

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра физиологии человека и животных

О.А. Ведясова

РУКОВОДСТВО ПО ФИЗИОЛОГИИ ТРУДА

*Утверждено Редакционно-издательским советом
университета в качестве учебного пособия*

Самара
Издательство «Самарский университет»
2008

УДК 612.766.1

ББК 28.903

В 26

Рецензент: зав. кафедрой нормальной физиологии Самарского государственного медицинского университета д-р мед. наук, проф. В.Ф. Пятин

Ведясова О.А.

В26 **Руководство по физиологии труда:** учебное пособие / О.А. Ведясова; Федеральное агентство по образованию. – Самара: Изд-во «Самарский университет», 2008. – 132 с.

Учебное пособие содержит современные сведения по теории и методологии физиологии трудовой деятельности. В первом разделе рассмотрены классификация функциональных состояний, уровни физиологических резервов организма человека, детерминанты и динамика работоспособности, механизмы профессиональной адаптации. Также представлены сведения об организации физиологической службы на производстве и принципах профессионального отбора. Во втором разделе описаны методические подходы к изучению изменений физиологических функций и психофизиологических свойств организма при разных видах трудовых нагрузок. Третий раздел представлен тезаурусом, содержащим характеристику основных понятий и категорий физиологии труда.

Учебное пособие предназначено для студентов-биологов, специализирующихся по физиологии человека и животных, а также может быть полезным студентам других специальностей, интересующимся вопросами физиологии труда и спорта, физиологии адаптационных процессов, психологии труда.

УДК 612.766.1

ББК 28.903

- © Ведясова О.А., 2008
- © Самарский государственный университет, 2008
- © Оформление. Издательство «Самарский университет», 2008

РАЗДЕЛ 1

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФИЗИОЛОГИИ ТРУДА

1.1. ПРЕДМЕТ И ЗАДАЧИ ФИЗИОЛОГИИ ТРУДА

Физиология труда (физиология трудовой деятельности, физиология трудовых процессов) – наука, изучающая закономерности протекания физиологических функций организма и их регуляцию у человека в ходе различных видов труда.

Физиология труда является одной из наиболее сложных научно-прикладных отраслей физиологии человека, поскольку, с одной стороны, должна изучать функции организма работающих людей с целью решения задач, связанных с оптимизацией режимов и условий трудовой деятельности, а с другой – разрабатывать вопросы, касающиеся повышения её производительности и социальной эффективности.

Появление новых технологий и создание автоматизированных систем существенным образом изменяют характер труда человека. Основными его задачами становятся контроль процессов управления, принятие решений в нестандартных ситуациях, дублирование техники и т.д. Это приводит к закономерному обострению проблемы взаимодействия человека и техники, требует разработки теоретически обоснованных и методически апробированных подходов к анализу физиологических аспектов новых видов труда.

Поэтому по-прежнему актуальными остаются инженерно-психологические задачи физиологии труда, например совершенствование средств коммуникации в системах «человек – машина». Но, вместе с тем, на современном этапе развития науки и техники круг задач физиологии трудовой деятельности заметно расширяется, она постепенно переходит от изучения рабочих операций и целенаправленного анализа физиологических сторон отдельных профессий и форм труда к общей характеристике функционального состояния организма различных специалистов, изучению механизмов профессиональной адаптации.

Особое внимание в рамках физиологии труда исследователи уделяют проблеме стресса работающего человека и изучению его биоритмологических особенностей. В связи с увеличением доли информационного и психического компонентов профессиональных нагрузок в настоящее время физиология труда интенсивно разрабатывает проблемы умственной деятельности: исследует механизмы умственного труда, динамику умственной работоспособности, закономерности нервно-психического утомления.

По мере развития цивилизации человек вынужден осваивать новые территории с экстремальными экологическими условиями, в которых приходится не просто жить, но и работать. Несомненно, экологические факторы влияют на продолжительность, мощность и переносимость мышечных нагрузок, а также создают дополнительную напряженность функционального состояния организма при выполнении умственной работы. Поэтому для понимания механизмов адаптации человека к нагрузкам в процессе труда необходимо выделять факторы, лимитирующие тот или иной вид деятельности, и учитывать их взаимосвязь не только с микроклиматическими производственными, но и экологическими условиями окружающей среды. В связи с этим в современной физиологии труда всё больше внимания отводится решению задач, связанных с разработкой экологических аспектов профессиональной деятельности человека. Исходя из того, что труд человека проходит в самых разнообразных производственных, климато-географических и экологических условиях, физиологию трудовой деятельности с полным правом можно рассматривать как часть экологической физиологии человека.

1.2. ТРУДОВАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ И ЕЕ ВИДЫ

Категория *деятельности* является важнейшей в системе эргономических знаний, а *трудовая деятельность* – базовое понятие в физиологии труда. В широком смысле слова деятельность – это специфически человеческая форма отношения к окружающему миру; её содержание заключается в целесообразном изменении и преобразовании этого мира.

С позиций физиологии трудовую деятельность, вероятно, следует рассматривать как специфическую работу организма, выполняемую, в первую очередь, опорно-двигательным аппаратом и нервной системой. Однако для полноценного осуществления трудовой деятельности в той или иной степени необходимо участие всех функциональных систем организма. Труд осуществляется в виде различных форм деятельности – производственной, предметно-практической, познавательной, управляющей.

Применение сил и способностей человека в его трудовом поведении называется *работой*, которая всегда выполняется с определённой трудовой нагрузкой (К.М. Смирнов, 1981). *Трудовая нагрузка* – это количественная характеристика труда, учитывающая его интенсивность и длительность (В.В. Розенблат, 1975; Ю.Г. Солонин, 1980). Качественная структура трудовой нагрузки определяется соотношением её компонентов – физического (мышечного), мыслительного (умственного), психического, информационного и эмоционального.

В каждой конкретной форме трудовой деятельности один из компонентов является преобладающим, в связи с чем специалисты традиционно

выделяли два основных вида труда (или работы) – физический и умственный. Это деление довольно условно, поскольку любая деятельность содержит все три указанных выше компонента, причем они всегда взаимосвязаны. Так, занимаясь физической работой, человек всегда одновременно выполняет определенную умственную нагрузку, что сопровождается известной степенью нервно-психического напряжения.

Степень умственного напряжения и сопутствующие ему вегетативные сдвиги в организме зависят от мотивации к деятельности и неопределённости внешней среды, в которой она осуществляется. Кроме того, рабочий в современном производстве все более освобождается от трудоёмких транспортных и других обязанностей, требующих физического напряжения. Для рабочего основными становятся функции контроля и управления, что означает увеличение доли умственного компонента трудовой деятельности и возрастание нагрузки на психику человека. Конкретные примеры неодинаковой степени загруженности человека умственным трудом (*степени напряжённости*) при некоторых видах деятельности (профессиональной, бытовой) приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1

Степень загруженности человека умственным трудом (степень напряжённости) при некоторых видах деятельности

Вид деятельности	Степень психической напряженности, %
Уборка, мытьё пола, вытирание пыли	9
Ручная нарезка резьбы	13
Работа на строгальном станке	15
Нарезка резьбы на станке	25
Управление автомобилем на спокойной дороге	35
Работа средней сложности на токарном станке	52
Управление автомобилем в крупном городе	59
Печатание на пишущей машинке	73
Расстановка карточек в алфавитном порядке	90
Чтение с пониманием смысла	100

На основании соотношения трудовых нагрузок, составляющих профессиональную деятельность специалистов, Г. Леман (1967) предложил классификацию, которая подразделяет трудовые процессы на три вида:

- преимущественно физическая работа;
- преимущественно умственная работа, требующая напряжения внимания, активации мышления и других психических функций;

– работа, сопровождающаяся выраженным эмоциональным, нервно-психическим напряжением.

Классификация форм труда

Несмотря на существенное преобразование трудовой деятельности, на современном этапе всё еще можно выделить шесть её классических форм.

1. Труд, требующий значительной мышечной активности (тяжёлый, ручной физический труд). Характеризуется высокой физиологической ценой, большими энерготратами за счёт неоптимальной нагрузки на скелетные мышцы, социальной неэффективностью и, в целом, отрицательными последствиями для организма.

2. Механизированный труд (обработка предмета труда осуществляется не руками, а средствами механизации). Сюда относятся все виды станочных работ. Механизированный труд характеризуется снижением роли мышечного компонента и усложнением программы действий работника.

3. Труд, связанный с полуавтоматическим и автоматическим производством. Характеризуется расширением механизации вплоть до замены работы человека работой машин, то есть автоматизацией труда; примером является труд операторов-наладчиков станков-полуавтоматов и «станков-роботов» (автоматов);

4. Групповые формы труда (пространственное объединение рабочих, выполняющих последовательные циклы обработки предмета труда). К этой категории относятся работы, выполняемые на конвейерном и поточном производствах. Конвейерное производство отличается высокой производительностью, но при этом оказывает негативное влияние на организм, вызывая значительное утомление, монотонию и развитие гиподинамического синдрома.

5. Труд, связанный с дистанционным управлением, или операторский труд. Это такой вид деятельности, в которой информация, воспринимаемая работником, полностью или частично закодирована, выполняемые действия сведены к «микродвижениям», управляющим автоматизированными техническими устройствами, или к речевым реакциям. Принято выделять две формы операторской деятельности – управление процессами, требующими частых и активных действий оператора, и управление, связанное с редкими действиями оператора.

6. Умственный труд (разнообразные формы интеллектуальной деятельности, связанные и не связанные с материальным производством). В эту группу входят управленческий труд, творческий труд, труд медицинских работников, труд учащихся и студентов. Отдельные исследователи в качестве одной из форм умственного труда рассматривают диспетчерско-операторский труд, связанный с управлением машинами, оборудованием,

технологическими процессами. К данной категории относят операторов-наблюдателей, операторов-технологов, телевизионных режиссёров, операторов и их ассистентов.

1.3. ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ЦЕНА ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Понятие «*физиологическая цена*» или «*стоимость*» деятельности (профессиональной, а также бытовой, спортивной или рекреационной) возникло на базе того факта, что любое проявление активности организма сопровождается расходом энергии и субъективным ощущением некоторого напряжения. Исходя из сказанного, любую трудовую деятельность можно рассматривать как возобновляемую трату ресурсов, но при этом следует иметь в виду, что трудовая деятельность одновременно является одним из источников восстановления и наращивания резервных возможностей организма. Цену деятельности в общем виде можно представить как величину функциональных сдвигов в организме по сравнению с состоянием покоя, возникающих до начала деятельности (в процессе опережающей регуляции, то есть условно-рефлекторно), в процессе самой деятельности, а также после её окончания (как следовой эффект деятельности).

Факторы, определяющие физиологическую цену работы

Физиологическая стоимость работы, выполняемой представителем конкретной профессии, зависит от внутренних и внешних условий деятельности.

Внутренние условия, отражающие индивидуальные особенности организма, можно подразделить на относительно *стабильные* (например, генетические задатки и приобретённые свойства, уровень общей тренированности, степень адаптации к условиям среды и данной деятельности и т.п.) и *переменные*, зависящие от условий и характера деятельности и сравнительно быстро меняющиеся в её процессе. К ним относятся факторы, определяющие текущее функциональное состояние организма:

– состояние утомления, как наиболее частая причина повышения физиологической стоимости работы из-за формирования новых регулирующих влияний и необходимости мобилизовывать дополнительные ресурсы, компенсировать нарушенный стереотип деятельности;

– состояние монотонии, в основе которой лежит формирование тормозных процессов в нервных центрах, что ослабляет как мышечный, так и психический тонус; при необходимости продолжать монотонную работу

требуется волевое, сознательное усиление активизирующих влияний, что приводит к росту цены деятельности;

– наличие и характер гомеостатических реакций, возникающих под влиянием факторов, вызывающих изменение интенсивности метаболизма (например, переохлаждение, озноб в силу заболевания, ношение чересчур тяжелой спецодежды и т.п.) и дополнительно повышающих физиологическую стоимость работы;

– эмоциональное состояние (настроение), влияние которого на цену работы зависит от знака и силы эмоций. Наиболее благоприятным для оптимальной физиологической цены деятельности являются хорошее самочувствие, ровное настроение, уверенность в своих силах и успехе деятельности. Положительные (стеничные) эмоции сопровождаются дополнительной мобилизацией физиологических резервов, что делает труд субъективно более лёгким, менее утомительным. Отрицательные (астеничные) эмоции оказывают противоположное действие. Достигнув известной интенсивности, эмоции приводят к общему двигательному возбуждению, учащению дыхания и пульса, повышению артериального давления крови, нарушению сенсомоторных реакций и т. д. Это ведёт к повышению физиологической стоимости труда. Другая форма влияния эмоций – общая заторможенность, когда нарушается регуляция мышечного кровотока, уменьшаются венозный возврат крови к сердцу и сердечный выброс, снижается утилизация кислорода в тканях. В крайних случаях это может явиться причиной ишемии мозга и сердца, вплоть до помрачения и потери сознания. Особого внимания заслуживают эмоциональные состояния, достигающие уровня психологического стресса.

К *внешним условиям*, влияющим на физиологическую стоимость работы, относятся характер труда, режим труда, ритмика физиологических функций (биоритмологический тип человека), неритмичный труд и работа в навязанном темпе.

Влияние *режима труда* определяется соотношением периодов работы и отдыха. Физиологическая цена деятельности будет больше в случае неоптимальной длительности рабочей смены или недели, при высокой интенсивности нагрузок в сочетании с недостаточными по времени или количеству перерывами внутри смены, при работе в разное время суток.

Особенно возрастает физиологическая стоимость работы, если её режим не согласуется с *циркадианной ритмикой физиологических функций* субъекта. В том случае, когда трудовая деятельность совпадает с фазой максимального уровня физиологических или психических функций человека, она обходится организму в меньшую цену. Время суток, когда изучаемая функция достигает наибольшего значения, называется её акрофазой. Многочисленные исследования суточной динамики акрофаз разных физиологических функций и психических процессов свидетельствуют об их значительных колебаниях в зависимости от пола, возраста, климато-

географических условий жизни человека (А.Б. Коган, 1990). Что касается работоспособности как интегрального показателя функционального состояния организма, то её акрофаза у большинства людей приходится на дневной период суточного ритма. Именно поэтому работа в ночную смену требует от организма большего напряжения и характеризуется более высокой физиологической ценой, чем такая же работа днём.

Ритмизованная деятельность, благодаря способности центральной нервной системы к изменению лабильности и усвоению ритма, а также в силу формирования рабочего стереотипа имеет относительно низкую цену. В отличие от этого *неритмичный труд* нарушает рабочую доминанту, приводит к необходимости перестройки стереотипа деятельности, что, по мнению И.М. Сеченова, является чрезвычайно тяжёлой работой для нервной системы, требует больших энерготрат и вызывает быстрое развитие утомления. В комплексе это свидетельствует о высокой физиологической цене неритмичной деятельности.

Цена деятельности растёт и при работе в *навязанном темпе*, который может не совпадать с лабильностью нервных центров, вовлечённых в контроль за осуществлением данного вида деятельности. Если предлагаемый темп работы превышает уровень физиологической лабильности, то это ведёт к быстрому развитию торможения в центральной нервной системе, утомлению и даже невозможности выполнять нагрузку.

Анализируя значение перечисленных и некоторых других (например, продромальный период заболевания) условий и факторов, определяющих физиологическую цену работы, приходится признать, что наиболее выраженное влияние на организм оказывает характер (содержание) самой трудовой нагрузки.

1.4. КРИТЕРИИ ТЯЖЕСТИ И НАПРЯЖЁННОСТИ ТРУДА

Вопрос о физиологической стоимости работы неразрывно связан с проблемой оценки труда по степени тяжести и напряжённости. Первая категоризация труда по степени тяжести, составленная ещё в 1924 году, базировалась на определении общего уровня энерготрат при физической работе. Практика показала недостаточность этого критерия, особенно на современном этапе профессиональной деятельности человека. Многообразные современные профессии характеризуются не столько физической тяжестью труда, сколько другими общими признаками, в том числе довольно высоким уровнем напряжения физиологических, психофизиологических и психических функций организма человека.

Например, большинство специалистов в разных сферах современного производственного и непроизводственного труда постоянно сталкиваются

с необходимостью воспринимать, обрабатывать и передавать большие объёмы информации, причём в условиях дефицита времени. Это приводит к значительным информационным перегрузкам и увеличению нагрузки на центральную нервную систему и сенсорную функцию мозга.

Наиболее сильно эксплуатируются такие психические функции, как внимание (особые требования предъявляются к его концентрации, устойчивости, переключению) и оперативная память. Кроме того, широко используется вторая сигнальная система, что вызывает заметное напряжение вербальных функций, требует определённого уровня интеллекта, знаний, специальной профессиональной подготовки.

Множество отрицательных влияний трудовой деятельности на организм (например, гипокинезия, монотонность, шум, вибрация, электромагнитные излучения, нервно-психическое напряжение, отрицательные эмоции) существенно ухудшают функциональное состояние организма, вызывая развитие экстремальных и пограничных его форм, снижают работоспособность, приводят к профзаболеваниям. Интегральное воздействие факторов производственного процесса в конечном итоге обуславливает степень тяжести и напряжённости труда при любой профессиональной деятельности.

Избежать этих негативных последствий трудовой деятельности в определённой степени можно с помощью профилактических мероприятий, рационализации условий труда, профессионального обучения, медицинского и психофизиологического отбора специалистов при приёме их на работу, а также с использованием *системы критериев оценки труда по степени его тяжести и напряжённости*.

Отдельными исследователями ставится вопрос о физиологическом нормировании трудовых нагрузок по примеру гигиены труда, которая устанавливает нормативы в отношении факторов производственной среды. Нормирование прежде всего может относиться к мышечному компоненту трудовой деятельности, так как существует отрицательное влияние на организм не только чересчур большой, но и слишком малой физической нагрузки (проблема гипокинезии). По мнению Ю.Г. Солонина (1980), критерием оптимальности мышечных нагрузок следует считать сохранность высокой работоспособности на протяжении многих лет профессиональной деятельности, а допустимости – отсутствие вредного влияния на здоровье.

Исходя из этих положений были определены конкретные критерии оптимальной и допустимой физиологической цены трудовой деятельности, отражённые в таблице 1.2.

Существует несколько систем определения физической тяжести и психической напряжённости труда, базирующихся как на оценке параметров рабочей нагрузки, факторов производственной среды и других компонентов профессиональной деятельности, так и на оценке медико-биологических, социально-экономических и прочих её последствий.

