухе с температурой до  $25^{\circ}\text{C}$  внутренний режим предусматривает 10-минутные перерывы после 50-60 мин работы; при температуре наружного воздуха  $25-33^{\circ}\text{C}$  рекомендуется 15-минутный перерыв после 45 мин работы и разрыв рабочей смены на 4-5 ч на период наиболее жаркого времени.

При кратковременных работах в условиях высоких температур (тушении пожаров, ремонте металлургических печей), где температура достигает  $80-100^{\circ}\text{C}$ , большое значение имеет тепловая тренировка. Устойчивость к высоким температурам может быть в некоторой степени повышена с использованием фармакологических средств (дибазола, аскорбиновой кислоты, смеси этих веществ и глюкозы), дыхания кислорода, аэроионизации.

При нефиксированных рабочих местах и работе на открытом воздухе в холодных климатических условиях организуют специальные помещения для обогрева. При неблагоприятных метеорологических условиях – температура воздуха  $-10^{\circ}\text{C}$  и ниже – обязательны перерывы на обогрев продолжительностью 10-15 мин каждый час. При температуре наружного воздуха  $-30-45^{\circ}\text{C}$  15-минутные перерывы на отдых организуются каждые 60 мин от начала рабочей смены и после обеда, а затем через каждые 45 мин работы. В помещениях для обогрева необходимо предусматривать возможность питья горячего чая.

### Производственное освещение

Влияние освещения на условия деятельности человека. Основные светотехнические характеристики. Освещение исключительно важно для здоровья человека. С помощью зрения человек получает подавляющую часть информации (около 90 %), поступающей из окружающего мира. Свет – это ключевой элемент нашей способности видеть, оценивать форму, цвет и перспективу окружающих нас предметов. Очень часто мы считаем это само собой разумеющимся. Однако мы не должны забывать, что такие элементы человеческого самочувствия, как душевное состояние или степень усталости, зависят от освещения и цвета окружающих нас предметов. С точки зрения безопасности труда зрительная способность и зрительный комфорт чрезвычайно важны.

Очень много несчастных случаев происходит, помимо всего прочего, из-за неудовлетворительного освещения или из-за ошибок, сделанных рабочим, по причине трудности распознавания того или иного предмета или осознания степени риска, связанного с обслуживанием станков, транспортных средств, контейнеров и т.д. Свет создает нормальные условия для трудовой деятельности. Нарушения зрения, связанные с недостатками системы освещения, являются обычным явлением на рабочем месте. Благодаря способности зрения приспособляться к недостаточному освещению, к этим моментам иногда не относятся с должной серьезностью.

Свойства света как фактора эмоционального воздействия широко используются путем правильной и рациональной организации освещения. Необходимая освещенность может быть достигнута за счет регулирования светового потока источника освещения, включения и выключения части ламп в осветительных приборах, изменения спектрального состава света, применения осветительных приборов подвижной конструкции, позволяющей изменять направление светового потока.

Ощущение зрения происходит под воздействием видимого излучения (света), которое представляет собой электромагнитное излучение с длиной волны  $0,38...0,76$  мкм. Чувствительность зрения максимальна к электромагнитному излучению с длиной волны  $0,555$  мкм (желто-зеленый цвет) и уменьшается к границам видимого спектра.

Человеческий глаз различает семь основных цветов и более сотни их оттенков. Приблизительные границы длин волн (нм) и соответствующие им ощущения (цвета) следующие:

- 380-455 – фиолетовый
- 540-590 - желтый
- 455-470 – синий
- 590-610 - оранжевый
- 470–500 – голубой
- 610-770 – красный
- 500–540 – зеленый

Освещение характеризуется *количественными* и *качественными* показателями. К количественным показателям относятся:

*световой поток*  $\Phi$  – часть лучистого потока, воспринимаемая человеком как свет; характеризует мощность светового излучения, измеряется в люменах (лм). Например, у карманного фонарика  $\Phi$  около 6-10 лм, лампы накаливания – 1350 лм;

*сила света*  $J$  – пространственная плотность светового потока; определяется как отношение светового потока  $d\Phi$ , исходящего от источника и равномерно распространяющегося внутри элементарного телесного угла  $d\Omega$  (телесный угол – часть пространства, ограниченного

конусом, имеющим вершину в центре сферы и опирающимся на ее поверхность. Определяется отношением площади, которую конус вырезает на поверхности сферы к квадрату радиуса этой сферы, измеряется в стерadianах, ср, то есть, когда  $S = r^2 = 1$ ), к величине этого угла;  $J = d\Phi/d\Omega$ ; измеряется в канделах (кд). Например, для потолочного светильника I при угле падения  $5^\circ$  составляет 130 кд, при угле  $30^\circ - 90^\circ$  кд;

*освещенность E* –поверхностная плотность светового потока; определяется как отношение светового потока  $d\Phi$ , равномерно падающего на освещаемую поверхность  $dS$  ( $m^2$ ), к ее площади:  $E = d\Phi/dS$ , измеряется в люксах (лк). Например, в ясный летний день освещенность поверхности земли 80-90 тыс. лк, в пасмурный день – 5 тыс. лк;

*яркость L* поверхности под углом  $\alpha$  к нормали – это отношение силы света  $dJ_\alpha$ , излучаемой, освещаемой или светящейся поверхностью в этом направлении, к площади  $dS$  проекции этой поверхности, на плоскость, перпендикулярную к этому направлению:  $L = d\Phi/(dS \cos \alpha)$ , измеряется в кд/ $m^2$ . Гигиенически приемлема яркость до 5000 кд/ $m^2$ .