Таблица 1.2

Вегетативные показатели оптимальной и допустимой тяжести труда (по Ю.Г. Солонину, 1980)

Показатели	Нагрузка				
	Допустимая		Оптимальная		
	Продолжительность работы, час.				
	1, 2	3, 4	5, 6	7, 8	7-8
ЧСС (уд/мин) при работе с нагрузкой:					
общей	130	120	110	100	85-95
региональной	120	110	100	90	75-85
локальной	100	95	90	85	75-82
преимущественно статической	105	100	95	90	80-87
Энерготраты (ккал/мин) при работе:					
общей	9,0	7,5	6,0	4,2	1,8-3,5
региональной	6,0	4,2	3,5	2,8	1,7-2,5
локальной	2,8	2,5	2,1	1,7	1,2-1,5
Лёгочная вентиляция (л) при работе:					
общей	40	30	24	18	10-15
региональной	28	21	18	14	9-13
локальной	15	12	10	9	7-8
Влагодотери (г/час)	800	600	420	250	70-210
Снижение статической выносливости при усилии 75% от максимальной силы мышц (%)	5	10	15	20	5-10

Примечание. 1, 3, 5, 7 час. – продолжительность работы для женщин; 2, 4, 6, 8 час. – для мужчин; 7-8 час. – для тех и других. Для лиц старше 30 лет ЧСС при общей работе снижается на 5 уд/мин, а для лиц старше 40 лет – на 10 уд/мин. Поправки для ЧСС при региональных и локальных работах составляют соответственно 3 и 7 уд/мин. Показатели даны для людей массой тела 70 кг при нормальной температуре среды.

Критерии физической тяжести труда

Главные:

- величина энерготрат (кДж/ч);
- мощность динамической нагрузки на мышцы (кгм/мин);
- величина статического усилия, выполняемого одной рукой, двумя руками, корпусом (кг);
- частота сердечных сокращений (уд/мин).

Факультативные:

- вес поднимаемого изделия (продукта труда);
- расстояние перемещения изделия;
- рабочая поза (стационарная или свободная, сидя или стоя, степень удобства позы);
- характер рабочих движений (общие, региональные, локальные);
- степень напряжения физиологических функций (уровень снижения выносливости, изменение ритмики дыхания и др.);
- плотность загрузки рабочего дня.

Понятие «*напряжённость труда*» в широком смысле применяется для качественной и количественной характеристики самого трудового процесса, обуславливающего повышение уровня функционирования различных физиологических систем по сравнению с состоянием покоя. Для разграничения понятий тяжести и напряжённости труда используют структуру и интенсивность информационного компонента деятельности. В более узком смысле под напряжённостью (психической) труда подразумевают нагрузку на организм при труде, требующем интенсивной работы мозга по приёму и анализу информации, а также при творческой деятельности.

Критерии нервной (психической) напряжённости труда

Главные:

- степень напряжения внимания;
- плотность поступающих сигналов (не более 400 сигналов/час);
- степень эмоционального напряжения (выделяют четыре степени, определяемые отсутствием/наличием эмоций, их качеством и выраженностью).

Факультативные:

- состояние и степень загрузки анализаторов;
- степень монотонности труда (выделяют четыре степени, определяемые числом элементов в рабочей операции);
- сменность работы (особенно напряжённым является труд в ночную смену);
- состояние сердечно-сосудистой системы (частота пульса, уровень артериального давления крови).

Критерии тяжести и напряжённости труда обязательны при изучении физиологической цены трудовой деятельности специалистов; их учёт позволяет избежать многих неблагоприятных последствий труда, например переутомления, профзаболеваний и пр. Данные критерии служат объективной основой для категоризации труда по профессиональной вредности, назначения льгот и компенсаций работникам вредных профессий, разработки и оптимизации режимов труда и отдыха.

1.5. ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА И ЕГО ИЗМЕНЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Содержание понятия «функциональное состояние»

В качестве одной из наиболее общих и репрезентативных категорий, которые используются при анализе трудовой деятельности человека, является понятие *функционального состояния*. Исследователи говорят о функциональном состоянии, начиная с отдельной живой клетки и даже внутриклеточных структур (Е.Н. Соколов, 1978) и кончая такими сложными явлениями, как эмоциональные состояния (А.И. Киколов, 1978), преодоление сложных жизненных ситуаций, анализ поведения на уровне коллектива или популяции (В.И. Медведев, А.Б. Леонова, 1993). Однако следует помнить, что главный момент в содержании понятия функционального состояния – это идея интеграции, целостности функционирования между различными уровнями организма.

Именно поэтому адекватное определение понятия функционального состояния и анализ его изменений в процессе трудовой деятельности должны осуществляться с позиций *системных* представлений о формировании целостного ответа организма (А.А. Ухтомский, 1950; Н.А. Бернштейн, 1966; П.К. Анохин, 1998). Это утверждение предполагает, что в основе конкретного вида функционального состояния лежит перестройка структуры системного ответа и образование новой, качественно своеобразной системы. В соответствии с положениями общей теории систем (Л.Ф. Берталанфи, 1969) под *системой* понимается *совокупность* взаимодействующих между собой элементарных структур или процессов (чаще называемых *звеньями системы*), объединенных в *целое* выполнением некоторой *общей функции*, которую не может осуществить ни один из её компонентов в отдельности. Важнейшим моментом такого понимания является то, что при формировании системы она приобретает новые свойства, которые собственно и обеспечивают достижение цели деятельности в изменившихся условиях.

По определению В.П. Загрядского и З.К. Сулимо-Самуйлло (1976), данному в аспекте физиологии труда, функциональное состояние – *это такая совокупность параметров физиологических функций и психических качеств человека, которая обеспечивает эффективность выполнения работы*.

В широком смысле под функциональным состоянием понимают *совокупность свойств организма, зависящих от условий его существования и определяющих его реакции на поступающие воздействия*.

Следует помнить, что любое функциональное состояние является продуктом включения организма в конкретную деятельность, в ходе кото-

рой оно активно преобразуется, обуславливая успешность реализации текущей деятельности. Поэтому для оценки эффективности работы организма и успешности его деятельности в эргономических исследованиях часто применяют понятие «надёжность» (В.П. Зинченко, В.М. Мунипов, 1979). Под надёжностью в физиологии труда понимается вероятность выполнения поставленной задачи в течение определённого времени, с допустимой точностью и при сохранении заданных параметров работающей системы. Надёжность организма определяется наличием и объёмом его резервных возможностей и отражает такой уровень регулирования физиологических процессов, который обеспечивает оптимальную деятельность как организма в целом, так и его отдельных систем.

Изучение функционального состояния работающего человека требует рассмотрения не только комплекса физиологических реакций, возникающих в ответ на определенного рода воздействия, но и психологических и социальных аспектов его проявления. Наверно поэтому начальным объектом исследования функциональных состояний являлось утомление, как состояние, в котором единство физиологических и психологических компонентов неоспоримо.

Динамичность функционального состояния

В процессе трудовой деятельности то или иное функциональное состояние человека формируется не только как результат выполнения рабочей нагрузки, но и как продукт активного взаимодействия организма с внешней средой, и поэтому представляет собой *динамическое состояние*, являющееся моментом непрерывных изменений. Совокупность изменений в организме, обусловленных трудовой нагрузкой, называется *рабочим напряжением* или *физиологической ценой (стоимостью) работы*. Рабочее напряжение, как правило, выражается повышением активности физиологических функций и может сопровождаться следовыми эффектами (например, переутомлением). При чрезмерном усилении нагрузки рабочее напряжение нарастает (растёт цена деятельности), что может приводить к ухудшению функционального состояния и снижению работоспособности.

Изначально присущая функциональному состоянию динамичность требует выбора информативных показателей его проявлений. Поэтому при решении вопроса об изменении функционального состояния и его классификации важным является сбор информации об основных тенденциях в характере изменения выбранных для оценки показателей, а не их абсолютные значения. Особенно важны данные о текущих изменениях одних показателей относительно других и о согласованности их сдвигов.

Например, для физической работы средней тяжести характерна корреляция между величиной систолического объема крови и частотой сер-

дечных сокращений: при росте первого показателя увеличивается и второй. По мере истощения сил и развития утомления (то есть формирования качественно нового состояния) величина систолического объема крови перестает соответствовать возрастанию физической нагрузки, либо остается на прежнем уровне, либо даже уменьшается. Ритм работы сердца продолжает учащаться, компенсируя недостаток поступления крови к работающим мышцам. Таким образом, переход к состоянию физического утомления при указанной нагрузке знаменует возникновением своеобразных «ножниц» между двумя основными показателями системы кровообращения, при этом тип соотношения между анализируемыми величинами не зависит от их абсолютных значений. Следовательно, наибольшей диагностической ценностью обладают направление сдвигов параметров физиологических функций и соотношение их выраженности.

Приведённые рассуждения дают основание характеризовать функциональное состояние как системную реакцию организма, выражающуюся в виде интегрального динамического комплекса наличных параметров тех функций и качеств индивида, которые прямо или косвенно обуславливают выполнение деятельности.

Компоненты функционального состояния организма человека в процессе труда

При описании функционального состояния как целостной реакции организма на трудовую нагрузку в качестве основных звеньев выделяют функции разных уровней: физиологического, психологического и поведенческого. На *физиологическом уровне* особое место занимают двигательный и вегетативный компоненты функционального состояния. На *психологическом уровне* состояние описывается характеристиками основных психических процессов (восприятия, внимания, памяти, мышления), особенностями эмоционально-волевой регуляции, отраженными в субъективных переживаниях и симптомах. Для *поведенческого уровня* ведущими являются точностные и скоростные характеристики выполняемых действий, однако существенную роль играют и качественные особенности реализации деятельности со стороны двигательного и речевого поведения. Функциональное состояние формируется благодаря совместному функционированию описанных звеньев организма как системы, поэтому конкретные проявления деятельности отдельных элементарных структур всегда взаимообусловлены.

Анализ разнообразных видов функциональных состояний и изучение их изменений на различных уровнях организма позволяет прийти к выводу о том, что для всех них обязательны *пять групп основных компонентов*

Первую группу составляют *энергетические компоненты реализуемой деятельности*, то есть физиологические функции, обеспечивающие требуемый уровень энергозатрат. Эти функции могут и должны анализироваться на разных уровнях – от биохимического до системного – с учётом их взаимодействия. В качестве базовых элементов сюда входят практически все вегетативные системы организма. Как известно, для большинства изучаемых состояний наиболее информативны показатели деятельности систем кровообращения, дыхания, выделения, а также обменных процессов. При некоторых особых состояниях (например, перегревании, охлаждении) специфично информативна система терморегуляции.

Во вторую группу входят *сенсорные компоненты деятельности*, которые характеризуют наличные возможности приёма и первичной обработки поступающей информации. Сюда относится вся последовательность обработки информации от момента воздействия стимула на рецепторы до её поступления в виде импульсов в корковые центры мозга. На психологическом уровне сенсорные компоненты изучаются в форме процессов ощущения и восприятия. При этом для характеристики функциональных состояний особенно показательным является изучение отдельных параметров сигнала, к которым (независимо от его энергетической природы) относятся интенсивность (субъективные корреляты – сила, яркость, громкость), частота (тональность, цвет), пространственные и временные характеристики. Помимо восприятия отдельных параметров, представляет интерес изучение их производственных характеристик: контраста, восприятия движений, формы, фактуры и объема. Не менее важен анализ динамических свойств и параметров активности сенсорных систем: адаптации, сенсibilизации, порогов ощущения, маскировки, последовательности образов и др.

Третью группу составляют *информационные компоненты деятельности*, обеспечивающие дальнейшую обработку поступившей информации и принятие решений на её основе. К этой группе относятся показатели протекания основных когнитивных процессов – памяти и мышления. Дальнейшие операции по преобразованию информации могут быть условно подразделены на три группы:

- операции, надстраивающиеся непосредственно над процессом восприятия и обеспечивающие формирование таких его свойств, как константность, селективность, относительность, предметность;

- репродуктивные операции, требующие использования интеллектуальных приемов, хранящихся в памяти; к таким операциям относятся разные варианты классификации, сериации, счёта, градуировки и т.д.;

- продуктивные операции, предполагающие осуществление новых интеллектуальных действий – категоризации, умозаключений, эвристических решений. Особенность компонентов данной группы заключается в том, что при выполнении подобных операций человек не имеет возможно-

сти обращаться к использованию в явном виде представленных алгоритмов принятия решения.

Четвертая группа включает *эффекторные компоненты деятельности*, ответственные за реализацию принятых решений в поведенческих актах. Внутри неё можно выделить два вида показателей. Первый вид включает в себя так называемые *эргономические показатели*, получение которых связано с анализом количественных и качественных характеристик выполняемой трудовой деятельности: производительности труда, темповых характеристик трудовых движений, точности их выполнения, спецификации ошибок, сбоев, аварий. Одним из наиболее интересных показателей для оценки функционального состояния является детальный анализ допускаемых в процессе труда ошибок, однако универсальная классификация ошибок, приемлемая для использования в рамках физиологии труда, до сих пор не разработана. Другой вид составляют *показатели непосредственного осуществления двигательных актов*. К ним относятся физиологические параметры выполняемых движений: тремор, мышечная сила, скорость реакции, координированность движений и т.д. Специальный интерес представляют данные о структурных компонентах реализуемого двигательного акта: стадии программирования движения, его непосредственного осуществления и контроля.

В пятую группу входят *активационные компоненты деятельности*, обуславливающие её направленность и степень напряженности. В определенном смысле эта группа компонентов характеризует актуальную способность человека к реализации имеющихся у него качеств и личностных свойств. В эту группу входит целый ряд физиологических и психологических показателей: особенности гормональной активности и нервной регуляции, уровень внимания, личностная установка субъекта, специфика его мотивационной сферы. Всё большее внимание при разработке показателей этой группы исследователи уделяют анализу эмоционально-волевого комплекса, непосредственно задающего специфичность направления в формировании функционального состояния. Имеется большое число работ, посвящённых изучению влияния на особенности формирования функционального состояния таких свойств, как тревожность (Ч.Д. Спилбергер, 1983), эмоциональная устойчивость к стрессовым реакциям, типологические особенности высшей нервной деятельности (Н.А. Аминов, 1977; Г.Ю. Айзенк, 1977).

Говоря о способах экспериментального изучения пяти перечисленных выше компонентов функционального состояния, следует отметить, что они наиболее полно раскрываются при использовании динамических проб, позволяющих определить скорость и объём реализации резервных возможностей организма.

Факторы, обуславливающие динамику функционального состояния

Множество факторов, детерминирующих параметры функционального состояния организма человека во время трудовой деятельности, требует их систематизации. Одна из классификаций, разработанная в рамках физиологии труда, основывается на анализе таксономических единиц деятельности, в процессе которой формируется функциональное состояние организма. Несмотря на специфику конкретных форм трудовой деятельности, анализ её структуры всегда предполагает выделение следующих основных таксономических единиц: *субъект труда* (человек), *цель труда*, заданная в вещественной или понятийной форме, *средства и орудия труда*, сам *процесс труда*, *условия труда*. Каждый из названных базовых таксонов имеет сложное строение и, в свою очередь, может быть представлен соответствующей классификационной иерархией.

Наиболее полно разработан вопрос о *классификации факторов условий труда* или, как они часто называются, факторов среды обитания. Большое значение имеют *факторы социальной среды*, поскольку при выполнении деятельности человек включен в систему сложных общественных отношений. Выделяют разные уровни этих взаимодействий: «человек – общество», «человек – коллектив», «человек – человек», «я как субъект труда». Каждый уровень определяет актуализацию определенных мотивов деятельности и лежащих в их основе потребностей, формирует такие важные характеристики, как социальная значимость, ответственность, интересность, престижность.

Можно выделить несколько подгрупп социальных факторов в зависимости от уровня анализа общественных отношений – общие социальные, конкретные социальные, косвенные социальные и социально-психологические факторы.

Общие социальные факторы характеризуют отношение человека к труду, задаваемое его мировоззрением, в формировании которого ведущую роль играют идеологическая ориентация общества и система общественных ценностей.

Конкретные социальные факторы непосредственно определяют те условия, в которых реализуются мотивационные установки личности и формируется эмоциональный компонент деятельности. К числу этих факторов относятся общность групповых норм и ценностей, стиль работы коллектива, ролевые позиции членов группы, место человека в структуре ответственности и власти, профессиональная и психологическая совместимость и др.

Косвенными социальными факторами, определяющими функциональное состояние субъекта труда, являются семейные и бытовые отношения.

Социально-психологические факторы отражают степень и формы принятия индивидом социальных установок и норм трудового поведения, задаваемых двумя описанными выше подгруппами факторов. При этом особенно важными моментами оказываются степень соответствия индивиду выполняемой им профессиональной роли и соответствие мотивов деятельности коллектива и личности. Диссонанс во внешней и внутренней мотивации деятельности – частая причина возникновения конфликтных ситуаций, провоцирующих развитие неадекватных поведенческих реакций и эмоциональной некомфортности.

К *категории факторов трудового процесса* относятся условия, которые непосредственно определяют уровень неспецифической напряженности деятельности и характер динамики работоспособности. Главный из этих факторов, вызывающий сдвиги в уровне работоспособности, – *трудо-вая нагрузка* (физическая, сенсорная, умственная, смешанная). Характер влияния нагрузки на функциональное состояние определяется её величиной, то есть интенсивностью (последняя может выражаться в зависимости от вида деятельности в ваттах, битах, числе решённых задач и сделанных умозаключений), и длительностью.

Важным фактором, определяющим функциональное состояние субъекта, является *конкретное содержание трудового процесса*, характеризующееся операциональным составом деятельности. Практически в любом виде деятельности можно выделить три основных этапа её выполнения: приём (сбор) информации; обработка поступившей информации и принятие решения; реализация принятого решения в виде поведенческого акта.

Кроме того, выделяют *категирию внутренних факторов функционального состояния*, которые определяют человека как субъекта труда. В эту группу включают анатомические, физиологические, психологические и поведенческие свойства человека.

Классификация функциональных состояний

Специфика функционального состояния зависит от множества причин и трудно поддающихся контролю внутренних факторов, в связи с чем функциональное состояние, формирующееся в конкретной трудовой ситуации, всегда уникально. Однако среди разнообразных частных случаев можно выделить некоторые общие классы состояний, сходных по определенному признаку.

С позиций надёжности системы и цены деятельности выделяется такой классификационный критерий, как допустимость или недопустимость состояния, позволяющий разделить всё множество функциональных состояний организма на *разрешённые* и *запрещённые*. Запрещённые – такие состояния, при которых цена работы настолько высока, что появляется угроза развития патологии.

С позиций механизмов формирования системной реакции организма выделяют два других класса функциональных состояний – *состояние адекватной мобилизации* и *состояние динамического рассогласования*. Первое характеризуется адекватностью структуры системного ответа организма на комплекс воздействующих факторов, второе – неадекватностью. При адекватных состояниях мобилизация деятельности идёт за счёт напряжения существующей системы регуляции, тогда как в состоянии динамического рассогласования для обеспечения нормального функционирования требуется перестройка этой регулирующей системы.

С позиций качественной структуры функциональных состояний целесообразно выделять такие их виды, как состояние работоспособности, экстремальные, эмоциональные, реактивные, пограничные и патологические.

Состояния работоспособности характеризуются той или иной степенью потенциальных возможностей выполнения человеком конкретной деятельности. К ним относятся все состояния работоспособности от мобилизации и вработывания до конечного порыва, а также состояния послерабочей релаксации и активного восстановления.

Экстремальные состояния – по сути являются состояниями динамического рассогласования, призванными обеспечивать ответные реакции организма при действии факторов, выходящих за границы нормы.

Эмоциональные состояния обеспечивают отношение субъекта к ситуации и его внутреннюю оценку возможностей реализации своих способностей. Формами таких состояний являются состояния эмоционального напряжения, обеспечивающие адекватный расход внутренних ресурсов организма, и состояния эмоциональной напряжённости, приводящие к изменению структуры выполняемой деятельности.

Реактивные состояния – неоднородная группа состояний, наступающих после прекращения деятельности. Характеризуются либо наличием застойной доминанты, либо распадом функциональной рабочей системы, либо проявляются в виде истощения как плата за деятельность.

Пограничные состояния – форма клинических состояний, называемых предболезнями, или предпатологиями. Их развитие обычно связано с продолжительным или предельным напряжением некоторых функций в процессе труда, переадаптациями функциональных систем в связи с быстрой или частой сменой условий работы, недостаточностью периодов компенсации и отдыха, переживанием эмоций без положительной разрядки.

Патологические состояния в исследованиях по физиологии труда встречаются при анализе профессиональных заболеваний; их распознаванием и лечением занимаются специалисты-медики соответствующего профиля. Но патологические состояния могут возникать при трудовой деятельности и без предварительного наличия патологического процесса в организме. Это случается при нарушении режимов труда, несоблюдении техники безопасности или на фоне переутомления.

Методы оценки функционального состояния

Для того чтобы от множества доступных регистрации проявлений функционального состояния перейти к его описанию в виде системной реакции, исследователь должен провести некоторую предварительную подготовку. Этот предварительный этап включает ряд процедур, которые необходимы для правильного выбора адекватных методических подходов изучения функционального состояния представителя конкретной профессии. К указанным процедурам относятся:

- *уточнение цели* формирования данной системной реакции (состояния) с точки зрения задач выполняемой деятельности и привлечение необходимых средств для её реализации в заданных условиях;
- *выделение элементарных структур* (звеньев системы), обеспечивающих достижение цели и достаточно полно представляющих совокупность внешних и внутренних факторов, воздействующих на организм;
- *выявление совокупности отношений* (или закона связи) между выделенными звеньями системы, определяющими появление тех новых качеств и свойств, которыми она обладает.

В зависимости от особенностей и задач профессиональной деятельности специалиста для изучения функционального состояния могут применяться разные *методические подходы*, которые принято подразделять на четыре основных класса.

Метод тестирующих нагрузок. Является наиболее традиционным и состоит в сравнении показателей какой-либо функции (относящейся к первым четырём группам компонентов функционального состояния) до и после выполнения дозированной стандартной нагрузки. Наиболее распространёнными приёмами дозирования мышечной деятельности являются *велозргометрическая проба* с определением *коэффициента PWC₁₇₀* (тест оценки физической работоспособности – Physical Working Capacity – при выполнении нагрузки, вызывающей увеличение частоты сердечных сокращений до 170 уд/мин) и *стен-тест* (восхождение на ступеньку высотой 0,4 м в течение 3-5 минут) в классической или облегчённой форме. При анализе цены умственной деятельности широко используются различные виды умственной нагрузки, например выполнение счётных операций, коректурные тесты, задачи на слежение, прохождение лабиринтов и др.

Метод интенсифицирующих нагрузок. Преимущество данного метода для определения уровня функционального состояния заключается в том, что он может применяться в условиях реального производства и поэтому даёт наиболее адекватные сведения о характере протекания физиологических функций во время профессиональной деятельности. Суть метода состоит в том, что на короткий промежуток времени изменяется интенсивность профессиональной деятельности, которой занят человек. При этом регистрируются выбранные показатели функционального состояния

до, во время и после проведения пробы. Вариантом данного метода является изучение функционального состояния испытуемого при изменении какого-либо одного параметра среды (например, повышение температуры воздуха или понижение в нём содержания кислорода).

Метод встроенных структур. Характеризуется включением в обычную для человека трудовую деятельность в качестве теста дополнительных ситуаций, заимствованных из репертуара той же деятельности. Особенность данного метода состоит в том, что подобные пробы создают определённые трудности в достижении цели труда и требуют выполнения вспомогательных операций. К таким ситуациям относится, например, решение задач по устранению неисправностей в работе оборудования.

Метод дополнительных нагрузок. Применяется для исключения влияния краткосрочной мобилизации организма (например, в виде кратковременного повышения уровня активности, которая происходит при использовании выше указанных методов), для выявления устойчивости оцениваемых ответных реакций. Особенностью данного метода является большая длительность проведения диагностической пробы, заведомо превосходящая возможную продолжительность краткосрочной мобилизации функций.

Многие показатели, отражающие сложившееся в ходе деятельности функциональное состояние, в высокой степени коррелируют между собой. Зная характер их взаимоотношений, по динамике одного показателя можно с большой вероятностью правильно описать поведение других. Это даёт возможность регистрации не всех, а лишь части показателей, что существенно упрощает процедуру исследования. В аспекте сказанного следует отметить исключительную важность для диагностики функционального состояния такого параметра, как частота сердечных сокращений. Данный показатель весьма информативен в плане выявления и оценки уровня энергетических сдвигов в организме, изменений в работе активационных систем, наличия и выраженности состояния неспецифического напряжения, эмоционального возбуждения и др. Однако уменьшение числа регистрируемых показателей до одного (пусть даже им является частота сердечных сокращений) является неправильной тактикой. Как уже говорилось выше, наиболее ценная информация о динамике функционального состояния содержится не в знании абсолютных значений регистрируемых параметров, а в их относительных характеристиках. Именно поэтому уже сами нарушения корреляционной зависимости между разными параметрами – достаточно тонкий индикатор перестройки функционального состояния организма.

Поскольку любая трудовая деятельность по своему содержанию является сложным системным ответом, то при подборе показателей функционального состояния работающего человека рекомендуется обязательное использование диагностического комплекса из пяти групп компонентов.

1.6. РАБОТОСПОСОБНОСТЬ И ЕЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ

Содержание понятия «работоспособность»

Понятие работоспособности – одно из самых распространённых в физиологии трудовой деятельности, однако до сих пор обращает на себя внимание неоднозначность его трактовки разными авторами.

Так, например, Н. Лейтес с соавт. (1954) считают, что работоспособность – это способность поддерживать требуемый уровень мощности работы в течение возможно более длительного времени при неизменных качественных её показателях

По мнению С.А. Косилова (1965), работоспособность – это способность человека более или менее длительно и продуктивно выполнять определённую работу. Понятие это близко к понятию «трудоспособность».

Г. Леман (1967) определяет работоспособность как максимальный объём работы, который в состоянии выполнить человек.

Аналогичное определение даёт А.В. Ильин (1968), согласно которому работоспособность – это состояние систем организма, их готовность проявить максимум своих возможностей

С позиций физиологии трудовых процессов определение работоспособности было сформулировано В.П. Загрядским и А.С. Егоровым (1973). Согласно их точке зрения, работоспособность – это способность к выполнению конкретной деятельности в рамках заданных лимитов времени и параметров эффективности. В этом определении работоспособность рассматривается, с одной стороны, как дееспособность к качественно определённой виду деятельности, а с другой – как выносливость.

В рамках прикладной физиологии под термином «работоспособность» принято понимать способность организма реагировать на нагрузку и выполнять, таким образом, какую-либо работу в зависимости от состояния здоровья, тренированности, уровня профессионализма, характера мотива трудовой деятельности, склонности к данной работе (Р. Шмидт, Г. Тевс, 1986).

В самом общем понимании слова, работоспособность означает способность работать или выполнять какую-то работу. В свою очередь, термин «работа» зачастую употребляется вместо понятия «труд», и тогда он содержит в себе не только физический, физиологический, психологический, но и социально-экономический смысл. Поэтому в понятии «работоспособность» находят отражение следующие стороны трудовой деятельности:

а) максимальные (предельные) возможности организма выполнять ту или иную конкретную деятельность. В этом плане работоспособность есть мера функциональных резервов организма;

б) физиологическая стоимость работы (или цена деятельности), которую организм должен «уплатить» за возможность осуществления деятель-

ности; то есть работоспособность есть отражение функционального состояния и, в том числе, степени рабочего напряжения организма;

в) активационные механизмы, обеспечивающие выход из состояния оперативного покоя на требуемый уровень мобилизации функций;

г) отдалённые последствия вызываемых работой физиологических и психофизиологических сдвигов для здоровья, определяющие сохранение трудоспособности в данной сфере в течение всего общественно необходимого периода трудовой деятельности.

Этим требованиям наилучшим образом отвечает определение работоспособности как величины функциональных резервов организма, которые без ущерба для здоровья могут при условии высокого уровня мотивации быть реализованы в некоторый объём какой-либо работы заданного качества.

Факторы, определяющие уровень работоспособности

Оценивая *детерминанты работоспособности*, необходимо отметить, что она определяется множеством факторов, значение которых зависит от типа деятельности (рис. 1.1).

Так, при тяжёлом физическом труде и во многих видах спорта работоспособность существенно зависит от уровня физического развития и особенностей соматической конституции, которые, в свою очередь, определяются генетическими механизмами, а также полом и возрастом (В.Д. Сонькин, 2002).

При более сложных видах деятельности (например, работа оператора) большое значение приобретают индивидуально-типологические свойства (сила/слабость нервных процессов, экстраверсия или интроверсия и т.п.).

Работоспособность людей, занятых умственным трудом и деятельностью в экстремальных условиях, напрямую связана с индивидуальными особенностями психических функций (внимания, памяти, мышления) и степенью эмоциональной устойчивости.

Несомненную роль в определении *уровня работоспособности*, а также *работоготовности* играют психологические и личностные качества субъекта – наличие цели, мотивация деятельности, личностная установка, моральная позиция и др.

Работоспособность человека не может рассматриваться как некоторая константа. Общая и профессиональная работоспособность меняется в ходе тренировок и обучения, зависит от степени утомления, а также от возраста. Однако профессиональная работоспособность, в силу наличия компенсаторных механизмов, в том числе профессиональной адаптации, меняется с возрастом не так однозначно, как общая работоспособность.



Рис. 1.1. Схема взаимодействия факторов, детерминирующих уровень работоспособности человека

Кроме возрастной динамики работоспособности прослеживаются её периодические циклы: годичный, недельный, суточный, внутрисменный. Отмеченные колебания работоспособности должны приниматься во внимание при организации всех форм труда, но особенно сменного и вахтового. При этом принципиально важно учитывать изменения работоспособности в ходе суточных ритмов. Следует помнить, что у большинства людей средний показатель внимательности, как типичный фактор работоспособности, имеет максимальное значение утром (около 9 часов), снижается до среднесуточного уровня к 14 часам дня, достигает второго пика (но меньшего по величине, чем утренний пик) к 19 часам вечера, а затем опускается до минимума около 3 часов ночи.

Динамика работоспособности и её фазы

Знание динамики работоспособности делает возможным её прогнозирование в отношении новых профессий, видов деятельности и условий труда, что особенно актуально для космической, спортивной и экологической физиологии.

В течение рабочей смены динамика работоспособности человека может быть представлена теоретической *кривой работоспособности*, в которой выделяют три фазы: фаза повышения работоспособности (вработывание), фаза стабильной работоспособности; фаза снижения работоспособности.

Основными показателями, наиболее часто используемыми для изучения динамики работоспособности, являются производительность труда, число ошибок (этот показатель особенно удобен при оценке работоспособности операторов) или объём брака, длительность рабочих движений. Кривая работоспособности, как правило, строится с учётом количественных проявлений одного из этих показателей в разные временные промежутки трудового процесса (например, на протяжении всей рабочей смены или её части – до или после обеденного перерыва).

Анализ фазовой структуры работоспособности сделал возможным детализацию кривой работоспособности. Согласно этому анализу, работоспособность начинает меняться ещё до начала самой деятельности (в процессе подготовки к ней). Так, началу любой работы обязательно предшествует *период мобилизации*, или *предстартовый период*, в основе которого лежат механизмы опережающей регуляции функций и адаптационно-трофического влияния на функциональное состояние организма со стороны симпатического отдела вегетативной нервной системы. По ходу непосредственного выполнения работы в динамике трёх фаз работоспособности можно выделить до 5-6 периодов. При этом кривые работоспособности имеют принципиально сходный характер при физическом и умственном труде.

I. Фаза повышения работоспособности:

1) *период вработывания*, который может продолжаться от нескольких минут до одного часа. В этом периоде выделяют подпериоды *первичной реакции* и *гиперкомпенсации*. С психофизиологической точки зрения этот период характеризуется усвоением ритма раздражения и формированием рабочей доминанты. С практической точки зрения важно максимально сократить время вработывания и перевести организм в состояние оптимальной работоспособности. Это достигается за счёт наличия мотивации к данной деятельности и волевого усилия.

II. Фаза стабильной работоспособности:

2) *период оптимального состояния*, когда организм человека находится в устойчивом рабочем состоянии, а изменения физиологических функций адекватны нагрузке;

3) *период полной компенсации*. Является непосредственным продолжением предыдущего периода, однако отличается возникновением начальных признаков утомления, которые компенсируются усилиями воли и положительной мотивацией к работе, а также усилением вегетативных функций. Работоспособность ещё не снижена, эффективность деятельности является максимальной, но может возникать субъективное ощущение усталости. Периоды 2 и 3 – самые длительные.

III. Фаза снижения работоспособности (фаза утомления):

4) *период неустойчивой компенсации (или субкомпенсации)*, характеризующийся нарастанием утомления и начальным снижением работоспособности. Сохраняется чувство усталости, происходит снижение одних и улучшение других функций организма. Особенно чётко меняется уровень функционирования тех органов, которые непосредственно обеспечивают данную деятельность (например, у операторов падает острота зрения, контрастная чувствительность глаз и пр.). Уровень работоспособности на данном этапе деятельности поддерживается за счёт менее важных функций. Скорость снижения работоспособности в этот период зависит от функционального состояния, объёма функциональных резервов, квалификации, подготовленности к работе, типологических свойств субъекта.

5) *период прогрессивного снижения работоспособности (или декомпенсации)*. Характеризуется неуклонным ухудшением функционального состояния, выраженными нарушениями двигательных и вегетативных функций, быстрым нарастанием утомления и снижением эффективности (продуктивности) труда. В этот период человек не в состоянии компенсировать ухудшение работоспособности волевым усилием. Профессиональная деятельность при наступлении этого периода должна быть прекращена. При продолжении деятельности наблюдаемое состояние может перейти в фазу переутомления, перенапряжения или срыва, что проявляется значительным расстройством регуляторных механизмов и требует длительного отдыха, а иногда и лечения.

Иногда перед окончанием этого периода, например незадолго до регламентированного перерыва или окончания рабочего дня, развивается ещё один (шестой) период динамики работоспособности – *«конечный порыв»*, который выражается в кратковременном повышении эффективности работы. Конечный порыв, вероятно, обусловлен мобилизацией организма по механизму сложнорефлекторных реакций на комплекс условных сигналов о предстоящем окончании работы, а также связан с воздействием положительного эмоционального фона, обусловленного ожиданием скорого прекращения работы.

Указанные пять основных периодов в динамике работоспособности отчетливо просматриваются на протяжении рабочего дня в разных формах физического труда, комбинированной и сенсомоторной работе, умственной деятельности человека, включённого в систему «человек – машина»

(например, человека-оператора). Эти же фазы работоспособности могут быть прослежены при определённых условиях и в течение рабочей недели. При такой форме умственного труда, как творчество, их выделить гораздо сложнее.

Одним из условий поддержания работоспособности на оптимальном уровне в течение длительного периода работы является соблюдение гигиенических и медико-биологических нормативов, в том числе учёт при организации трудового процесса критериев тяжести и напряжённости труда.

1.7. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕЗЕРВЫ ОРГАНИЗМА

Содержание понятий «функциональные» и «физиологические» резервы

В физиологии труда и экологической физиологии человека анализу функциональных резервов отводится важное место, поскольку по своей сути функциональные резервы – это прогнозируемые возможности человека выдерживать трудовую нагрузку. Допустимо говорить, что физиология труда является в конечном счёте физиологией резервных возможностей организма человека.

Содержание понятия «*функциональные резервы*» достаточно ёмкое. В целом систему функциональных резервов составляют резервы *биологические* (физиологические и биохимические) и *социальные* (психологические, профессиональные, технические и т.д.).

С точки зрения физиологии труда наибольший интерес представляет анализ *физиологических резервов* организма, для которых основным системообразующим фактором является полезный приспособительный результат (или доминирующая мотивация) – достижение конкретной цели трудовой (или двигательной) деятельности (например, для специалиста – это профессиональный результат, для спортсмена – спортивное достижение и т.п.)

В общем понимании *физиологические резервы* – это выработанная в ходе эволюции способность организма или его отдельных систем усиливать интенсивность своей деятельности при нагрузках в несколько раз по сравнению с покоем (М.П. Бресткин, 1968).

Физиологические резервы также допустимо охарактеризовать как скрытые возможности организма человека так изменять активность своих функциональных систем и взаимодействие между ними, что при этом достигается оптимальный приспособительный эффект.

Оценку физиологических резервов организма давали многие учёные. Например, Н.Е. Введенский в своё время отмечал, что каждый молодой организм в нормальных условиях носит в себе громадный запас сил и задат-

ков, из которых лишь часть, причём незначительная, действительно реализуется и утилизируется в дальнейшей жизни человека (Н.Е. Введенский, 1952). Л.А. Орбели (1961) также указывал, что организм человека обладает поистине неограниченными возможностями приспосабливаться к необычным условиям окружающей среды, интенсивным физическим нагрузкам, воздействию различных факторов экстремального характера. Именно резервы организма создают возможность его функционирования вне рамок обычных закономерностей и за пределами кажущегося предела работоспособности.