Для качественной оценки условий зрительной работы используют такие показатели как фон, контраст объекта с фоном, коэффициент пульсации освещенности, показатель освещенности, спектральный состав света.

*Фон* – это поверхность, на которой происходит различение объекта. Фон характеризуется способностью поверхности отражать падающий на нее световой поток. Эта способность (коэффициент отражения  $\rho$ ) определяется как отношение отраженного от поверхности светового потока  $\Phi_{отр}$  к падающему на нее световому потоку  $\Phi_{пад}$ ;  $\rho = \Phi_{отр}/\Phi_{пад}$ . В зависимости от цвета и фактуры поверхности значения коэффициента отражения находятся в пределах 0,02...0,95; при  $\rho > 0,4$  фон считается светлым; при  $\rho = 0,2-0,4$  - средним и при  $\rho < 0,2$  - темным.

*Контраст объекта с фоном k* – степень различения объекта и фона –характеризуется соотношением яркостей рассматриваемого объекта (точки, линии, знаки, пятна, трещины, риски или других элементов) и фона;  $k = (L_{ор} - L_о)/L_о$  считается большим, если  $k > 0,5$  (объект резко выделяется на фоне), средним при  $k = 0,2-0,5$  (объект и фон заметно отличаются по яркости) и малым при  $k < 0,2$  (объект слабо заметен на фоне).

*Коэффициент пульсации освещенности kE* –это критерий глубины колебаний освещенности в результате изменения во времени светового потока

$$kE = 100(E_{max} - E_{min}) / (2E_{cp});$$

где  $E_{max}$ ,  $E_{min}$ ,  $E_{cp}$  – максимальное, минимальное и среднее значения освещенности за период колебаний; для газоразрядных ламп  $kE = 25...65\%$ , для обычных ламп накаливания  $kE \approx 7\%$ , для галогенных ламп накаливания  $kE = 1\%$ .

*Показатель ослепленности Pо* – критерий оценки слепящего действия, создаваемого осветительной установкой,

$$P_o = 1000(V_1/V_2 - 1),$$

где  $V_1$  и  $V_2$  –видимость объекта различения соответственно при экранировании и наличии ярких источников света в поле зрения.

Экранирование источников света осуществляется с помощью щитков, козырьков и т.п.

*Видимость V* характеризует способность глаза воспринимать объект. Она зависит от освещенности, размера объекта, его яркости, контраста объекта с фоном, длительности экспозиции. Видимость определяется числом пороговых контрастов в контрасте объекта с фоном, то есть  $V = k/k_{пор}$ , где  $k_{пор}$  – пороговый или наименьший различимый глазом контраст, при небольшом уменьшении которого объект становится неразличим на этом фоне.

**Системы и виды производственного освещения.** Основные требования к производственному освещению. При освещении производственных помещений используют естественное освещение, создаваемое прямыми солнечными лучами и рассеянным светом

небосвода и меняющемся в зависимости от географической широты, времени года и суток, степени облачности и прозрачности атмосферы; искусственное освещение, создаваемое электрическими источниками света, и совмещенное освещение, при котором недостаточное по нормам естественное освещение дополняют искусственным.

Конструктивно *естественное освещение* подразделяют на боковое (одно- и двухстороннее), осуществляемое через световые проемы в наружных стенах; верхнее – через аэрационные и зенитные фонари, проемы в кровле и перекрытиях; комбинированное – сочетание верхнего и бокового освещения.

*Искусственное освещение* по конструктивному исполнению может быть двух видов – общее и комбинированное. Систему *общего освещения* применяют в помещениях, где по всей площади выполняются однотипные работы (литейные, сварочные, гальванические цехи), а также в административных, конторских и складских помещениях. Различают общее равномерное освещение (световой поток распределяется равномерно по всей площади без учета расположения рабочих мест) и общее локализованное освещение (с учетом расположения рабочих мест).

При выполнении точных зрительных работ (например, слесарных, токарных, контрольных) в местах, где оборудование создает глубокие, резкие тени или рабочие поверхности расположены вертикально (штампы, гильотинные ножницы), наряду с общим освещением применяют *местное*. Совокупность местного и общего освещения называют комбинированным освещением. Применение одного местного освещения внутри производственных помещений не допускается, поскольку образуются резкие тени, зрение быстро утомляется и создается опасность производственного травматизма.

По функциональному назначению искусственное освещение подразделяют на рабочее, аварийное и специальное, которое может быть охранным, дежурным, эвакуационным, эритемным, бактерицидным и др.

*Рабочее освещение* предназначено для обеспечения нормального выполнения производственного процесса, прохода людей, движения транспорта и является обязательным для всех производственных помещений.

*Аварийное освещение* устраивают для продолжения работы в тех случаях, когда внезапное отключение рабочего освещения (при авариях) и связанное с этим нарушение нормального обслуживания оборудования могут вызвать взрыв, пожар, отравление людей, нарушение технологического процесса и т.д. Минимальная освещенность рабочих поверхностей при аварийном освещении должна составлять 5% нормируемой освещенности рабочего освещения, но не менее 2 лк.