Объём физиологических резервов зависит от уровня физического развития, здоровья, тренированности, возраста и степени адекватности выполняемых трудовых нагрузок морфофункциональным особенностям человека. В настоящее время отмечается тенденция к снижению физиологических резервов организма, что связано с ухудшением экологической ситуации, а также с информационными перегрузками, высоким уровнем психо-эмоционального напряжения, гиподинамией и частым переутомлением работающих в связи с трудовой гипермотивацией, которые характерны для образа жизни и профессиональной деятельности современного человека.

Морфофункциональные основы и уровни мобилизации физиологических резервов организма

Резервы организма создаются за счёт сочетания нескольких факторов. Материальными носителями физиологических резервов являются механизмы поддержания гомеостаза, выработки и координации вегетативных рефлексов и двигательных актов, а исполнителями – соответствующие органы. Эти стороны проявления функциональных резервов обеспечиваются определёнными анатомо-физиологическими предпосылками.

В частности, к таким предпосылкам резервов относятся следующие морфофункциональные особенности организма: наличие парных органов, обеспечивающих взаимное замещение функций при нагрузках; наличие структурно-функциональных элементов, способных переходить из состояния покоя в деятельное состояние, приводя тем самым к усилению данной функции; высокая резистентность клеток организма к различным внутренним изменениям условий их функционирования.

Кроме того, уровень физиологических резервов зависит от степени функциональной тренировки органов и систем организма, которая осуществляется как в процессе самой профессиональной деятельности, так и на этапе подготовки к ней, то есть в ходе профессионального обучения. При оценке физиологических резервов обязательно следует учитывать фактор социальной мотивации, который на современном этапе трудовой деятельности приобретает всё большее значение.

Эмпирически резервы организма можно охарактеризовать количественно как разницу между максимально возможным проявлением какой-либо функции и уровнем этой функции в состоянии покоя. При этом установлено, что объём физиологических резервов организма человека очень велик. Приведенная ниже таблица 1.3 наглядно демонстрирует, каким широким диапазоном усиления функций (то есть диапазоном резервов) систем кровообращения и дыхания может располагать организм человека при физических нагрузках.

Таблица 1.3

Уровень мобилизации физиологических резервов организма при физической работе

Показатели физиологических функций	Покой	Тяжелая работа	Кратность изменений
Частота пульса (уд./мин)	70	180	2,6
Систолическое давление (мм рт. ст.)	120	200	1,7
Диастолическое давление (мм рт. ст.)	80	40	2,0
Пульсовое давление (мм рт. ст.)	40	140	3,5
Ударный объём крови (мл)	60	180	3,0
Минутный объём крови (л/мин)	4,2	32	7,6
Частота дыхания (за 1 мин)	10	35	3,5
Лёгочная вентиляция (л/мин)	6,0	60	13,3
Число открытых капилляров на 1 мм ² поперечного сечения мышцы	55	2500	45,5
Потребление кислорода (л/мин)	0,25	4,0	16,0

В качестве подтверждения большого объёма физиологических резервов организма следует указать, что при выполнении тяжёлой физической нагрузки минутный объём дыхания может увеличиваться в 20-30 раз, а минутный объём крови у тренированных людей иногда достигает 40 литров, то есть увеличивается в 8-10 раз по сравнению с покоем. Давление крови в аорте и крупных артериях в аналогичной ситуации повышается на 30% относительно исходного уровня. При таких условиях общая работа сердца может возрастать в 10,4 раза, что свидетельствует о значительном объёме его резервных возможностей. Хорошим примером физиологических резервов организма человека также является то, что в циркулирующей крови зарезервирован объём кислорода, который почти в 3 раза превышает его потребление при одном кругообороте; это имеет огромное значение в плане обеспечения аэробной мощности работы.

В ряде случаев физиологические резервы позволяют человеку выживать и сохранять работоспособность при воздействии таких экстремальных факторов, интенсивность которых значительно превышает официально

разрешенные предельно допустимые уровни (ПДУ). Так, например, нормы предусматривают содержание CO_2 во вдыхаемом воздухе на производстве не более 1%, а при сложной операторской деятельности 0,5-0,6%. Однако некоторые люди сохраняют работоспособность в течение нескольких часов при повышении содержания CO_2 в воздухе до 2-3%. Нижняя граница ПДУ содержания в воздухе O_2 соответствует 19,5-18,0%. Вместе с тем многие хорошо тренированные люди могут длительно, без развития патологии в организме, находиться и сохранять работоспособность при снижении содержания O_2 во вдыхаемом воздухе до 16,0%.

Принято различать *три уровня реализации физиологических резервов*, мобилизация которых осуществляется в зависимости от воздействующих факторов (Г. Ульмер, 1986; Н.А. Агаджанян и др., 1998).

1. Первый уровень реализации физиологических резервов – усиление деятельности организма сразу же *при переходе от состояния относительного покоя к привычной повседневной деятельности*. Механизмами включения резервов в таких случаях являются условные и безусловные рефлексы на фоне обычной активации работы эндокринных желёз. При данном уровне использования резервов человек способен без утомления выполнять автоматические действия (прочно укоренившиеся рабочие стереотипы). На данном уровне резервов организм находится в *состоянии физиологической готовности* – формы деятельности, протекающей при непрерывном произвольном контроле, которая, однако, никогда не становится столь интенсивной, чтобы вызвать ощущение напряжения или утомления.

2. Второй уровень мобилизации резервов организма соответствует активации деятельности в экстремальных ситуациях, при напряжённой профессиональной нагрузке и воздействии на человека необычных факторов. Дополнительная мобилизация резервов на этом уровне достигается за счёт нервно-психического и эмоционального напряжения, связанного с резким усилением функции гипоталамо-гипофизарно-адреналовой системы. По выражению Г. Ульмера (1986), это уровень *«обычных резервов»*, которые привлекаются только усилием воли и в результате использования обуславливают развитие утомления.

3. Третий уровень физиологических резервов – резервы, не подчинённые воле, которые не могут быть мобилизованы даже при самой сильной попытке и доступны организму лишь в экстренных ситуациях. Такие резервы называют *«резервами, защищёнными вегетативной нервной системой»*, они используются только в борьбе за жизнь и, как правило, приводят к развитию патологических функциональных состояний, психического и физиологического истощения, клинической симптоматики.

Следует подчеркнуть, что для человека решающую роль в мобилизации физиологических резервов играют социальные факторы, например степень социальной значимости выполняемой деятельности, степень лич-

ной ответственности субъекта за результат деятельности. Кроме того, мобилизация физиологических резервов связана с биологической значимостью для организма реакций, развивающихся в ходе деятельности.

Методы изучения физиологических резервов

Главным методом изучения физиологических резервов являются *функциональные пробы*, которые представляют собой кратковременные, дозированные по интенсивности и продолжительности физические или умственные нагрузки, которые сопровождаются регистрацией параметров анализируемой функции с последующим сопоставлением её значений, получаемых до и после пробы (теста). Наиболее распространённым в исследованиях функциональных резервов является метод эргометрии.

Эргометрия представляет собой один из основных методов объективной оценки физиологических резервов, функционального состояния и уровня физической работоспособности человека по величине выполняемой работы (Р. Шмидт, Г. Тевс, 1986). Содержание эргометрии заключается в процедуре воздействия на человека определённой нагрузкой (выраженной в ваттах или джоулях), в ходе которой производится регистрация как выполняемой работы, так и физиологических реакций.

В наиболее простом случае эргометрия предполагает оценку работы, производимой в ходе перемещения массы тела при *приседаниях* или *подъёме на ступеньку (стен-тест)*. При таком варианте динамическая нагрузка на организм зависит от массы тела человека и расстояния, на которое эта масса переносится (поднимается). Коэффициент полезного действия в данном случае значительно меняется в зависимости от характера движений, поэтому сопоставлять физиологические реакции, вызываемые такой работой, сложно.

Указанные недостатки устраняются при использовании эргометров, дающих возможность поддерживать коэффициент полезного действия во время работы на относительно постоянном уровне. Существуют два вида эргометров.

Велоэргометры. При таком способе нагрузка обеспечивается вращением колеса стационарного велосипеда с преодолением сопротивления, создаваемого фрикционным поясом, динамомашинной или тормозом на вихревых токах (рис. 1.2). Мощность выполняемой при педалировании работы дозируется с помощью колеса-маховика, которое может вращаться свободно или под отягощением, что и создаёт торможение. С изменением отягощения меняется мощность выполняемой работы. Торможение колеса-маховика (1) происходит автоматически с помощью ленты (привода), которая расположена вокруг обода колеса (2). Оба конца привода укреплены на вращающемся барабане (3), на котором расположен маятник-стрелка со

шкалой (4). Ленту-привод можно натягивать с помощью специального подъёмного устройства, и тогда стрелка будет перемещаться по шкале от нуля до отметки 7 кг. Мощность нагрузки (кгм/мин) определяется умножением расстояния (в метрах) на отягощение (в килограммах). Например, стрелка спидометра при вращении педалей показывает 30 км/час, что составляет 500 м/мин. Стрелка шкалы отягощения стоит на цифре 1 кг. Следовательно, мощность работы будет равна 500 кгм/мин ($500 \text{ м/мин} \times 1 \text{ кг} = 500 \text{ кгм/мин}$).



Рис. 1.2. Велоэргометр. Обозначения: 1 — колесо-маховик, 2 — лента-привод, 3 — вращающийся барабан, 4 — маятник-стрелка со шкалой для установки отягощения нагрузки (от нуля до 7 кг).

Описание принципа работы дано в тексте

Тредбан-эргометры. В данном случае человек, стремясь сохранить положение своего тела, шагает по наклонной бегущей дорожке (рис. 1.3). Центр тяжести тела постоянно поднимается на такую же высоту, на которую его опускает дорожка (в зависимости от скорости её движения и наклона). Подобно велоэргометру, тредбан-эргометр позволяет производить работу с коэффициентом полезного действия 20-25%. В зависимости от скорости движения ленты положение центра тяжести тела перемещается на расстояние d за время t , снижаясь на величину h . Для поддержания вы-

соты h на постоянном уровне человек должен переступать ногами достаточно быстро, с тем чтобы масса его тела W поднималась на высоту, равную $d \times \sin \alpha$. Работа P при этом вычисляется по формуле:

$$P = W \times d \times \sin \alpha \times t^{-1}.$$

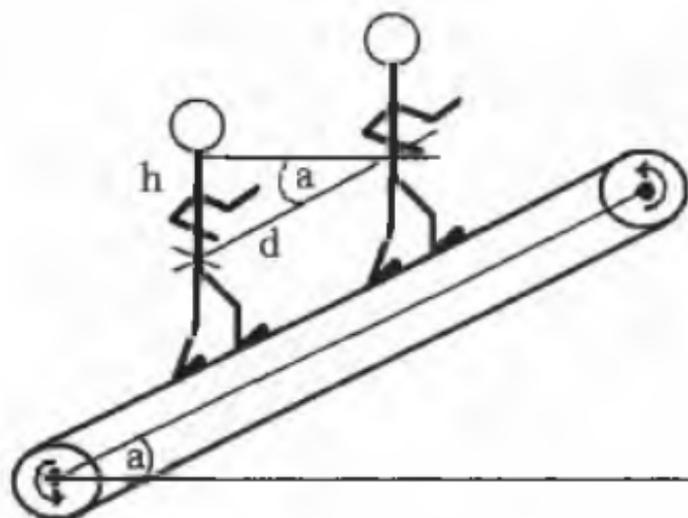


Рис. 1.3. Схема выполнения работы на treadбан-эргометре (Р. Шмидт, Г. Тевс, 1986). Описание дано в тексте

Методы увеличения физиологических резервов организма

В настоящее время формируется тенденция к заметному снижению уровня физиологических резервов организма человека. Основные причины этого явления – хроническое утомление и переутомление в процессе профессиональной деятельности, экстремальные факторы, десинхронизация, гиподинамия, информационные перегрузки, низкий уровень физического развития человека.

Эти обстоятельства ставят перед физиологией труда задачу разработки новых и коррекции уже имеющихся методов расширения физиологических резервов. В ряду этих методов следует назвать различные формы закаливания, тренировок и обучения, а также использование фармакологических средств адаптогенного действия.

Тренировки являются наиболее физиологическим и эффективным способом повышения работоспособности, так как обеспечивают истинное увеличение резервных возможностей организма. На рисунке 1.4 отражены

основные этапы проведения специально направленной физической тренировки с целью увеличения физиологических резервов организма человека и повышения эффективности его трудовой деятельности.



Рис. 1.4. Схема разработки системы физической тренировки, направленной на повышение физиологических резервов организма человека при выполнении трудовой деятельности

Эффективность профессиональной тренировки зависит от ряда условий, которые необходимо соблюдать при её проведении в процессе профессионального обучения:

- знание обучающимися результатов своих тренировочных занятий;
- предотвращение явления интерференции (наложения, одновременного воздействия) и отрицательного переноса профессиональных навыков;
- разнообразии условий тренировки;

г) знание обучающимся соответствующих принципов профессиональной деятельности и неразрывное сочетание теоретического обучения и практических упражнений;

д) эффективность инструктажа.

1.8. АДАПТАЦИЯ К ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Характеристика понятия «адаптация»

В биологии под термином «адаптация» (лат. *adaptatio* – приспособление) подразумевают приспособление строения и функций организмов (и их групп) к условиям существования. *Адаптацией называют как процессы приспособления, происходящие в жизни индивидуума, так и изменения в организмах целых популяций на протяжении периода их существования.*

В процессе адаптации вырабатываются свойства и признаки, которые оказываются наиболее выгодными организму (или целой популяции) и обеспечивают его способность к существованию в конкретной среде обитания. При этом к адаптации относят все виды врождённой и приобретённой приспособительной деятельности, которые обеспечиваются определёнными физиологическими реакциями, происходящими на клеточном, органном, системном и организменном уровне. Адаптацией также иногда называют сам результат процесса приспособления, то есть наличие у организма приспособленности к некоторому фактору среды.

Для человека адаптация приобретает дополнительный смысл и несколько иное содержание, чем для животных, что обусловлено социальными закономерностями существования людей и их взаимоотношениями с окружающей природой. Вместе с тем, реакции организма человека на экологические факторы имеют много общего с соответствующими изменениями в организме животных. *В применении к человеку адаптацию рассматривают как процесс приспособления организма к общеприродным, социальным и производственным условиям.*

Проблема адаптации человека входит в круг интересов различных наук – экологии, физиологии, медицины, психологии. При этом биоэкология, экология человека и экологическая медицина исследуют видовую адаптацию, тогда как в предмет изучения физиологии человека и экологической физиологии человека, составной частью которой является физиология труда, входят особенности и механизмы формирования индивидуальной адаптации. *Индивидуальная (или фенотипическая) адаптация формируется в процессе взаимодействия конкретного организма с окружающей его средой и обеспечивается специфическими для этой среды структурными и функциональными изменениями.*

Адаптационные способности человека, включая его приспособление к труду, характеризуются существенными индивидуальными различиями. Так, например, В.П. Казначеев (1973, 1980) обосновывает наличие трёх видов индивидуальной стратегии адаптивного поведения человека. Первый тип («спринтер») характеризуется способностью хорошо выдерживать воздействие кратковременных сильных нагрузок и неспособностью противостоять слабым, но длительно действующим раздражителям. Второй тип («стайер») отличается способностью индивида сохранять высокий уровень устойчивости при длительных слабых воздействиях и проявлять крайнюю неустойчивость к кратковременным интенсивным нагрузкам. Третий тип («микст») сочетает в своих реакциях на внешние стимулы не всегда дополняющие друг друга черты, присущие первому и второму видам адаптивного реагирования.

Н.Н. Сиротинин (1981) также предлагает выделять три типа индивидуального реагирования (гипер-, гипо- и нормоэргический), которые относятся к «аварийной» (срочной) реакции организма на изменение условий среды при его непосредственном контакте с экстремальным раздражителем. При оценке адаптивных возможностей конкретного индивида необходимо принимать во внимание то, что индивидуальный характер адаптации опосредуется в каждом человеке его генофенотипическими свойствами, особенностями социальной и производственной деятельности, а также среды обитания (Н.А. Агаджанян с соавт., 1998).

Профессиональная адаптация

Важнейшей формой индивидуальной адаптации человека является профессиональная адаптация. Под *профессиональной (трудовой) адаптацией* подразумевают процесс приспособления организма человека к различным аспектам и условиям трудовой деятельности. Профессиональную адаптацию необходимо представлять как многоуровневый функционально детерминированный процесс адаптации к труду, включающий физиологические, личностно-психологические, поведенческие и социальные компоненты.

Изучением профессиональной адаптации занимаются многие отрасли прикладной физиологии (физиология труда, физиология спорта, авиакосмическая физиология, экологическая физиология). В рамках проблемы адаптации эти науки разрабатывают следующие вопросы: анализ общих закономерностей адаптации; выявление адаптационных изменений организма человека и изучение динамики его работоспособности на фоне действия таких факторов, как монотония, гипокинезия, сенсорная депривация; механизмы формирования пограничных состояний, предболезней и болезней под влиянием экстремальных адаптогенных факторов и др.

Адаптация человека к труду и производственным условиям является важнейшим компонентом и одновременно задачей любого трудового процесса, от решения которой в значительной степени зависит достижение конечной цели работающего как биоиндивида и как члена общества. Профессиональная адаптация, как многомерный процесс и системная реакция организма, существенно отражается на эффективности работы отдельных индивидов и рабочих коллективов, а также на состоянии их здоровья и продолжительности активного периода жизни. Именно поэтому проблема профессиональной адаптации занимает одно из центральных мест среди направлений, разрабатываемых физиологией труда.

Факторы адаптации

На современном этапе жизни отмечается бурное развитие экономики, средств связи и транспорта, что значительно увеличивает миграционные потоки населения, в том числе к новым местам профессиональной деятельности. Кроме того, социальные условия жизни человека, связанные с его трудовой деятельностью, породили целый ряд специфических факторов, к которым необходимо адаптироваться.

Факторы, при воздействии которых в организме развиваются адаптационные сдвиги, называются *адаптогенными*. Г. Селье (1936) для характеристики раздражителей, вызывающих адаптацию, использовал название *стресс-факторы*. Отдельные исследователи называют адаптогенные факторы *экстремальными* (Н.А. Агаджанян с соавт., 1998). При этом следует помнить, что экстремальными могут быть не только отдельные воздействия на организм, но и изменение условий его существования в целом (например, трансмеридианные перемещения, переезд с юга на Крайний Север и т.п.). Адаптогенные факторы, сопровождающие жизнь и трудовую деятельность человека, делятся на природные и социальные (рис. 1.5).

На современном этапе жизнедеятельности человека число социальных и природных адаптогенных факторов очень велико. Так, попадая в новые условия жизни и работы, человек непосредственно сталкивается с ранее неизвестными видами нагрузок:

- перемещение через временные пояса в течение короткого промежутка времени;
- необычные климато-географические условия;
- психо-эмоциональное напряжение, связанное с увеличением скорости производственного процесса и повышением требований к функции внимания;
- гипокинезия;
- новые виды химических и энергетических воздействий;

- употребление пищи, содержащей большие количества искусственных продуктов;
- изменение состава питьевой воды;
- приём значительного количества лекарственных препаратов;
- изменение уровня барометрического давления (сочетание гипобарии и гипоксии; гипербария);
- колебания уровня космических и тепловых излучений;
- невесомость и т.д.

Все эти обстоятельства представляют собой факторы, неизменно вызывающие в организме структурно-функциональные адаптационные перестройки краткосрочного или длительного характера.



Рис. 1.5. Классификация факторов адаптации
(Н.А. Агаджанян с соавт., 1998)

Дополнительную экстремальность адаптогенным факторам придает несовпадение во времени их действия с ритмами физиологической и психической активности человека. При резком изменении условий жизнедеятельности, в том числе при нарушении экзогенных ритмов (смена часовых поясов, непривычное соотношение длительности сезонов года, переход на сменный режим работы и пр.) происходит рассогласование эндогенно обусловленных ритмов в деятельности функциональных систем организма (десинхроноз).

Особенно много факторов, способных воздействовать на биоритмы человека, отмечается в условиях Крайнего Севера и приравниваемых к нему регионах (например, Ханты-Мансийский автономный округ РФ). В указанных климато-географических зонах на организм человека оказывают влияние необычные световые режимы в зимние и летние месяцы, выраженные колебания метеорологических и физических параметров среды, резкие перепады утренних, дневных и ночных температур воздуха. Наиболее длительное состояние десинхроноза наблюдается у людей, профессиональная деятельность которых осуществляется посменно, с периодическим переходом из дневных смен в ночные. Даже однократное изменение периодичности или соотношения продолжительности цикла «сон – бодрствование» снижает физическую и умственную работоспособность.

Частая смена часовых поясов является одной из наиболее распространённых причин состояния *незавершённой адаптации*. В частности, как свидетельствуют экспериментальные и клинические исследования, при фазовом сдвиге ритма «сон – бодрствование» на 5 часов (в том числе при трансмеридианных перелетах через соответствующее число часовых поясов) продолжительность ресинхронизации циркадианных ритмов систем организма составляет у человека 4-5 суток. При сдвиге суточного ритма на 6-7 часов прежние амплитудно-фазовые характеристики циркадианных колебаний процессов жизнедеятельности восстанавливаются через 10 и более дней (В.Б. Брин с соавт., 1994; Н.А. Агаджанян, Н.В. Ермакова, 1997). Изучение изменений в организме, развивающихся на фоне десинхронозов, очень важно для человека, так как многие заболевания часто сопровождаются нарушениями эндогенного ритмогенеза, а степень отклонения биоритмологических характеристик от нормы, как правило, коррелирует с тяжестью заболевания.

Общие механизмы адаптации

Механизмы адаптации очень сложны, они базируются на определённых соотношениях нейроэндокринных процессов и активности вспомогательных систем, благодаря чему достигается гомеостазис, адекватный новым условиям существования организма. Адаптацию можно представить как цепь реакций различных систем, одни из которых должны видоизменять свою деятельность, а другие – регулировать эти изменения.

Ключевым звеном и механизмом фенотипической адаптации является взаимосвязь между функциями всех уровней организма и его генетическим аппаратом. Генетическая программа организма предусматривает возможность эффективной целенаправленной реализации жизненно необходимых адаптационных реакций под влиянием среды. Поскольку основой жизни является обмен веществ, неразрывно связанный с энергетическими процессами, то реализация адаптации должна осуществляться через преобра-

зование метаболизма и переход его на тот уровень, который соответствует новым условиям.

В процессе индивидуальной приспособительной реакции в результате селективной экспрессии генов в организме происходит формирование *структурных следов адаптации*, что проявляется образованием «запасов» памяти, навыков и векторов поведения. В результате этого в организме устанавливаются новые параметры физиологических и психических функций, новые значения констант гомеостаза, который в случае профессиональной адаптации иногда называют «гомеостазом деятельности», то есть формируется *совершенная долговременная адаптация* (рис. 1.6).



Рис. 1.6. Механизмы индивидуальной адаптации
(Н.А. Агаджанян с соавт., 1998)

С точки зрения приспособительного поведения человека и механизмов формирования трудовая адаптация относится к типу активных адаптаций, которые сопряжены с развитием специфических и неспецифических реакций организма. В своё время Г. Селье назвал такую активную форму приспособления (сопротивления) организма к действию повреждающих (адаптогенных) факторов *кататоксической*. Кроме активной адаптации существуют ещё две формы приспособительного поведения, такие как бегство от неблагоприятного фактора и пассивное подчинение его действию.

Пассивную форму сосуществования организма с раздражителем Г. Селье определял как *синтаксическую*.

Биологическое содержание активной индивидуальной адаптации заключается в установлении и поддержании гомеостаза, позволяющего существовать в изменённой окружающей среде. Для адаптированного организма характерны мобилизация энергоресурсов, повышенный синтез структурных и ферментативных белков, мобилизация иммунных механизмов. В этом смысле физиологическая индивидуальная адаптация представляет собой устойчивый уровень активности и взаимодействия функциональных систем, органов, тканей и клеток, а также механизмов управления ими. Основные критерии совершенной и долговременной адаптации схематически представлены на рисунке 1.7.



Рис. 1.7. Критерии адаптации (Н.А. Агаджанян с соавт., 1998)

Этот уровень обеспечивает нормальную жизнедеятельность и полноценную трудовую активность человека в новых, в том числе социальных, производственных и природных, условиях существования. При формировании устойчивой адаптации достигается стабильно высокий уровень аэробной мощности организма, резистентность к хронобиологическому фактору, восстанавливается иммунный статус, в центральной нервной сис-

теме устанавливаются висцеро-моторные интеграции, появляется способность к воспроизведению здорового потомства.

Фазовая структура процесса адаптации

Адаптационные изменения в организме при тренирующих воздействиях адаптогенных раздражителей формируются постепенно и характеризуются закономерной стадийностью. Впервые фазное протекание адаптационных реакций организма выявил Г. Селье (1936, 1960) в процессе изучения стресс-синдрома. Согласно концепции стресса, адаптационный синдром развивается в три стадии: 1) реакция тревоги; 2) стадия резистентности; 3) стадия истощения. Трёхфазная природа общего адаптационного синдрома дала первое указание на то, что способность организма к приспособлению, или, как её называл Г. Селье, адаптационная энергия, не беспредельна. Мышечная нагрузка, холод, болезнетворные воздействия и другие стрессоры могут переноситься организмом только в течение ограниченного срока. После первоначальной реакции тревоги (мобилизации) организм адаптируется и оказывает сопротивление стресс-факторам, причём продолжительность этого периода устойчивости зависит от врождённой приспособляемости организма и от силы стрессора. При длительном действии стрессора наступает истощение. Фазный характер формирования реакций адаптации, установленный Г. Селье, не вызывает сомнения.

С позиций современных представлений о механизмах приспособительной деятельности организма в процессе профессиональной адаптации принято выделять четыре фазы (Я.И. Ажиба, 1991; Н.А. Агаджанян, 1998).

Первая фаза адаптации – *аварийная*. Развивается в самом начале действия адаптогенного (физиологического, производственного, патогенного и пр.) фактора. Характеризуется активацией симпатoadреналовой системы, катаболической направленностью метаболизма, генерализованным возбуждением в центральной нервной системе, повышенной эмоциональностью (чаще негативной модальности). Это фаза срочной (кратковременной) и несовершенной адаптации, когда организм функционирует на пределе своих возможностей, но оптимальный эффект деятельности не достигается.

Вторая фаза – *переходная к устойчивой адаптации*. Развивается только при повторном действии фактора. Отличается снижением возбудимости центральной нервной системы и формированием функциональных систем, управляющих процессами приспособления организма к новым условиям трудовой деятельности. В эту фазу ослабляется общая интенсивность эндокринных реакций, меняется гормональный фон, активируется продукция кортикостероидов.

Третья фаза – фаза *устойчивой адаптации*, или *резистентности* – по своему содержанию является собственно долговременной и совершенной адаптацией. Устойчивая адаптация развивается на основе многократной реализации срочной адаптации. Характеризуется новым уровнем функционирования мембранных, клеточных и тканевых элементов в виде образования структурных следов адаптации. В эту фазу организм приобретает как неспецифическую, так и специфическую устойчивость.

Четвёртая фаза адаптации – *истощение*. Наступает в результате постоянного напряжения организма под влиянием длительно действующего адаптогенного фактора и по сути является *дезадаптацией*. В эту фазу физиологические и поведенческие эффекты напоминают признаки срочной адаптации, однако они протекают на фоне дезинтеграции и дискоординации деятельности функциональных систем организма. Деадаптация чаще всего развивается в тех случаях, когда действие факторов, явившихся стимуляторами адаптивных реакций, резко усиливается, что может привести к гибели организма.

Адаптоспособность организма и оптимизация профессиональной адаптации человека

Адаптоспособность (адаптивность) организма – способность к адаптации и достижению того или иного уровня адаптированности к выполнению профессиональной деятельности. Необходимо различать адаптоспособность вообще, то есть приспособляемость к самым различным адаптогенным факторам, и адаптивность к какому-то конкретному адаптогену (виду деятельности).

Сокращение сроков адаптации и достижение соответствующего уровня адаптированности, при котором возможна реализация заданной эффективности и надёжности работы, требует оптимизации внутренних и внешних детерминант адаптации к конкретному виду труда. Оптимизация внутренних детерминант профессиональной деятельности направлена на повышение адаптоспособности организма. Основными направлениями увеличения адаптоспособности могут быть:

- тренировка неспецифических механизмов адаптации путём применения физических нагрузок, закаливания;
- формирование специфических механизмов адаптации путём производственного обучения, упражнений и тренировки навыков;
- применение дробного метода адаптации;
- применение фармакологических веществ (стимуляторов, транквилизаторов, энергетических нормализаторов, витаминов, адаптогенов и др.);

- воздействие на индивидуально-личностные качества человека (формирование необходимых установок и мотиваций, обучение управлению психофизиологическими реакциями, психоэмоциональным стрессом);
- применение принципа биоадаптивного управления, то есть использования средств оптимизации адаптационного процесса только в зависимости от текущего состояния организма.

1.9. АНАЛИЗ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СПЕЦИАЛИСТОВ

Профессиография

Изучение трудовой деятельности человека осуществляется, в основном, методом профессиографии. *Профессиография* – описание конкретной профессии, которое отражает цели и задачи данного вида труда, условия и организацию выполнения отдельных этапов и всей работы в целом, а также её психофизиологическую характеристику.

Психофизиологический анализ профессиональной деятельности является исходным пунктом решения теоретических и практических вопросов физиологии труда. Профессиография должна проводиться последовательно, по строгой схеме, с учетом особенностей работы человека в условиях современного производства. Только на основании этих данных может быть успешно осуществлено исследование, направленное на оценку функционального состояния человека в процессе профессиональной деятельности и изучение динамики его работоспособности с целью повышения эффективности и качества работы.

При анализе профессиональной деятельности человека в условиях производства используются следующие методические приёмы.

1. *Изучение официальных документов* (инструкций по эксплуатации техники, руководств по её использованию, нормативов по оценке классности специалистов и т.д.). Сюда относятся документы, характеризующие содержание и организацию трудовой деятельности, устройство системы управления, особенности окружающей производственной среды, а также документы, отражающие итоги деятельности и характеризующие личностные особенности специалистов. Эти документы дают возможность ознакомиться с существом профессиональной деятельности, устройством рабочего места, организацией взаимодействия между специалистами, между специалистом и техническим устройством. При этом выделяются наиболее важные операции (например, связанные с дефицитом времени, аварийной опасностью и т.д.) и ориентировочно оценивается психофизиологическая сущность выполнения их специалистами. Из документов можно получить информацию о режимах трудовой деятельности работающих, а также све-

дения, необходимые для оценки личностных качеств и уровня профессионального мастерства конкретных специалистов.

2. *Инженерно-психологическое обследование оборудования* предполагает сбор сведений о рабочем месте, назначении и конструкции основных систем, обслуживаемых специалистом, и их характеристику с точки зрения удобства пользования. Составляются схемы расположения основных приборов на рабочем месте (доступность для обслуживания, зоны досягаемости, обзора и т.д.), а также изучаются данные о назначении, принципе действия и конструктивных особенностях приборов. При этом необходимо постоянно сопоставлять получаемые данные с нормативными рекомендациями и инженерно-психологическими требованиями.

3. *Наблюдение за ходом рабочего процесса* с целью получения более точного описания объективных сторон работы и трудового поведения специалистов. При наблюдении учитываются: поступающая информация (сведения и команды) и каналы её движения; временная характеристика работы (непрерывная, дискретная и т.д.); загрузка анализаторов, их взаимодействие, ведущий анализатор; функциональная нагрузка опорно-двигательного аппарата; данные о функции центральной нервной системы; особенности психической деятельности специалиста и степень его нервно-эмоциональной напряжённости. Наблюдение за трудовым процессом удобно проводить, имея готовую графическую схему алгоритма выполнения наиболее важных операций. Кроме того, эти наблюдения должны быть дополнены оценкой функционального состояния работающего.

4. *Беседы со специалистами*, профессиональная деятельность которых подвергается анализу. Таким способом получают дополнительную информацию об особенностях трудовой деятельности и о субъективном отражении тех или иных трудовых операций. Беседа проводится в произвольной форме. Основная задача этой беседы сводится к получению субъективной характеристики данного вида деятельности, а не к изучению личности человека, с которым ведётся беседа.

5. *Отчёт специалиста в процессе профессиональной деятельности (самоотчёт)*. Такой приём наиболее пригоден для анализа той части деятельности, которая протекает как мыслительный процесс. В этом случае устный отчет о выполненных специалистом операциях существенно не нарушает структуру самой деятельности. Надо подчеркнуть, что для анализа структуры мыслительных процессов метод текущего отчета (то есть «думание вслух») является пока незаменимым. При этом наиболее целесообразно использовать магнитофонную регистрацию.

6. *Анкетирование и экспертная оценка*. Анкетирование специалистов – это получение письменных ответов на поставленные вопросы. Могут использоваться анкеты двух типов. Первый тип предполагает «свободный ответ» анкетированного, а второй – «выбранный ответ». В первом случае вопросы формируются таким образом, что специалист может дать (написать)

на них любой ответ, причём в свободной, произвольной форме. Во втором случае после каждого вопроса предлагается перечень возможных ответов, из которых необходимо выбрать один.

Экспертная оценка со шкалированием представляет собой анкетирование наиболее опытных специалистов с применением системы отметок в баллах. Экспертами здесь должны быть специалисты по физиологии труда, изучавшие данный вид деятельности.

7. *Хронометраж.* Данный метод заключается в измерении времени выполнения отдельных трудовых операций и является основным способом получения информации о структуре деятельности. Проведение хронометража позволяет установить длительность отдельных трудовых операций (после чёткого определения уровня «квантования» рабочего процесса), частоту их повторяемости за определённые временные интервалы, интенсивность рабочего процесса, продолжительность пауз между отдельными операциями. Методы измерения времени могут быть различными – от использования пружинного секундомера, включаемого наблюдателем, до киносъёмки с последующим расчётом времени рабочих операций или реакций с точностью до миллисекунд.

8. *Объективная регистрация и изучение трудовых операций, составляющих специфику работы.* Исследование предполагает сбор сведений о количестве отдельных операций в трудовой деятельности, об их временных характеристиках и напряжённости. При этом могут использоваться следующие методики:

а) регистрация движений глаз человека с помощью метода электроокулографии;

б) регистрация рабочих движений (манипуляций) средствами управления (рычагами, педалями, рулями и т.п.). В данном методе применяются различные способы регистрации движений рук или ног с использованием тензометрических датчиков с последующим усилением сигнала и записью его на осциллографе или самописце;

в) регистрация речевых сообщений (команд, докладов) с точной временной «привязкой» речевых сообщений к другим процессам и операциям. Для этих целей удобно использовать многоканальную магнитную запись. Следует иметь в виду, что по характеру речи, определяемому с помощью её спектрального анализа, можно судить также о степени эмоционального напряжения человека;

г) изучение рабочей позы и регистрация изменений (смещений) в процессе работы центра тяжести головы (кефалография) и тела (стабилография);

д) регистрация показателей некоторых физиологических функций (параметров систем дыхания и кровообращения в обязательном порядке).

9. *Анализ ошибок в работе специалиста.* Этот метод наиболее важен при изучении трудовой деятельности специалистов-операторов, работающих

щих в системе «человек – машина». Ошибки в работе оператора могут быть связаны с неправильным восприятием информации (сенсорная ошибка), неправильно принятым решением (логическая или эвристическая ошибка) и неправильной реализацией решения (операционная ошибка). Анализ ошибок осуществляется на основании их классификации.

10. *Алгоритмический анализ профессиональной деятельности.* Данный прием даёт количественную оценку сложности деятельности и эмоциональной, нервно-психической напряженности. Сущность его состоит в расчленении трудового процесса на качественно различные составляющие отдельных операций или элементов, определения их логической связи между собой и порядка следования друг за другом. Имеется несколько способов алгоритмического описания трудового процесса, а именно:

а) словесное описание, то есть последовательное подробное изложение всех выполняемых операций в зависимости от тех или иных условий;

б) составление логических схем алгоритма в символической форме и строчной записи. Для составления логических схем алгоритма необходимо расчленить рабочий процесс на ряд элементарных операций и выделить условия, в которых эти операции осуществляются. Элементарные операции для записи обозначаются большими латинскими буквами (А, В, С, D и т.д.), а условия, которые нужно учесть, обозначаются малыми латинскими буквами (а, b, с, d и т.д.). Логические схемы, составленные из элементарных операций и внешних условий, следуют друг за другом;

в) составление граф-схемы или кинематического графика, которые дают наглядное изображение всех связей и взаимоотношений в алгоритме трудовой деятельности. Этот вид представления алгоритма трудового процесса необходим для наблюдения за реальной рабочей деятельностью.