*Эвакуационное освещение* предназначено для обеспечения эвакуации людей из производственного помещения при авариях и отключении рабочего освещения; организуется в местах, опасных для прохода людей: на лестничных клетках, вдоль основных проходов производственных помещений, в которых работают более 50 чел. Минимальная освещенность на полу основных проходов и на ступеньках при эвакуационном освещении должна быть не менее 0,5 лк, на открытых территориях – не менее 0,2 лк.

*Охранное освещение* устраивают вдоль границ территорий, охраняемых специальным персоналом. Наименьшая освещенность в ночное время 0,5 лк.

*Сигнальное освещение* применяют для фиксации границ опасных зон; оно указывает на наличие опасности, либо на безопасный путь эвакуации.

Условно к производственному освещению относят бактерицидное и эритемное облучение помещений. *Бактерицидное облучение* («освещение») создается для обеззараживания воздуха, питьевой воды, продуктов питания. Наибольшей бактерицидной способностью обладают ультрафиолетовые лучи с  $\lambda \approx 0,254...0,257$  мкм. *Эритемное облучение* создается в производственных помещениях, где недостаточно солнечного света (северные районы, подземные сооружения). Максимальное эритемное воздействие оказывают электромагнитные

лучи с  $\lambda = 0,297$  мкм. Они стимулируют обмен веществ, кровообращение, дыхание и другие функции организма человека.

Основной задачей производственного освещения является поддержание на рабочем месте освещенности, соответствующей характеру зрительной работы. Увеличение освещенности рабочей поверхности улучшает видимость объектов за счет повышения их яркости, увеличивает скорость различения деталей, что сказывается на росте производительности труда. Так, при выполнении отдельных операций на главном конвейере сборки автомобилей при повышении освещенности с 30 до 75 лк производительность труда повысилась на 8%. При дальнейшем повышении до 100 лк – на 28%. Дальнейшее повышение освещенности не дает роста производительности.

При организации производственного освещения необходимо обеспечить равномерное распределение яркости на рабочей поверхности и окружающих предметах. Перевод взгляда с ярко освещенной на слабо освещенную поверхность вынуждает глаз переадаптироваться, что ведет к утомлению зрения и соответственно к снижению производительности труда. Световая адаптация (приспособление к увеличению яркости) может длиться 5-10 мин., темновая – от 30 минут до 2 часов. Для повышения равномерности естественного освещения больших цехов осуществляется комбинированное освещение. Светлая окраска потолка, стен и оборудования способствует равномерному распределению яркостей в поле зрения работающего.

Производственное освещение должно обеспечивать отсутствие в поле зрения работающего резких теней. Наличие резких теней искажает размеры и формы объектов различения и тем самым повышает утомляемость, снижает производительность труда. Особенно вредны движущиеся тени, которые могут привести к травмам. Тени необходимо смягчать, применяя, например, светильники со светорассеивающими молочными стеклами, при естественном освещении, используя солнцезащитные устройства (жалюзи, козырьки и др.).

Для улучшения видимости объектов в поле зрения работающего должна отсутствовать прямая и отраженная блескость. *Блескость* – это повышенная яркость светящихся поверхностей, вызывающая нарушение зрительных функций (ослепленность), то есть ухудшение видимости объектов. Блескость ограничивают уменьшением яркости источника света, правильным выбором защитного угла светильника, увеличением высоты подвеса светильников, правильном направлении светового потока на рабочую поверхность, а также изменением угла наклона рабочей поверхности. Там, где это возможно, блестящие поверхности следует заменять матовыми.

Колебания освещенности на рабочем месте, вызванные, например, резким изменением напряжения в сети, обуславливают переадаптацию глаза, приводя к значительному утомлению. Постоянство освещенности во времени достигается стабилизацией плавающего напряжения, жестким креплением светильников, применением специальных схем включения газоразрядных ламп.

При организации производственного освещения следует выбирать необходимый спектральный состав светового потока. Это требование особенно существенно для обеспечения правильной цветопередачи, а в отдельных случаях для усиления цветовых контрастов. Оптимальный спектральный состав обеспечивает естественное освещение. Для создания правильной цветопередачи применяют монохроматический свет, усиливающий одни цвета и ослабляющий другие.

Осветительные установки должны быть удобны и просты в эксплуатации, долговечны, отвечать требованиям эстетики, электробезопасности, а также не должны быть причиной возникновения взрыва или пожара. Обеспечение указанных требований достигается применением защитного зануления или заземления, ограничением напряжения питания переносных и местных светильников, защитой элементов осветительных сетей от механических повреждений и т.п.



## Промышленная вентиляция и кондиционирование

**Вентиляция** – организованный и регулируемый воздухообмен, обеспечивающий удаление из помещения загрязненного воздуха и подачу на его место свежего.

Вентиляция и кондиционирование воздуха на предприятиях создают воздушную среду, которая соответствует нормам гигиены труда. С помощью вентиляции можно регулировать температуру, влажность и чистоту воздуха в помещениях. Кондиционирование воздуха создает оптимальный искусственный климат.

Необходимость вентиляции воздуха в административных, бытовых и других помещениях вызвана:

а) технологическими процессами (использование машин и оборудования, которые в процессе эксплуатации выделяют вредные газы; распаковка, фасовка, упаковка - выделение пыли);

б) количеством работников и посетителей;

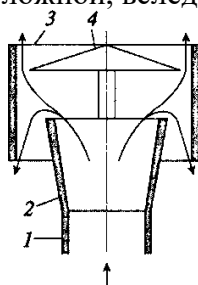
в) санитарно-гигиеническими требованиями (фармацевтическое производство требует особенной чистоты, в т.ч. и воздуха);

г) наличием источников тепловыделения (горячие поверхности оборудования, оборудование с приводом от электродвигателя, солнечная радиация, персонал, различные остывающие массы (металл, вода и др.)).

Недостаточный воздухообмен в помещениях предприятий ослабляет внимание и трудоспособность работников, вызывает нервную раздражительность, а как результат - снижает производительность и качество труда.

Различают естественную и искусственную вентиляцию. **Естественная вентиляция** обеспечивает воздухообмен в помещениях в результате действия ветрового и теплового напоров, получаемых из-за разной плотности воздуха снаружи и внутри помещений. Естественная вентиляция подразделяется на организованную и неорганизованную.

Организованная естественная вентиляция осуществляется аэрацией или дефлекторами. *Аэрация* предусматривает бесканальный обмен воздуха через окна, форточки, фрамуги, откидные поверхности стекол и т.п. Ее преимущество - возможность осуществлять большие воздухообмены без затрат механической энергии. Недостаток – летом ее эффективность падает из-за повышения температуры наружного воздуха. *Дефлекторная вентиляция* – через каналы и воздухопроводы, имеющие специальные насадки (рис. 19). Их действие основано на том, что при обтекании насадки ветром на наветренной стороне создается более высокое давление, чем на противоположной, вследствие чего происходит воздухообмен.



**Рис. 19. Принципиальная схема дефлектора**

1- патрубок, 2 – диффузор, 3 - цилиндрическая обечайка, 4 - зонт

Неорганизованная естественная вентиляция осуществляется через неплотности конструкций (окон, дверей, поры стен). Она вызывается разностью температур воздуха в помещении и снаружи, а также перемещением воздуха при ветре.

**Искусственная вентиляция (механическая)** достигается за счет работы вентиляторов или эжекторов. Она может быть приточной (нагнетательной), вытяжной (отсасывающей) и приточно-вытяжной.

Механическая вентиляция по сравнению с естественной имеет ряд преимуществ: большой радиус действия вследствие значительного давления, создаваемого вентилятором; возможность

изменять или сохранять необходимый воздухообмен независимо от температуры наружного воздуха и скорости ветра; подвергать вводимый в помещение воздух предварительной очистке, осушке или увлажнению, подогреву или охлаждению; организовывать оптимальное воздухораспределение с подачей воздуха непосредственно к рабочим местам; улавливать вредные выделения непосредственно в местах их образования и предотвращать их распространение по всему объему помещения, а также возможность очищать загрязненный воздух перед выбросом его в атмосферу. К недостаткам механической вентиляции следует отнести значительную стоимость сооружения и эксплуатации ее и необходимость проведения мероприятий по борьбе с шумом.

При *приточной вентиляции* подачу воздуха осуществляет вентиляционный агрегат, а удаление воздуха - фанеры или дефлекторы. Она применяется, как правило, в помещениях, в которых наблюдается избыток тепла и малая концентрация вредных веществ.

*Вытяжная вентиляция* производит откачку воздуха из помещений при помощи вентиляционного агрегата. Она используется для вентиляции помещений, имеющих в воздухе большую концентрацию вредных веществ, а также влаги и тепла.

*Приточно-вытяжная система вентиляции* осуществляется с помощью отдельных вентиляционных систем, которые должны обеспечить одинаковое количество подаваемого и удаляемого из помещений воздуха. В помещениях, где постоянно выделяются вредные вещества, вытяжная вентиляция должна превышать нагнетательную примерно на 20%. В этих случаях вытяжка производится из мест скопления вредных веществ, а подача чистого воздуха – на рабочие места.

По назначению различают общеобменную, местную и смешанную вентиляцию. **Общеобменная вентиляция** обеспечивает обмен воздуха всего помещения, а **местная** – отдельных рабочих мест. **Смешанная** сочетает элементы первых двух и удаляет, например, вредные вещества из кожухов и укрытий машин (местная) и часть веществ, поступивших в помещение через неплотности (общеобменная).