11. *Гигиеническая оценка факторов внешней среды, в которой протекает профессиональная деятельность человека.* Изучение факторов производственной среды (физических, химических и др.) необходимо в процессе анализа трудовой деятельности как для выяснения причин тех или иных сдвигов в состоянии профессионально важных психофизиологических качеств, так и для выявления тех факторов среды, которые являются либо источником помех, либо причиной неспецифической напряжённости деятельности. Особое значение имеет характеристика социальной среды, коллектива, в котором осуществляется профессиональная деятельность специалиста. Для этого целесообразно использование некоторых социологических приёмов.

12. *Эксперимент в условиях производства (на заводе, у станка и т.п.) или моделирование деятельности (специальные модельные установки и стенды).*

К экспериментальным приёмам психофизиологического анализа трудового процесса в условиях производства можно отнести следующие методы:

а) «трудовой метод», сущность которого состоит в том, что исследователь (физиолог, гигиенист и др.) лично овладевает профессией (например, операторский) и затем дает ей характеристику на основании собственных ощущений. Этот метод ограничен наиболее простыми видами трудовой деятельности;

б) «метод дополнительных задач», заключающийся в постановке перед работающим человеком дополнительных задач, которые легко дозируются и по возможности входят в структуру профессиональной деятельности. Эти дополнительные задачи по существу являются функциональными пробами, которые включаются по ходу работы специалиста;

в) «ситуационный эксперимент», в котором по ходу профессиональной деятельности человека искусственно создают ситуации, вызывающие стрессовые реакции (например, аварийные ситуации, наказание за ошибочные действия и т.п.). Этот приём позволяет получить надёжные характеристики эмоциональных и волевых качеств специалистов.

Приёмы экспериментального моделирования деятельности предусматривают вычленение отдельных составляющих рабочего процесса для детального изучения. Сюда относятся все методы анализа профессиональной деятельности на моделирующих стендах (тренажёрах, имитаторах, тахистоскопах и т.д.).

Профессиограмма и психофизиологический формуляр специалиста

Результаты профессиографии систематизируют и оформляют в виде документа, называемого *профессиограммой*. Профессиограмма состоит из нескольких частей и может, в зависимости от цели изучения профессиональной деятельности работника, включать описание самой профессии, условий труда, а также оценку вовлечения и степени напряжённости психических, психофизиологических и физиологических функций.

Результаты анализа профессиональной деятельности того или иного специалиста вносят в соответствующий «*Психофизиологический формуляр специалиста*», что позволяет более чётко систематизировать материалы исследования. Психофизиологический формуляр специалиста включает три основных раздела.

Раздел I. Общая характеристика трудовой деятельности:

1. Название специалиста.
2. Образование, разряд, классность и т.д.
3. Краткое описание сущности деятельности (её цель, место специалиста в системе управления, организация потоков информации)
4. Характеристика основных рабочих операций (профессиограмма).

5. Основные сведения о взаимоотношениях с другими специалистами (подчинённость, связь по работе, количество приходящих сообщений в единицу времени, на протяжении отдельных этапов и всего периода деятельности).

6. Характеристика компонентов трудовой нагрузки и описание соответствующего им уровня функционального состояния организма (психофизиограмма).

Раздел II. Режим труда и отдыха:

1. Временные параметры трудового процесса (время, предусмотримое нормативами для выполнения основных операций рабочего цикла).

2. Порядок чередований и временные показатели труда и отдыха.

3. Характеристика рабочего места и основной рабочей позы.

4. Вид и характер активного и пассивного отдыха.

5. Основные гигиенические и социальные условия работы

Раздел III. Устройство рабочего места:

1. Сигнальные устройства (модальность сигнала, физические параметры сигнала, показатель обращаемости по этапам работы и по всему рабочему циклу).

2. Манипуляторы (геометрические характеристики, вид деятельности, обращаемость, необходимые физические усилия).

В зависимости от задач и целей изучения профессиональной деятельности специалиста могут быть составлены общая и частные (физиологическая, гигиеническая, психологическая, инженерно-психологическая и т.д.) профессиограммы. В физиологическую профессиограмму, в качестве составной её части, включается *психофизиограмма*, которая представляет собой результат психофизиологического анализа структуры рабочей деятельности и отражает те физиологические функции или свойства человека, которые обеспечивают успешную реализацию профессиональных навыков. В физиологической профессиограмме описываются функциональное состояние организма человека, динамика его работоспособности и физиологическая цена трудовой деятельности специалиста.

1.10. ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ ОТБОР И ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ЕГО ОРГАНИЗАЦИИ

Значение и содержание профессионального отбора

Некоторые профессии связаны с видами работ, предъявляющих повышенные или специфические требования к уровню физической подготовки, психике человека и его психофизиологическим функциям. К таким работам нельзя допускать любого работника, не учитывая соответствующих индивидуальных предпосылок к конкретному виду деятельности. Для осо-

бо ответственных и связанных с большим риском видов трудовой деятельности необходимо набирать кадры, предварительно проверив способность кандидатов выполнять работу, требующую большого физического и психического напряжения.

Например, не всем доступны профессии операторов, машинистов, шофёров. Ими могут в совершенстве овладеть лишь такие люди, которые способны надёжно выполнять сложные трудовые операции, справляться с повышенной нервно-психической нагрузкой и применять на практике свои личные и профессиональные качества, необходимые для управления современной техникой. Определённые личностные характеристики требуются также для представителей управленческого труда, включая должности руководителей на всех уровнях управления. Приёму человека на работу должно предшествовать квалифицированное и всестороннее обследование его индивидуальных возможностей, способностей и предрасположенностей с последующим составлением научно обоснованного заключения о его *производственной дееспособности*.

Поэтому важным резервом управления структурой производительных сил общества, совершенствования системы научной организации труда и повышения его социально-экономической эффективности является решение задач диагностики, формирования и развития профессиональной пригодности. В свою очередь, важнейшими условиями для успешного решения этих задач являются профессиональная ориентация молодёжи, отбор кандидатов на обучение различным специальностям, подготовка и адаптация молодых специалистов к условиям трудовой деятельности.

Особое место в указанном перечне мероприятий принадлежит профессиональному отбору, позволяющему оценить *профессиональную пригодность кандидата* в определённых сферах деятельности.

Профессиональный отбор представляет собой комплекс мероприятий, направленных на выявление лиц, наиболее пригодных к обучению и последующей трудовой деятельности по своим личностным, моральным, физиологическим и психическим качествам, уровню необходимых знаний и навыков, состоянию здоровья и физического развития.

Показателями, актуализирующими введение профессионального отбора в ту или иную специальность, являются:

- а) наличие людей, испытывающих затруднения при овладении данной профессией в заданные сроки и до такого уровня, который необходим для успешной трудовой деятельности;
- б) ответственность и опасность профессии как для самого специалиста, так и для окружающих;
- в) большая стоимость профессионального обучения, его сложность, а также сжатые сроки и массовость отбора;
- г) преобладание числа кандидатов над числом вакансий.

Кроме того, при решении вопроса о целесообразности разработки и введения системы профотбора на ту или иную специальность обязательно следует учитывать возможности снижения роли индивидуальных различий работников, повышения эффективности обучения или работы специалистов за счёт оптимизации их подготовки, рационализации режимов труда или улучшения инженерно-психологических и эргономических качеств техники и т.п.

Трудоспособность и профессиональная пригодность

Различные требования и особые условия, выдвигаемые отдельными видами труда, вызывают необходимость чёткой трактовки принципиальных положений, касающихся расстановки кадров и определения основных возможностей человека, дающих ему право работать по данной специальности или занимать соответствующую должность. Поэтому в работе с кадрами часто используются понятия «пригодность к труду» (трудоспособность) и «способность к труду» (профессиональная пригодность). Зачастую эти понятия употребляются как синонимы, хотя, особенно с точки зрения психофизиологической терминологии, они имеют разное значение.

Трудоспособность, или пригодность к труду – понятие широкое и общее. Оно предполагает наличие основных особенностей, обуславливающих пригодность человека к трудовой деятельности вообще. По существу, речь идёт о физической и психической способности трудиться.

Профессиональная пригодность – более узкое понятие, означающее полное соответствие профессиональных и личных качеств человека требованиям конкретной профессии (например, физические данные, состояние здоровья, профессиональная квалификация, психические и психофизиологические качества, целенаправленность личности, трудовая мотивация, стратегия индивидуальной адаптации и поведение во время работы, образ жизни вне работы).

Виды профессионального отбора

Таким образом, требования конкретной специальности обуславливают необходимость изучения в рамках профотбора *совокупности профессионально значимых качеств человека*, так как трудовая деятельность обеспечивается путём взаимодействия целого ряда физиологических функций, психических свойств и психофизиологических особенностей организма.

В связи с этим профессиональный отбор может включать в себя процедуры *медицинского, психофизиологического и психологического отбо-*

ров, в ходе которых выявляется уровень соответствия между потенциальными возможностями организма и требованиями конкретной профессии.

При этом наиболее перспективным представляется проведение *трёх-этапного отбора специалистов*. Первый этап – отбор по медицинским показаниям. Задача этого этапа «негативная», так как состоит в определении непригодности того или иного контингента к выполнению деятельности по состоянию здоровья. Второй этап – определение степени пригодности того или иного индивидуума для выполнения профессиональных обязанностей или для обучения на основании оценки психофизиологических, психических функций и личностных качеств. На этом этапе обычно возникает необходимость деления отбираемого контингента на три группы – 1) *безусловно пригодные* (лица, которые будут успешно выполнять свои обязанности); 2) *условно пригодные* (лица, которые будут допускать ошибки при определённых условиях деятельности и/или нуждающиеся в увеличении сроков обучения); 3) *безусловно непригодные* (работа таких людей в качестве специалистов может безусловно снизить эффективность и надёжность системы «человек – машина»). Наконец, третий этап отбора является контрольным. В его задачу входит, во-первых, своевременное выявление среди обучающихся или уже работающих специалистов тех лиц, которые не могут выполнять свои функции вследствие появления неблагоприятных изменений их первоначального состояния, а во-вторых, определение правильности или ошибочности двух предыдущих этапов. /

Подходы и критерии в системе профессионального отбора

Важным этапом в разработке системы профессионального отбора является *обоснование профессиональных требований* к кандидатам на обучение конкретным специальностям. С этой целью используются различные подходы.

Первый, *эмпирико-экспериментальный подход*, основан на массовом психофизиологическом обследовании «хороших» и «плохих» учащихся или специалистов с помощью обширного комплекса приёмов и выявления путём анализа корреляционных связей наиболее информативных методик и профессионально значимых качеств.

Второй подход *заключается в сборе и обобщении мнений экспертов*, опытных специалистов, однако он не позволяет стандартизировать методику определения профессионально значимых качеств и, таким образом, объективно оценить профпригодность.

Третий подход предполагает *использование приёмов детального, в ряде случаев алгоритмического анализа профессиональной деятельности* и составление на этой основе психофизиограммы деятельности. Основной

недостаток этого метода – трудоёмкость и излишняя детализация, не требующаяся для отбора.

Большинство физиологов труда считают, что разработка и обоснование профессиональных требований должны предусматривать анализ содержания трудового процесса, изучение условий и организации труда, исследование динамики функционального состояния организма и, особенно, психофизиологических функций в процессе работы. Для раскрытия этих сторон трудовой деятельности используется метод профессиографии. Следует помнить, что профессиография и психофизиологическое изучение деятельности, проводимые в целях разработки требований к специалистам, по своим задачам и приёмам несколько отличаются от изучения профессии с других точек зрения (эргономической, технической).

Так, в целях объективного выявления профессиональных требований рекомендуется использовать процедуру количественной оценки степени значимости тех или иных психофизиологических качеств для реализации отдельных трудовых операций и рабочего процесса в целом. Сущность этой процедуры в том, что после составления профессиограммы *обязательно определяются качества личности, которые обеспечивают осуществление каждого элемента рабочего процесса.* Затем выявленные психофизиологические качества и функции оцениваются по пятибалльной шкале в соответствии со следующими характеристиками:

- степень важности каждой функции для достижения конечного эффекта при выполнении конкретной рабочей операции;
- продолжительность загрузки функции в течение всего рабочего процесса;
- степень загрузки функции при выполнении отдельных трудовых операций;
- степень сложности реализации каждой функции.

Также с позиций профотбора в профессиограмму помимо основных разделов необходимо включать такие пункты, как:

- характеристика заболеваемости специалистов;
- анализ причин отчисления из учебного заведения;
- анализ причин увольнения с производства.

Методы профессионального отбора

Выявление в ходе профотбора индивидуальных особенностей, определяющих профессиональные способности человека, требует его комплексного обследования. Выделяют несколько основных методов профессионального отбора.

Электроэнцефалография. При использовании данной методики обязательно следует проводить сравнение фоновой биоэлектрической активно-

сти с её изменениями при функциональных пробах (закрывание – открытие глаз, ритмическая световая стимуляция в диапазоне 4-24 вспышек за 1 секунду, гипервентиляция, психологические тесты и пр.).

Изучение свойств личности. При этом применяют личностные опросники – специфические тесты, с помощью которых получают информацию на основе ответов на вопросы о склонностях личности, её интересах, степени общительности, особенностях поведения и реагирования в различных жизненных ситуациях. Фактически опросники являются вариантом стандартизированной упорядоченной беседы, в которой методом косвенной самооценки зондируется широкий круг проблем, касающихся личности. Наибольшую популярность в рамках психологического отбора приобрели Миннесотский многопрофильный личностный опросник (ММРП), 16-факторный личностный опросник Р. Кеттелла, опросник Г.Ю. Айзенка.

Сравнительно недавно стали применяться проективные методы исследования личности (тест Роршаха и тест тематической ашперцепции).

Тест Роршаха основан на анализе простейших продуктов творчества человека, в которых отражаются (проецируются) отдельные индивидуальные особенности личности. Инструментом при тестировании служит набор из 10 карточек с пятнами разных цветов и неопределённой формы. Испытуемый должен усмотреть в каждом пятне или их группе какой-либо определенный образ или картину, которые в дальнейшем рассматриваются как проекции индивидуальных качеств личности (в первую очередь это избирательность восприятия, особенности протекания психических процессов и характер установки).

Тест тематической ашперцепции позволяет выявить те особенности личности, которые проявляются в социальных отношениях и социальной среде: позиция личности (действенная, созерцательная, страдательная); межличностные отношения (симпатии, антипатии, привязанности); динамическая сторона личности (ритм её деятельности, эмоциональная лабильность, реактивность); способы действия (особенности практического мышления, способы решения жизненных задач) и т.п.

Оценка эмоциональной устойчивости. Применительно к задачам физиологии труда и прогнозирования профессиональной пригодности из всей совокупности понятий, относящихся к проблеме эмоций, наибольшее значение имеют два – нервно-психическая (или эмоциональная) напряжённость и эмоциональная устойчивость. Низкая эмоциональная устойчивость – основная предпосылка для возникновения и длительного сохранения эмоциональной напряжённости. Для анализа эмоциональной устойчивости используют изучение физиологических функций и наблюдение за поведением и проявлением чувств (в том числе с учётом самоотчёта испытуемых о своём эмоциональном состоянии) в условиях экспериментального создания эмоциогенных ситуаций. Для создания последних можно применять деятельность на тренажёрах, «пробу падения с колен», хождение по буму

на разной высоте от пола, комбинированную пробу на умственную работу в условиях дефицита времени и гипоксии.

Оценка физического развития и физической подготовленности. Сюда относятся антропометрические обследования в сочетании со спирометрией и анализ двигательных качеств (силы, выносливости, быстроты, координации движений) по результатам динамометрии и выполнения специальных упражнений. Для оценки двигательных качеств при отборе на операторские специальности применяются методики сенсомоторной хронорефлексометрии, электромиографии, тремографии и др.

Изучение функциональной асимметрии. В данном случае применяют специальные исследования на определение функционального неравенства парных органов (рук, ног, органов чувств, полушарий мозга) с расчётом коэффициентов моторной и сенсорной асимметрии. В отечественной физиологии труда наиболее часто в этих целях применяют тесты, разработанные Н.Н. Брагиной и Т.А. Доброхотовой (1981).

Изучение биологических ритмов. Биоритмологический отбор применяется в области космической биологии и медицины и включает:

– отбор кандидатов к предстоящему космическому полёту по результатам адаптации их к конкретному варианту «космических суток», предусмотренному программой полёта;

– отбор по принадлежности к тому или иному «биоритмологическому типу». В качестве справки по последнему пункту можно привести классификацию индивидуальных особенностей циркадианной ритмики по С.И. Степановой (1975):

1) биоритмологически подвижный тип – ритмы всех функций подвижны, человек быстро перестраивается и реагирует на сдвиги цикла «сон – бодрствование». Такие люди пригодны для видов деятельности, предполагающих перестройку суточного распорядка;

2) биоритмологически инертный тип – таким людям при смене режима сна и бодрствования свойственны отсроченная перестройка всех функций организма, длительное несоответствие функций новому режиму деятельности, нарушение сна, низкая работоспособность в период бодрствования. Представителей данного типа не следует рекомендовать для работ, связанных с перестройкой суточного ритма;

3) промежуточный тип – у таких лиц выражена неодновременность перестройки ритмов отдельных функций. Для людей этого типа характерен длительный десинхронизм, поэтому они также не могут быть рекомендованы к труду, сопряжённому с изменениями суточного ритма.

РАЗДЕЛ 2

МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

2.1. ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ

Функциональная система кровообращения относится к тем системам жизнеобеспечения целого организма, состояние которых вне зависимости от содержания выполняемой трудовой нагрузки определяет как напряжённость рабочей деятельности, так и её эффективность. Без представления о характере функциональных изменений в сердечно-сосудистой системе не решается ни один вопрос, связанный с изучением влияния качества, интенсивности и условий труда на человека.

Задание 2.1.1. Измерение частоты сердечных сокращений

Частота сердечных сокращений является весьма лабильной, а поэтому служит информативным показателем функционального состояния сердечно-сосудистой системы и рефлекторных механизмов её регуляции.

В рамках физиологии труда с целью получения наиболее адекватных результатов измерение частоты сердечных сокращений следует проводить несколькими способами. Например, частоту сердечных сокращений можно определить как частоту пульса или рассчитать по продолжительности интервалов R-R на электрокардиограмме.

В задачу данного исследования входит анализ влияния динамической физической нагрузки на частоту сердечных сокращений.

Оборудование и материалы: электрокардиограф, прибор для измерения артериального давления крови, велоэргометр или ступенька для степ-теста, секундомер, вата, спирт, марлевые салфетки, 1%-ный раствор хлорида натрия.