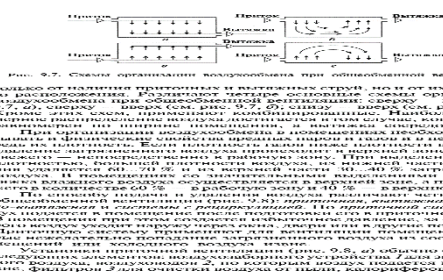


Рис. 20. Схемы организации воздухообмена при общеобменной вентиляции

Различают четыре основные схемы организации воздухообмена при общеобменной вентиляции: сверху – вниз (рис. 20, а), сверху-вверх (см. рис. 20, б); снизу-вверх (см. рис. 20, в); снизу – вниз (рис. 20 г). Кроме этих схем, применяют комбинированные. Наиболее равномерное распределение воздуха достигается в том случае, когда приток равномерен по ширине помещения, а вытяжка сосредоточена. При организации воздухообмена в помещениях необходимо учитывать и физические свойства вредных паров и газов и в первую очередь их плотность. Если плотность газов ниже плотности воздуха, то удаление загрязненного воздуха происходит в верхней зоне, а подача свежего – непосредственно в рабочую зону. При выделении газов с плотностью, большей плотности воздуха, из нижней части помещения удаляется 60...70% и из верхней части 30...40% загрязненного воздуха. В помещениях со значительными выделениями влаги вытяжка влажного воздуха осуществляется в верхней зоне, а подача свежего в количестве 60% – в рабочую зону и 40% – в верхнюю зону.

Преимущественно используется приточно-вытяжную с механическим побуждением (рис. 21).

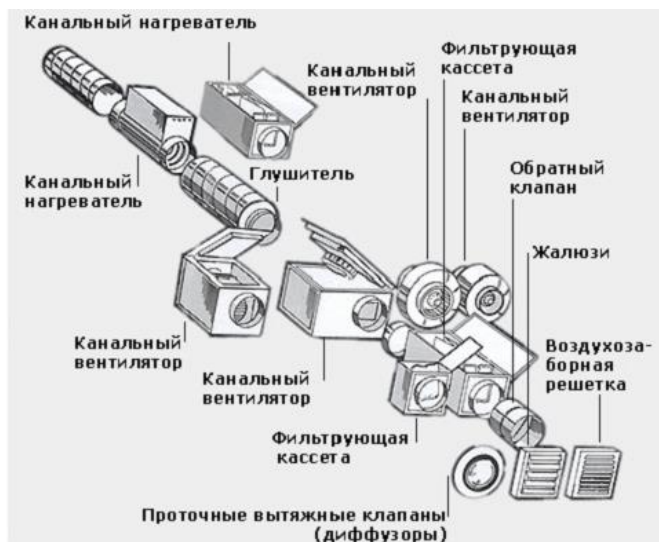


Рис. 21. Комплектация систем вентиляции

В отдельных производственных помещениях, в которых существует опасность прорыва большого количества вредных веществ за короткое время, устанавливают дополнительную аварийную вентиляцию. Для аварийной вентиляции используют высокопроизводительные осевые вентиляторы, которые устанавливают в специальных нишах. В настоящее время используют аварийную вентиляцию с автоматическим включением с одновременной подачей звукового сигнала.

Для обеспечения необходимых условий труда важное значение имеет кратность воздухообмена, мощность вентиляционных систем и выбор их типа.

Объемом вентиляции называют количество воздуха (в куб.м), которое поступает в помещение в течение часа. Минимальная норма поступления наружного воздуха в помещение 30 куб.м/ч на взрослого человека и 20 куб.м/ч – на ребенка. Кратность воздухообмена показывает, сколько раз в течение часа меняется воздух в помещении. При кратности воздухообмена менее 0,5 в час человек испытывает чувство духоты в жилом помещении. В соответствии с требованиями существующих нормативов кратность воздухообмена зависит от вида производства, а в жилых домах должна быть (в жилых комнатах) – 0,5-1,0; в кухнях – 3,0 кратный обмен в час.

Основными характеристиками вентиляционных систем являются: производительность по воздуху – от десятков до тысяч куб.м/ч; напор воздуха или статическое давление (кПа); мощность калорифера (необходим в приточных вентиляционных установках для подогрева уличного воздуха в зимнее время) - от единиц до сотни кВт; уровень шума (дБ).

Выбор конкретных параметров зависит от размера, расположения и назначения вентилируемых помещений, количества находящихся там людей.

Эффективность вентиляции - это величина, показывающая, как быстро загрязнённый воздух удаляется из помещения. Она определяется отношением концентрации вредных примесей, содержащихся в вытяжном воздухе к концентрации вредных примесей в помещении. Эффективность вентиляции часто используется для качественной оценки способности системы обеспечивать комфортные условия по чистоте воздуха. Данный показатель находится в зависимости от геометрии помещения, взаиморасположения приточных и вытяжных отверстий и плотности распределения источников вредных примесей в помещении.

**Кондиционирование воздуха** – это создание и поддержание в закрытых помещениях определенных параметров воздушной среды по температуре, влажности, чистоте, составу, скорости движения и давлению воздуха. Параметры воздушной среды должны быть благоприятными для человека и устойчивыми. Кондиционирование воздуха достигается

системой технических средств, служащих для приготовления, перемещения и распределения воздуха, а также автоматического регулирования его параметров. Современные автоматические кондиционерные установки очищают воздух, подогревают или охлаждают его, увлажняют или высушивают в зависимости от времени года и других условий, подвергают ионизации или озонированию, а также подают его в помещения с определенной скоростью.

Основные элементы систем кондиционирования – калориферы, фильтр, холодильные установки, увлажнители, терморегуляторы и другие приборы, регулирующие работу кондиционерных установок. Установки для кондиционирования воздуха подразделяют на *местные* (для отдельных помещений) и *центральные* (для всех помещений здания).

Кондиционирование воздуха все чаще применяют в жилых помещениях, общественных зданиях, лечебных учреждениях и торговых предприятиях, а также во многих технологических процессах, при которых не допускаются колебания температуры и влажности воздуха (особенно в радиоэлектронике).

### Критерии безопасности техносферы

Для контроля уровня влияния негативных факторов используют критерии безопасности.

**Критериями безопасности** техносферы являются ограничения, вводимые на концентрации веществ и потоки энергий в жизненном пространстве.

Концентрации регламентируют, исходя из предельно допустимых значений концентраций этих веществ в жизненном пространстве:

$$C_i < ПДК_i$$

где  $C_i$  – концентрация  $i$ -го вещества в жизненном пространстве;

ПДК – предельно допустимая концентрация  $i$ -го вещества в жизненном пространстве.

При одновременном присутствии в атмосферном воздухе нескольких вредных веществ, обладающих однонаправленным действием, их концентрации должны удовлетворять условию в виде:

$$C_1/ПДК_1 + C_2/ПДК_2 + \dots + C_n/ПДК_n < 1.$$

Для потоков энергии допустимые значения устанавливаются соотношениями:

$$I_i < ПДУ_i$$

где  $I_i$  – интенсивность  $i$ -го потока энергии;

ПДУ $_i$  – предельно допустимая интенсивность потока энергии.

Гигиеническое регламентирование (установление допустимых воздействий) неблагоприятных производственных факторов появилось в связи с увеличивающейся опасностью вредного действия веществ, обусловленной развитием промышленности и расширением химического производства.

Одним из наиболее значимых нормативных показателей является предельно допустимая концентрация, **ПДК** – такая концентрация вредного вещества, при которой его воздействие на организм человека периодически или в течение всей жизни прямо или опосредованно через экологические системы не вызывает соматических (телесных) или психических заболеваний (в том числе, скрытых) или изменения в состоянии здоровья, выходящего за пределы приспособительных физиологических реакций, обнаруживаемых современными методами исследований сразу или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

ПДК служат основой для проектирования производственных зданий, вентиляции и оборудования, а также юридической основой предупредительного и текущего санитарного надзора и основанием для оценки эффективности оздоровительных мероприятий.

Само определение ПДК содержит обоснование для изменения ранее принятых величин. При получении новых данных о токсичности уже регламентированного вредного вещества ПДК пересматриваются.

Например, для бензола ПДК менялась 4 раза:

100 мг/м<sup>3</sup> – 1930 г.;

50 мг/м<sup>3</sup> – 1954 г.;

20 мг/м<sup>3</sup> – 1963 г.;

5 мг/м<sup>3</sup> – с 1971 г.

В настоящее время в нашей стране действует более 1900 ПДК вредных химических веществ для водоемов, более 500 для воздуха и более 130 для почв. Их устанавливают на основании комплексных исследований и постоянно контролируют гидрометеорологическими службами Госсанэпиднадзора. Дополнительные списки ПДК, утвержденные главным санитарным врачом России издаются систематически 2-3 раза в год.

Выделяют следующие виды нормативов:

**ПДК<sub>р.з</sub>** – предельно допустимая концентрация токсиканта в воздухе рабочей зоны (зона высотой до 2 м над уровнем пола или площади, на которой находятся места постоянного или временного пребывания работающих), мг/м<sup>3</sup>;

**ПДК<sub>с.с</sub>** – среднесуточная предельно допустимая концентрация токсиканта в воздухе населенных мест, мг/м<sup>3</sup>;

**ПДК<sub>м.р</sub>** – максимальная разовая предельно допустимая концентрация токсиканта в воздухе населенных мест, мг/м<sup>3</sup>;

**ОБУВ** – ориентировочный безопасный уровень максимального разового воздействия химического вещества в воздухе населенных мест, мг/м<sup>3</sup>;

**ПДВ<sub>водн</sub>** – предельно допустимая концентрация загрязнителей в водоемах различных типов: хозяйственно-питьевых (**ПДК<sub>х.п</sub>**) культурно-бытовых (**ПДК<sub>к.б</sub>**), рыбохозяйственных (**ПДК<sub>р.х</sub>**), мг/дм<sup>3</sup>;

**ПДК<sub>п</sub>** – предельно допустимая концентрация загрязнителей в почве, мг/кг массы почвы.

ПДК<sub>м.р</sub> устанавливается для веществ, которые оказывают немедленное, но временное раздражающее действие на организм за 20-минутный период. Для веществ, накопление которых в организме вредно, устанавливают ПДК<sub>с.с</sub>. При этом имеются в виду среднесуточные концентрации за год, а не за сутки. Например, ПДК<sub>с.с</sub> для свинца установлена из расчета предотвращения накопления в организме такого его количества за 70 лет жизни человека, при котором начинает проявляться его отрицательное действие в виде сужения сосудов, разрушения нервной системы и других явлений. Так, если концентрация свинца в атмосферном воздухе в отдельные сутки значительно превышает ПДК<sub>с.с</sub>, равную 0,0003 мг/м<sup>3</sup>, то это не является нарушением санитарных норм при условии, что в среднем за год она выдерживается в пределах указанного нормального значения.