Ход работы

Обследование ведут студенты, выступающие поочередно в роли экспериментатора и испытуемого.

Сначала у испытуемого регистрируют частоту сердечных сокращений в состоянии покоя несколькими ниже указанными способами. При этом

необходимо помнить, что подсчёт частоты сердечных сокращений в покое следует проводить в сидячем положении после 10-минутного отдыха обследуемого человека с целью исключения влияния предшествующей мышечной или любой другой деятельности.

Для определения частоты сердечных сокращений можно использовать следующие приёмы:

- подсчитать пальпаторно (как частоту пульса);
- подсчитать визуально по шкале пульсотаксометра или по колебаниям стрелки тонометра при измерении артериального давления;
- рассчитать по электрокардиограмме с учётом продолжительности интервалов R-R.

При использовании в качестве показателя частоты сердечных сокращений такого параметра, как артериальный пульс, последний подсчитывается на протяжении не менее 30 секунд. При таком пальпаторном подсчёте частоты пульса во время работы пользуются свободной рукой обследуемого. Подсчёт проводится несколько раз, полученные данные усредняют.

Можно также использовать другой вариант пальпаторного подсчёта пульса, применив приём, значительно повышающий точность измерений. Для этого фиксируют время, в течение которого произошло 20 пульсовых колебаний. Частота пульса за минуту подсчитывается по формуле:

$$\text{ЧП} = 60 \times n / t,$$

где ЧП – частота пульса, n – число подсчитанных ударов, t – продолжительность процедуры подсчета в секундах.

Если для регистрации частоты пульса используется электрокардиограф, то сначала необходимо принять меры для избежания помех при регистрации электрокардиограммы во время физической работы. С этой целью два электрода приклеивают или укрепляют специальным поясом на боковой поверхности грудной клетки между 6-м и 7-м ребрами, а третий электрод – на уровне 7-го шейного позвонка.

В ходе электрокардиографии частота сердечных сокращений определяется по продолжительности интервалов R-R, а для облегчения процедуры перевода расстояния между соседними зубцами R (*мм*) в единицы времени (*с*) и расчета частоты пульса (*уд/мин*) пользуются прилагаемой ниже таблицей 2.1.

В том случае, когда использовать электрокардиограф нельзя, подсчитывают пульс с помощью сфигмоманометра или стрелочного тонометра. Для этой цели в манжетке, одетой на плечо обследуемого и соединенной резиновой трубкой с прибором, создают давление 75-85 *мм рт. ст.* и по движению столбика ртути или стрелки тонометра подсчитывают число сердечных ударов.

Расчёт частоты пульса по интервалам R-R электрокардиограммы (при скорости записи 25 мм/с)

Расстояние R-R, мм	Время, с	Пульс, уд/мин	Расстояние R-R, мм	Время, с	Пульс, уд/мин
10	0,40	150	23	0,92	65
11	0,44	136	24	0,96	62
12	0,48	125	25	1,00	60
13	0,52	115	26	1,04	58
14	0,56	107	27	1,08	56
15	0,60	100	28	1,12	54
16	0,64	94	29	1,16	52
17	0,68	88	30	1,20	50
18	0,72	83	31	1,24	48
19	0,76	79	32	1,28	47
20	0,80	75	33	1,32	45
21	0,84	71	34	1,36	44
22	0,88	68	35	1,40	43

Результаты, полученные в ходе проведенных измерений, сравнивают между собой, после чего экспериментатор выбирает один из способов, который будет в дальнейшем использоваться для анализа изменений частоты сердечных сокращений под влиянием физической нагрузки.

Оценка влияния физической нагрузки на частоту сердечных сокращений проводится в процессе выполнения или сразу после прекращения мышечной работы. Обычно в качестве физической нагрузки испытуемому предлагают выполнить работу в виде восхождения на ступеньку (степ-тест) или педалирования на велоэргометре в течение 3 минут. Допускается мышечная нагрузка в виде 30 глубоких приседаний в быстром темпе. При этом, по возможности, определяют частоту пульса во время выполнения физической нагрузки, а затем сразу и через 1 и 3 минуты после окончания нагрузки.

Рекомендации к оформлению задания 2.1.1

1. Обобщите и занесите в протокол опыта результаты измерений частоты сердечных сокращений в состоянии покоя.
2. Рассчитайте величину изменений частоты сердечных сокращений в условиях мышечной работы (в % относительно состояния покоя).
3. Сделайте выводы о влиянии физической нагрузки на частоту сердечных сокращений и о механизмах её регуляции.

Задание 2.1.2. Измерение артериального давления

Оборудование и материалы: прибор для измерения артериального давления, велоэргометр или ступенька для степ-теста.

Ход работы

Используя предлагаемые ниже рекомендации, проведите измерение артериального давления у испытуемого в покое, во время физической нагрузки и после неё. Сопоставьте полученные результаты с частотой сердечных сокращений.

При измерении артериального давления манжетным способом (например, методом Короткова) в состоянии мышечного покоя необходимо соблюдать следующие условия:

- рукав одежды не должен сжимать плечо;
- минимальные размеры резиновой камеры манжетки для взрослых людей должны составлять 12×22 см;
- независимо от положения тела (сидя или лежа) плечо во время измерения артериального давления должно находиться на уровне сердца и быть несколько (на угол до 45°) отведённым от туловища.
- в течение 30 мин до измерения давления крови обследуемый не должен выполнять физическую нагрузку, находиться в условиях низкой температуры окружающей среды, принимать пищу или курить;
- в течение 5 мин до измерения давления крови испытуемый не должен изменять положение тела в пространстве.

Стандартизированная процедура измерения артериального давления состоит из ряда этапов.

1. Вокруг плеча испытуемого плотно накладывают манжетку так, чтобы нижний её край оказался на 2-3 см выше локтевой ямки. Ниже манжетки располагают мембрану фонендоскопа.

2. После наложения манжетки следует выждать несколько минут, в течение которых можно собрать и занести в протокол сведения об испытуемом, а также подсчитать у него пульс.

3. Манжетку быстро надувают до исчезновения пульса в лучевой артерии.

4. Сразу после этого приступают к снижению давления. Воздух из манжетки медленно выпускают с таким расчётом, чтобы движения стрелки тонометра равнялась бы примерно 2 мм (2 деления шкалы) в секунду. При более быстрой декомпрессии точность измерения снижается.

5. На определенном этапе измерения исследователь фиксирует появление первых звуков (тонов Короткова), а показания прибора в этот момент обозначают как *систолическое давление* крови.

6. Впоследствии происходит изменение качества тонов Короткова – сначала их громкость увеличивается, затем звуки ослабевают, становятся трудно различимыми (4-я диастолическая фаза) и, наконец, исчезают (5-я диастолическая фаза). Показания прибора в момент прекращения тонов Короткова фиксируют как *диастолическое давление* крови. Изменение громкости звуков не учитывают.

Важно! При использовании визуального метода измерения давления крови на шкале тонометра необходимо учитывать ближайшее к стрелке 2-миллиметровое деление. Сознательное снижение точности измерения, когда в единицах результата записывают только 0 или 5, не оправдано.

Для оптимизации получаемых данных рекомендуется провести 2-3 измерения артериального давления с небольшим интервалом между замерами. После окончания каждого измерения уровень давления воздуха в манжетке необходимо снижать до нуля.

После завершения процедуры измерения систолического и диастолического давлений приступают к расчёту производных величин артериального давления крови.

По разнице между величинами систолического и диастолического давлений находят *пульсовое давление (пульсовую разницу)*:

$$\text{ПД} = \text{СД} - \text{ДД},$$

где ПД – пульсовое давление, СД – систолическое давление; ДД – диастолическое давление.

Затем по формуле вычисляют *среднее артериальное давление*:

$$\text{САД} = \text{ДД} + 1/3 \text{ ПД},$$

где САД – среднее артериальное давление, ДД – диастолическое давление; ПД – пульсовое давление.

Поскольку диастолическое давление при нагрузке меняется мало, то для расчёта уровня среднего артериального давления во время работы можно воспользоваться величиной диастолического давления, зарегистрированного в состоянии покоя, а пульсовое давление рассчитать с учётом систолического давления, измеренного во время нагрузки. Разумеется, такой способ даёт только приблизительные результаты.

В связи с тем, что величина артериального давления крови при нагрузке коррелятивно связана с частотой сердечных сокращений, для приблизительного расчёта различных показателей давления можно использовать следующие регрессивные уравнения:

$$\text{СД} = 103,1 + 0,44 \times \text{ЧСС};$$

$$\text{ДД} = 67,8 + 0,2 \times \text{ЧСС};$$

$$\text{САД} = 78,8 + 0,24 \times \text{ЧСС},$$

где СД – систолическое давление крови; ДД – диастолическое давление крови; САД – среднее артериальное давление; ЧСС – частота сердечных сокращений.

Как известно, быстрое и соразмерное увеличение значений систолического и пульсового давлений при физической нагрузке свидетельствует о хорошей сократительной способности миокарда. Поэтому при оценке изменений функционального состояния сердца под влиянием изучаемой нагрузки необходимо не просто определять сдвиги максимального (систолического) давления и частоты сердечных сокращений относительно состояния покоя, но и сопоставлять наблюдаемые сдвиги между собой:

$$\text{Изменение СД} = (\text{СД раб} - \text{СД пок}) / \text{СД пок} \times 100 \% \quad (1),$$

$$\text{Изменение ЧСС} = (\text{ЧСС раб} - \text{ЧСС пок}) / \text{ЧСС пок} \times 100 \% \quad (2),$$

где СД раб, ЧСС раб – систолическое давление и частота сердечных сокращений при работе; СД пок, ЧСС пок – те же показатели в покое.

Такое сопоставление позволяет охарактеризовать состояние механизмов регуляции гемодинамики в организме. В норме она осуществляется за счёт преимущественных изменений давления крови (1 больше 2), а при сердечной недостаточности регуляция, как правило, идёт за счёт преобладающего увеличения частоты сердечных сокращений (2 больше 1).

Рекомендации к оформлению задания 2.1.2

1. Проанализируйте уровень кровяного давления у испытуемых в состоянии покоя.
2. Рассчитайте изменения всех показателей артериального давления крови в условиях мышечной работы (в % относительно состояния покоя).
3. Сопоставьте между собой степень изменений при физической нагрузке уровня систолического давления и частоты пульса (задание 2.1.1).
4. Сделайте выводы об уровне соответствия механизмов регуляции сердечно-сосудистой системы данного испытуемого предъявляемым нагрузкам.

Задание 2.1.3. Оценка функционального состояния системы кровообращения методом электрокардиографии

Для регистрации электрокардиограммы используют различные схемы наложения электродов (различные отведения). Запись электрокардиограммы непосредственно в процессе выполнения мышечной деятельности рекомендуется осуществлять в грудных отведениях. При этом желательно устанавливать электроды в местах наибольшей разности потенциалов

электрического поля сердца с таким расчётом, чтобы в межэлектродном пространстве заключилось бы как можно меньше скелетной мускулатуры. Этим условиям удовлетворяют отведения N_1 и N_2 (по Бутченко), при которых один электрод располагают в области верхушечного толчка сердца, а другой – у правого (N_1) или левого (N_2) края верхней части грудины.

Электрокардиограммы покоя, снятые в отведениях N_1 и N_2 (при усилении $1 мВ = 10 мм$), характеризуются следующими величинами параметров: зубец Р в этих отведениях положительный и в большинстве случаев имеет амплитуду до $1,5 мм$; амплитуда зубца R находится в пределах от $20,1$ до $50,0 мм$; комплекс QRS в 63% случаев представлен небольшими зубцами q и s, высоким зубцом R и имеет форму qRS или qRs, реже встречается комплекс RS или Rs; зубец Т положительный и, как правило, имеет амплитуду от $3,1$ до $11,0 мм$; сегмент ST в половине случаев расположен выше изолинии на $0,5-1,0 мм$.

В рамках учебного лабораторного практикума по физиологии труда с целью упрощения процедуры исследования допускается регистрация электрокардиограммы с использованием стандартных двухполюсных отведений от конечностей (по Эйнтховену):

I отведение: правая рука (–) – левая рука (+);

II отведение: правая рука (–) – левая нога (+);

III отведение: левая рука (–) – левая нога (+).

Оборудование и материалы: электрокардиограф, набор электродов, спирт, вата, 1%-ный раствор хлорида натрия, марлевые салфетки, велоэргометр или ступенька для степ-теста.

Ход работы

Готовят к работе электрокардиограф (заправляют диаграммную бумажную ленту, подсоединяют ко входному гнезду прибора шнур от электродов, убеждаются в наличии и надежности заземления). Устанавливают на панели управления прибора необходимые параметры его работы (усиление, скорость протяжки). Регистрацию электрокардиограммы во время работы следует производить при усилении $1 мВ = 5 мм$ (1:2), так как при обычном усилении ($1 мВ = 10 мм$, 1:1) увеличивается вероятность искажения сигналов в связи с наслаиванием мышечных токов. Электрокардиограмму рекомендуется записывать на скорости $25 мм/с$.

Подготавливают испытуемого для регистрации электрокардиограммы методом стандартных отведений от конечностей. Кожу в местах наложения электродов протирают до легкого покраснения спиртом. Следствием такой обработки является уменьшение рогового слоя кожи, что снижает величину переходного сопротивления между кожей и электродами. На участки кожи, предназначенные для отведения, с целью улучшения прово-

димости помещают марлевые салфетки, смоченные в 1%-ном растворе хлорида натрия, а затем накладывают электроды:

а) один электрод устанавливают на внутреннюю поверхность дистального отдела предплечья правой руки и присоединяют к нему красный провод электрокардиографа;

б) второй электрод устанавливают на внутреннюю поверхность дистального отдела предплечья левой руки и присоединяют к нему желтый провод электрокардиографа;

в) третий электрод устанавливают на медиальную поверхность дистального отдела голени левой ноги и присоединяют к нему зеленый провод электрокардиографа;

г) четвертый электрод (заземляющий) устанавливают на медиальную поверхность дистального отдела голени правой ноги и присоединяют к нему черный провод электрокардиографа.

Включают электрокардиограф в сеть согласно инструкции. Нажатием на соответствующие кнопки пульта устанавливают режим регистрации в нужном отведении (I, II или III). Обычно в лабораторных исследованиях по физиологии труда используется II стандартное отведение.

Приступают к регистрации электрокардиограммы (ЭКГ), записывая по 5-10 сердечных циклов в каждом из следующих состояний.

1. В состоянии покоя в положении сидя (до нагрузки), в том числе:

- при обычном дыхании;
- на фазе глубокого вдоха;
- на фазе глубокого выдоха.

2. Во время дозированной физической нагрузки (степ-тест в течение 3 мин или 20 глубоких приседаний в умеренном темпе).

3. В каждые первые 30 с в течение 3 мин периода восстановления после физической нагрузки.

Таблица 2.2

Влияние физической нагрузки на электрическую активность сердца

Условия регистрации	Амплитуда зубцов, мкВ			Длительность интервалов, с			
	P	R	T	P-Q	S-T	R-R	Q-T
До работы в покое							
На глубоком вдохе							
На глубоком выдохе							
Во время нагрузки							
Сразу после нагрузки							
Через 3 мин после окончания нагрузки							

Рекомендации к оформлению задания 2.1.3

1. Проведите расшифровку зарегистрированных электрокардиограмм и вклейте фрагменты записей в рабочую тетрадь.

2. Рассчитайте и укажите в протоколе опыта изменения (в % относительно состояния покоя), происходящие в электрокардиограмме: а) на разных фазах дыхательного цикла; б) под влиянием физической нагрузки; в) в период восстановления.

3. Оформите результаты электрокардиографии в виде представленной выше таблицы 2.2.

Задание 2.1.4. Вариационная пульсометрия

У здоровых людей простой анализ электрокардиограммы путём изменения её параметров даёт относительно скромную информацию о состоянии сердца и организма. К настоящему времени разработан ряд новых методических приемов обработки электрокардиограмм, которые повысили ее значимость в проведении комплексного обследования людей в процессе их производственной деятельности. К их числу относятся методы *вариационной пульсометрии* и *кардиоинтервалографии*.

Для анализа деятельности сердца методом вариационной пульсометрии требуется измерение длительности 100 последовательных интервалов R-R, что, в свою очередь, предполагает относительно продолжительную регистрацию электрокардиограммы.

Оборудование и материалы: те же, что в задании 2.1.3.

Ход работы

Регистрируют электрокардиограмму (100 кардиоинтервалов) у испытуемого последовательно в следующих состояниях:

- в состоянии покоя (в сидячей позе) в течение 2,5-3 мин;
- при выполнении дозированной физической нагрузки (например, в процессе степ-теста);
- на протяжении первых 30 с каждой минуты в течение 3 минут периода восстановления после физической нагрузки.

На зарегистрированных электрокардиограммах измеряют длительность 100 последовательных интервалов R-R сначала в мм, а затем (с учетом скорости записи) в единицах времени (с). Полученные значения распределяют по классам статистического ряда и подсчитывают число интервалов R-R каждого класса.

Например, при записи электрокардиограммы интервалы R-R у испытуемого распределялись в таком порядке, который представлен ниже в таблице 2.3. На основании этих данных в системе координат $xу$ строится график – *вариационная кривая*. Для построения вариационной кривой на

оси абсцисс указывают классы интервалов статистического ряда, а на оси ординат – количество интервалов каждого класса.

Таблица 2.3

Пример распределения кардиоинтервалов по классам статистического ряда

Классы интервалов	Длительность интервалов R-R, с	Количество интервалов R-R
1	0,42-0,47	1
2	0,48-0,52	3
3	0,53-0,58	2
4	0,59-0,61	1
5	0,60-0,65	3
6	0,66-0,68	10
7	0,72-0,77	59
8	0,78-0,83	13
9	0,84-0,89	5
10	0,90-0,95	3
11	0,96-1,10	
12	1,11-1,16	
13	1,17-1,22	

Для удобства сравнительного анализа полученных данных рекомендуется строить вариационные кривые для разных состояний (покой, нагрузка, восстановление) на одних и тех же осях. Положение вариационной кривой на графике и её форма позволяют судить о характере нервных влияний на сердечную деятельность.

Существуют три типа кривых, характеризующих влияние вегетативной нервной системы на сердечный ритм: нормотонические (с модой кардиоинтервалов в пределах 0,7-0,9 с), симпатотонические (с модой кардиоинтервалов 0,5*0,7 с) и ваготонические (мода интервалов находится в диапазоне 1,0-1,2 с). Симпатотонический эффект после физической нагрузки характеризуется смещением вариационной кривой влево, при этом кривая сужена и имеет одну острую вершину. Ваготоническая реакция сердца проявляется смещением вариационной кривой вправо, а также формированием двух или более вершин.