Для веществ с немедленным повреждающим действием, а также вызывающих патологические изменения при накоплении в организме, устанавливают ПДК<sub>м.р</sub> и ПДК<sub>с.с</sub>. При этом, если порог разового воздействия вещества на организм больше порога среднесуточного воздействия, то для вещества устанавливаются различные величины ПДК<sub>м.р</sub> и ПДК<sub>с.с</sub>. Например, для оксида углерода (II) ПДК<sub>м.р</sub> = 5 мг/м<sup>3</sup>, а ПДК<sub>с.с</sub> = 3 мг/м<sup>3</sup>.

Загрязнения в атмосфере воздействуют на все население, включая детей и пожилых, при этом возможно непрерывное поступление вещества на протяжении всех суток. Этим обусловлены более строгие требования к ПДК, и поэтому устанавливаются более низкие их значения в атмосферном воздухе по сравнению с таковыми в рабочей зоне.

Следует отметить, что рыбохозяйственные ПДК для ряда моющих средств в 3 раза ниже санитарных, нефтепродуктов в 6 раз (0,05 и 0,3 соответственно, при концентрации выше 0,1 рыба принимает нефтяной запах, неустранимый ни при каких мерах обработки), тяжелых металлов, цинка, в сто раз. Это связано с тем, что при переходе по трофическим цепям происходит биологическое накопление ядов до опасных для жизни количеств.

ПДК и ПДУ лежат в основе определения предельно допустимых выбросов (сбросов) или предельно допустимых потоков энергии для источников загрязнения среды обитания.

Предельно допустимые выбросы (сбросы) и предельно допустимые излучения энергии источниками загрязнения среды обитания являются *критериями экологичности* источника воздействия на среду обитания.

В тех случаях, когда потоки масс и/или энергий от источника негативного воздействия в среду обитания могут нарастать стремительно и достигать чрезмерно высоких значений, в качестве *критерия безопасности* принимают допустимую вероятность (риск) возникновения подобного события.

В настоящее время сложились представления о величинах приемлемого (допустимого) и неприемлемого риска. Неприемлемый риск имеет вероятность реализации негативного воздействия более  $10^{-3}$ , приемлемый – менее  $10^{-6}$ . При значениях риска от  $10^{-3}$  до  $10^{-6}$  принято различать переходную область значений риска.

Необходимым фактором *для профилактики переутомления работников* является санитарное благоустройство производственных помещений (объем помещений, микроклиматические условия, вентиляция, освещенность, эстетическое оформление).

Потребности в чистом наружном воздухе для помещений регламентируются СНиП 2.04.05-91, в частности, обязательными приложениями 17 и 19.

Параметры микроклимата оказывают непосредственное влияние на тепловое состояние человека. Например, понижение температуры и повышение скорости движения воздуха, способствует усилению конвективного теплообмена и процесса теплоотдачи при испарении пота, что может привести к переохлаждению организма. При повышении температуры воздуха возникают обратные явления.

Обеспечение комфортных условий труда – большая тема, которая требует не одной лекции, а целого отдельного курса обучения.

#### **Вопросы для самопроверки знаний:**

1. Что включает профилактика неблагоприятного воздействия микроклимата?
2. Что предполагают технологические мероприятия в плане обеспечения комфорта труда?
3. Санитарно-технические мероприятия по обеспечению комфортных условий труда предполагают...
4. Мероприятия по профилактике неблагоприятного воздействия переохлаждения и перегревания включают...
5. Каковы основные требования к производственному освещению?
6. Промышленная вентиляция и кондиционирование – это...
7. Что предполагают рациональные режимы труда и отдыха?
8. Как проводится профилактика переутомления работников?
9. Какие известны критерии безопасности техносферы?

## Заключение

В каждом виде трудового процесса есть элементы физического труда — труда, при котором совершается мышечная нагрузка, и элементы умственного труда. Для объективной оценки организации производства, объективного назначения льгот и компенсаций, очередности оздоровительных мероприятий, для регламентации режимов труда и отдыха и для многих других целей было предложено в каждом виде трудовой деятельности различать тяжесть и напряженность. Соответственно всякий труд классифицируется по его тяжести (4-6 категорий или групп) и по напряженности (4-6 категорий или групп).

Тяжесть работы — это фактически физиологическая стоимость работы. Тяжесть работы характеризует мышечные усилия (нагрузку на скелетные мышцы). Ее величина определяется энергетическими затратами организма, мощностью внешней работы или величиной статического усилия, требуемого при выполнении данной работы, массой и расстоянием перемещения груза, рабочей позой и характером рабочих движений, а также степенью напряжения физиологических функций (судя по данным частоты сердечных сокращений, проценту снижения выносливости, степени утомления), плотности загруженности рабочего дня.

Физиология труда - это раздел физиологии человека, изучающий физиологические процессы и особенности их регуляции во время трудовой деятельности человека с целью физиологического обоснования путей и средств организации труда, способствующих длительному поддержанию работоспособности на высоком уровне, сохранению творческого долголетия и здоровья трудящихся.

Физиология труда – это раздел физиологии, изучающий изменения функционального состояния организма человека под влиянием его трудовой деятельности, вырабатывающий методы и средства организации труда, обеспечивающие высокую работоспособность и сохранение здоровья.

С физиологией труда тесно связаны:

- эргономика - наука, изучающая условия трудовых процессов, наиболее соответствующих возможностям и требованиям человеческого организма с точки зрения анатомии, антропологии, физиологии, психологии, гигиены;
- научная организация труда - процесс улучшения условий труда для экономии рабочего времени.

С физиологической точки зрения во время труда происходят затраты физической и умственной энергии человека, что само по себе человеку необходимо и полезно. Но во вредных условиях (или при чрезмерном напряжении сил) могут формироваться и проявляться негативные последствия.

Физиологическая цена - это стоимость деятельности (профессиональной, бытовой, спортивной или рекреационной), которая определяется как величина функциональных сдвигов в организме по сравнению с состоянием покоя.

Физиологическая стоимость работы (ФСР) – это объем затрат функциональных резервов организма, которые необходимы для выполнения конкретного вида труда. Этот термин отражает тот факт, что выполнение любой работы связано с затратами энергетических и нервно-психических ресурсов. В случае физических видов труда эти ресурсы проявляются в форме мышечной работы, при умственном - интеллектуальных и эмоциональных.

Физиологическая стоимость работы - объем затрат функциональных ресурсов организма, необходимых для выполнения данного вида работы; проявляется в функциональном напряжении организма при труде (рабочем напряжении).

Все эти понятия являются обобщающими по темам учебника и они важны для понимания физиологических особенностей трудовой деятельности человека.



## Литература

1. Безопасность жизнедеятельности: В 2 ч. Ч. 2: Физиология труда: Учеб. пособие/В.А. Козловский, В.В. Розенблат, М.В. Северин, Т.Ф. Турова. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2003. - 63 с.
2. Зобов В.В. Физиология и охрана труда (конспект лекций)/В.В. Зобов. – Казань: Казан. ун-т, издание 2-е дополненное. 2014. – 50 с <https://core.ac.uk/download/pdf/197369049.pdf>
3. Лукьянова Т.В. Психофизиология профессиональной деятельности и безопасность труда персонала. Учебно-практическое пособие / Т.В. Лукьянова, Т.В. Сувалова, С.И. Ярцева. - М.: Проспект, 2019. – 72 с.
4. Макарова-Землянская Е.Н. Охрана труда. Физиология человека: учебное пособие для студентов всех специальностей/Е.Н. Макарова-Землянская, В.Г. Стручалин, Е.Ю. Нарусова; Российский университет транспорта (РУТ (МИИТ)), Кафедра «Управление безопасностью в техносфере». – М.: Российский университет транспорта (РУТ (МИИТ)), 2021. – 130 с.: ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=703273> (дата обращения: 17.07.2024).
5. Психофизиология труда. Учебник – Эл. изд. - Электрон. текстовые дан. (1 файл pdf: 128 с.). - Чвякин В.А. 2021. – Режим доступа: <http://scipro.ru/conf/Psychophysiology.pdf>  
Сист. требования: Adobe Reader; экран 10'. ISBN 978-1-7948-3964-9
6. Рыбников О.Н. Психофизиология профессиональной деятельности/О.Н. Рыбников. - М.: Академия, 2010. - 317 с.
7. Руководство по физиологии труда: учебное пособие / О.А. Ведясова; Федеральное агентство по образованию. - Самара: Изд-во «Самарский университет», 2008. -132 с.  
<http://repo.ssau.ru/bitstream/Uchebnye-izdaniya/Rukovodstvo-po-fiziologii-truda-Elektronnyi-resurs-ucheb-posobie-76477/1/%D0%92%D0%B5%D0%B4%D1%8F%D1%81%D0%BE%D0%B2%D0%B0%20%D0%9E.%D0%90.%20%D0%A0%D1%83%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE.pdf>
8. Руководство по физиологии труда/Под ред. З.М. Золиной, Н.Ф. Измерова. – М.: Медицина, 1983. – 528 с.  
[file:///C:/Users/P207D/Downloads/\[Zolina\\_Z.M.,\\_Izmerov\\_N.F.\]\\_Rukovodstvo\\_po\\_fiziolo\(libcats.org\)%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/P207D/Downloads/[Zolina_Z.M.,_Izmerov_N.F.]_Rukovodstvo_po_fiziolo(libcats.org)%20(1).pdf)
9. Строев В.П. Физиология трудовой деятельности/В.П. Строев. - Изд. 2-е, испр. и доп. - Иваново, 2021. - 88 с.
10. Ушаков И.Б. Физиология труда и надежность деятельности человека/И.Б. Ушаков, Ю.А. Кукушкин, А.В. Богомолов; под ред. А.И. Григорьева; Российская акад. наук, Отд. биол. наук. – М.: Наука, 2008. – 316 с.



# ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В.А. Чвякин

Учебник

**Главный редактор:** Краснова Наталья Александровна – кандидат экономических наук, доцент, руководитель НОО «Профессиональная наука»

**Технический редактор:** Канаева Ю.О.



ISBN 978-5-907607-77-4



9 785907 607774 >

Усл. печ. л 9,2  
Объем издания 1,5 МВ  
Оформление электронного издания:  
НОО Профессиональная наука, mail@scipro.ru  
Дата размещения: 30.07.2024 г.  
URL: [http://scipro.ru/conf/labor\\_activity7\\_24.pdf](http://scipro.ru/conf/labor_activity7_24.pdf)