Рекомендации к оформлению задания 2.1.4

1. Постройте вариационные кривые кардиоритма для состояния покоя и физической нагрузки.

2. Проведите анализ вариационных кривых и сделайте выводы о характере вегетативной регуляции кардиоритма у испытуемых.

Задание 2.1.5. Анализ механизмов регуляции сердечного ритма по кардиоинтервалограммам

Кардиоинтервалограмма (КИГ) представляет собой кривую, отражающую колебания длительности сердечных циклов во времени. Построение КИГ также производится по длительности интервалов R-R, но без учета их принадлежности к классам статистического ряда. По оси абсцисс на графике откладываются порядковые номера 10-30 последовательных интервалов R-R, а по ординате – их длительность в секундах.

На одних и тех же осях строят исходную КИГ (покой) и КИГ, отражающую динамику деятельности сердца во время нагрузки или сразу после её окончания. Полученные графики дают наглядное представление о правильности ритма сердечной деятельности в покое и его динамике при изменении условий существования организма, например в процессе работы, а также позволяют определить моменты уменьшения или увеличения частоты сокращений сердца, выявить аритмии в его работе.

Рекомендации к оформлению задания 2.1.5

1. Постройте и проанализируйте кардиоинтервалограммы испытуемых в состоянии покоя и в период восстановления после физической нагрузки.

2. Сделайте выводы о характере изменений сердечного ритма у испытуемых под влиянием мышечной работы.

Задание 2.1.6. Оценка состояния системы кровообращения методами расчёта индексов и коэффициентов

Для более полной характеристики функционального состояния сердечно-сосудистой системы на фоне осуществления профессиональной деятельности человека используются специальные индексы и коэффициенты, рассчитываемые по параметрам электрокардиограммы, частоте пульса и уровню артериального давления крови.

Вегетативный индекс Кердо (ВИК) отражает степень влияния на сердечную деятельность отделов вегетативной нервной системы:

$$\text{ВИК} = (1 - \text{ДД} / \text{ЧСС}) \times 100,$$

где ДД – диастолическое давление, ЧСС – частота сердечных сокращений.

Положительное значение ВИК свидетельствует о преобладании симпатических, а отрицательное – о преимуществе парасимпатических влияний на работу сердца и гемодинамику.

Систолический показатель (СП) используется для характеристики сократительной способности миокарда. СП представляет собой выраженное в процентах отношение длительности электрической систолы (QT) к длительности всего сердечного цикла (интервала RR):

$$\text{СП} = (\text{QT} / \text{RR}) \times 100\%.$$

В зависимости от частоты сердечных сокращений СП колеблется от 30 до 50% (у мужчин). Для исследователя представляют интерес такие изменения СП, которые связаны не с пульсом, а со сдвигами интервала QT. Удлинение или укорочение последнего могут быть обусловлены изменениями в энергетике миокарда.

Индекс напряжения миокарда (ИНМ) представляет собой выраженное в процентах отношение длительности зубца Т к общей длительности электрической систолы РТ. Индекс вычисляется по формуле:

$$\text{ИНМ} = (\text{T} / \text{РТ}) \times 100\%.$$

Рекомендации к оформлению задания 2.1.6

1. Рассчитайте индексы, характеризующие состояние миокарда, и определите тип вегетативной регуляции системы кровообращения у испытуемых в покое и при физической нагрузке.
2. Сделайте выводы по данному заданию.
3. По итогам всех измерений и расчетов, проведенных при выполнении заданий 2.1.1 – 2.1.6, сделайте обобщающее заключение о функциональном состоянии системы кровообращения испытуемых в условиях рабочего напряжения.

2.2. ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Исследование функционального состояния системы дыхания проводят по показателям, характеризующим уровень вентиляции лёгких, газообмен, напряжение кислорода и углекислого газа в артериальной крови, а также по силе сокращений дыхательных мышц, бронхиальной проходимости и т.д. Наиболее информативными показателями внешнего дыхания являются такие параметры его паттерна, как дыхательный объём, жизненная ёмкость лёгких, минутный объём дыхания, максимальная вентиляция лёгких.

Дыхательный объём (ДО) представляет собой количество воздуха, спокойно вдыхаемого (и соответственно выдыхаемого) за один дыхательный цикл. Снижение ДО при одновременном увеличении частоты дыхательных движений служит отражением поверхностного дыхания и свиде-

тельствует об уменьшении кислородного снабжения организма. Увеличение ДО свидетельствует об углублении внешнего дыхания и, как правило, сопровождается компенсаторным уменьшением его частоты. В условиях физической работы может происходить интенсификация внешнего дыхания за счёт увеличения как дыхательного объёма (то есть глубины дыхания), так и частоты дыхательных движений, что в совокупности расценивается как стеновентиляторная перестройка паттерна дыхания.

Жизненная ёмкость лёгких (ЖЁЛ) – это максимальное количество воздуха, которое человек может вдохнуть при глубоком вдохе. В исследованиях по физиологии труда ЖЁЛ как показатель, характеризующий функцию внешнего дыхания, может быть использована в тех случаях, когда обследуемый длительное время работает в вынужденной позе, в условиях больших физических нагрузок или при изменённом газовом составе вдыхаемого воздуха.

Гипокинезия и газовая среда, обогащённая кислородом, вызывают уменьшение ЖЁЛ, а физические нагрузки, недостаток кислорода – её увеличение. Кроме того, величина ЖЁЛ в определённой степени зависит от лёгочного кровообращения. Увеличение кровенаполнения лёгких, застойные явления в малом круге кровообращения вызывают уменьшение ЖЁЛ.

Так как величина ЖЁЛ зависит от высоты стояния купола диафрагмы, то её необходимо измерять всегда при одном и том же положении испытуемого. При определении реальной ЖЁЛ её величину, измеренную опытным путём, следует сопоставлять с должной величиной, расчет которой производится с учетом пола, роста, массы и возраста человека по специальным формулам.

Лёгочная вентиляция, или минутный объём дыхания (МОД), характеризует количество воздуха, проходящего через лёгкие за 1 минуту. Величина МОД зависит от тяжести выполняемой работы, температуры окружающей среды, газового состава воздуха. Объём вентилируемого через лёгкие воздуха зависит также от величины атмосферного давления и температуры воздуха, поэтому для оптимизации результатов измерений необходимо приводить величины МОД, полученные опытным путем при разных условиях, к нормальным условиям – давлению 760 мм рт. ст., температуре воздуха 0 °С – по следующей формуле:

$$V_0 = V \times [B - b / 760 \times (1 + 0,00367 \times t)],$$

где V_0 – величина лёгочной вентиляции, приведённая к стандартным условиям; V – величина лёгочной вентиляции в л/мин, найденная в опыте; B – атмосферное давление в мм рт. ст. в момент опыта; b – упругость водяного пара в мм рт. ст. при температуре воздуха во время опыта; t – температура воздуха во время опыта.

Оборудование и материалы: спирограф, спирометр, вата, спирт для обработки загубников и мундштуков, велоэргометр или ступенька для степ-теста, безгиревые весы, таблицы Гарриса-Бенедикта или номограммы для определения должной интенсивности основного обмена и должной величины жизненной емкости легких испытуемых.

Ход работы

В процессе изучения функционального состояния системы дыхания испытуемому предлагают выполнить несколько заданий с применением методик спирографии и спирометрии.

Задание 2.2.1. Определение лёгочных объёмов

В ходе выполнения данного задания студенты должны провести измерение у испытуемых дыхательного объёма (ДО) и жизненной ёмкости лёгких (ЖЁЛ). Измерения указанных лёгочных объёмов проводят с использованием методов спирографии или спирометрии при следующих условиях:

- в состоянии покоя;
- сразу же после выполнения дозированной физической нагрузки;
- в период восстановления после работы в течение 30 мин.

После измерения у испытуемых реальных объёмов ЖЁЛ проводят вычисление её должной величины (ДЖЁЛ) по специальным формулам или определяют ДЖЁЛ по номограммам.

При использовании формулы Anthony & Veniath сначала для испытуемого находят по таблицам Гарриса-Бенедикта или номограммам должную величину основного обмена (ДОО) в ккал/сутки, а затем умножают её на специальный коэффициент, зависящий от пола:

$$\text{для мужчин ДЖЁЛ (мл)} = \text{ДОО} \times 2,6;$$

$$\text{для женщин ДЖЁЛ (мл)} = \text{ДОО} \times 2,2.$$

Кроме того, расчёт ДЖЁЛ можно также произвести по формуле Boldwine, где В – возраст (в годах) и Р – рост (в см):

$$\text{для мужчин ДЖЁЛ (мл)} = [27,63 - (0,112 \times \text{В})] \times \text{Р};$$

$$\text{для женщин ДЖЁЛ (мл)} = [21,78 - (0,101 \times \text{В})] \times \text{Р}.$$

При анализе полученных данных следует учитывать, что отклонение величины реально измеренной ЖЁЛ от значения ДЖЁЛ в норме не должно превышать 15%. При больших отклонениях можно говорить о существенном влиянии условий труда на функцию внешнего дыхания человека.

Задание 2.2.2. Определение степени тренированности дыхательной мускулатуры

Оценка степени тренированности дыхательных мышц у человека проводится методом *динамической спирометрии*. Эта проба заключается в четырёхкратном измерении ЖЁЛ с перерывом в 15 с между определениями. Стабильность результата (при колебании не более ± 200 мл) свидетельствует о хорошей тренированности дыхательной мускулатуры. При отличной тренировке дыхательного аппарата наблюдается повышение ЖЁЛ от одного измерения к другому, тогда как прогрессивное снижение ЖЁЛ является показателем утомления и низкой тренированности.

Задание 2.2.3. Измерение лёгочной вентиляции

При выполнении данного задания сначала проводят измерение минутного объёма дыхания (МОД), то есть величины лёгочной вентиляции за 1 минуту, а затем определяют величину максимальной вентиляции лёгких (МВЛ).

Определение МОД проводят на спирографе. Спирограмму регистрируют на скорости 25 мм/с при следующих условиях:

- в состоянии покоя;
- сразу же после выполнения дозированной физической нагрузки;
- в период восстановления после работы в течение 30 мин.

Кроме того, приблизительную величину МОД можно рассчитать по формуле:

$$\text{МОД} = \text{ДО} \times \text{ЧД},$$

где ДО – дыхательный объём (мл), ЧД – частота дыхания (мин^{-1}).

Для определения МВЛ также используют спирограф. МВЛ является показателем потенциальных возможностей дыхательной системы и характеризует то наибольшее количество воздуха, которое могут пропустить лёгкие в течение 1 мин форсированного дыхания. Поэтому МВЛ регистрируется при интенсивном дыхании через спирограф при большой скорости движения ленты. Затем вычисляется среднее значение МВЛ в литрах за 1 минуту.

При анализе полученных данных рекомендуется сравнить их с расчётной величиной, определяемой по следующей формуле:

$$\text{МВЛ} = 40 \times \text{ЖЁЛ}.$$

С учетом возраста используется другая формула:

$$\text{МВЛ} = [86,5 - (0,522 \times \text{В})] \times \text{ПТ},$$

где В – возраст в годах, ПТ – площадь поверхности тела в м².

Задание 2.2.4. Определение показателей, косвенно отражающих состояние функции внешнего дыхания

К таким показателям относятся расчётные индексы и коэффициенты, которые являются производными характеристиками от параметров внешнего дыхания.

Вентиляционный индекс (ВИ) позволяет судить о степени использования организмом ЖЁЛ. Он вычисляется по формуле:

$$\text{ВИ} = \text{МОД} / \text{ЖЁЛ}.$$

У здоровых людей в норме величина ВИ равна приблизительно 2. Большие величины ВИ свидетельствуют о малой эффективности дыхательной функции.

Резерв дыхания (РД) отражает пропускную способность лёгких. Он вычисляется по формуле:

$$\text{РД} = [(\text{МВЛ} - \text{МОД}) / \text{МВЛ}] \times 100.$$

Если значение РД ниже 70%, то это свидетельствует о неполноценности аппарата дыхания.

Рекомендации к оформлению работы

1. Занесите в протокол опыта результаты измерений дыхательного объема, ЖЁЛ, МОД и максимальной вентиляции лёгких в состоянии покоя и после выполнения дозированной физической нагрузки. Сопоставьте полученные данные с должными величинами показателей дыхания.

2. Дайте оценку степени тренированности дыхательной мускулатуры испытуемых, опираясь на результаты динамической спирометрии.

3. Рассчитайте индексы, отражающие эффективность функции внешнего дыхания.

4. Обобщите полученные данные и сделайте выводы о функциональном состоянии и резервных возможностях системы внешнего дыхания у испытуемых.

2.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ МАКСИМАЛЬНОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ КИСЛОРОДА

Величина максимального потребления кислорода (МПК) характеризует аэробную мощность работы организма и зависит, главным образом, от развития систем дыхания и кровообращения. Количественное значение МПК определяется половой принадлежностью, уровнем физического развития субъекта и претерпевает закономерные возрастные изменения. Поэтому Всемирная организация здравоохранения признала МПК наиболее объективным и информативным показателем функционального состояния кардио-респираторной системы.

В условиях современной цивилизации, в связи с гиподинамией, наблюдается снижение показателей максимального потребления кислорода, что свидетельствует об ухудшении состояния кардио-респираторной системы. Международная биологическая программа рекомендует систематически изучать этот показатель у людей разного возраста, пола и профессии.

Поскольку основным источником энергии при мышечной работе являются процессы, происходящие с участием кислорода, то по величине МПК прежде всего можно судить о физической работоспособности человека. Мощность и выносливость человека при выполнении физических нагрузок определяется, в конечном итоге, способностью организма длительно поддерживать высокую скорость потребления кислорода. При этом наиболее объективным показателем аэробной работоспособности является уровень *относительного* максимального потребления кислорода (МПК/кг). Для его определения делят величину МПК (мл), полученную в эксперименте, на величину массы тела испытуемого (кг).

На основании экспериментальных данных, исходя из относительных величин МПК, исследователи разработали критерии условной оценки работоспособности человека (табл. 2.4).

Таблица 2.4

Оценка физической работоспособности человека по показателям максимального потребления кислорода (МПК)

МПК (мл/мин/кг)		Оценка
Мужчины	Женщины	
55-60	45-50	Отлично
50-54	40-44	Хорошо
45-49	35-39	Удовлетворительно
49 и ниже	34 и ниже	Неудовлетворительно

В научном эксперименте величину МПК следует измерять у испытуемого, выполняющего определённую работу на велоэргометре. Такой способ определения МПК очень точен, но представляет значительные технические трудности, так как требует использования специальной аппаратуры, профессионального навыка экспериментатора и, главное, предельного мышечного напряжения от испытуемого.

В последние годы разработаны методы косвенного расчёта уровня МПК по величине мощности выполняемой работы и частоте сердечных сокращений, зарегистрированной в процессе работы. В качестве физической нагрузки при данном способе определения МПК используется специальный прием, называемый *стен-тестом*.

Стен-тест (восхождение на ступеньку высотой 40 см и спуск с неё) осуществляется строго по правилам. Каждый испытуемый выполняет движения с разной скоростью, что связано с его физическим развитием и состоянием кардио-респираторной системы, поэтому у разных людей количество циклов (число восхождений и спусков), выполняемых за 1 мин, значительно колеблется (от 18 до 30).

По мере выполнения стен-теста происходит увеличение частоты сердечных сокращений. Для получения достоверного результата необходимо, чтобы частота сокращений сердца достигла устойчивого состояния, в связи с чем рекомендуется выполнять работу в течение 5 мин. Наиболее точные и объективные результаты определения величины МПК получают в то время, когда пульс у испытуемого находится в пределах 135-155 уд/мин.

На 5-й минуте работы подсчитывают точное количество циклов работы за 1 минуту и сразу по окончании работы (после последнего спуска со ступеньки) пальпаторно или с помощью фонендоскопа определяют частоту сердечных сокращений в течение первых 10 секунд восстановительного периода.

Зная массу тела испытуемого, высоту скамейки и количество рабочих циклов в 1 минуту, рассчитывают мощность работы по формуле:

$$N = P \times h \times n \times 1,5,$$

где N – мощность работы (кгм/мин); P – масса тела испытуемого (кг); h – высота скамейки (м); n – количество циклов (за 1 мин); 1,5 – коэффициент подъема и спуска.

Если, например, масса тела 20-летнего испытуемого равна 70 кг, высота скамейки 0,4 м (40 см) и он совершил 20 восхождений и спусков (циклов) за 1 мин, то мощность выполненной им работы составит:

$$N = 70 \times 0,4 \times 20 \times 1,5 = 840 \text{ кг/мин.}$$

Также для примера допустим, что пульс, подсчитанный у испытуемого в течение 10 с периода восстановления, был равен 24 ударам. Следовательно, за 1 минуту частота сердечных сокращений (ЧСС) составит:

$$\text{ЧСС} = 24 \times 6 = 144 \text{ уд/мин.}$$

Определение величины максимального потребления кислорода проводится по формуле Добельна, которая учитывает мощность работы при выполнении степ-теста, пульс в устойчивом состоянии на 5-й минуте работы и возраст испытуемого:

$$\text{МПК} = 1,29 \times \sqrt{N/(H - 60)} \times K,$$

где N – мощность работы (кгм/мин), H – пульс на 5-й минуте работы (уд/мин), K – возрастной коэффициент (см. табл. 2.5).

Таблица 2.5
Величины коэффициента K, необходимые для расчёта МПК
у лиц различного возраста

Возраст (лет)	Коэффициент K	Возраст (лет)	Коэффициент K
18	0,853	22	0,823
19	0,846	23	0,917
20	0,839	24	0,809
21	0,831	25	0,799

Величина МПК в нашем примере (для испытуемого в возрасте 20 лет) будет равна:

$$\text{МПК} = 1,29 \times \sqrt{840/(144 - 60)} \times 0,839 = 3,42 \text{ л/мин}$$

$$\text{МПК/кг} = 3420 / 70 = 48,8 \text{ мл/мин/кг.}$$

Оборудование и материалы: трёхуровневая ступенька (или скамейка) высотой 40 см, секундомер, фонендоскоп.

Ход работы

В ходе данного исследования студентам рекомендуется провести сравнительный анализ величин МПК у нескольких испытуемых при выполнении ими дозированной физической нагрузки.

Объектами исследования служат две группы испытуемых (юношей и девушек) по 5-6 человек в каждой.

Сначала определяют массу тела каждого испытуемого методом взвешивания на безгиревых весах.

Затем испытуемому дают устную инструкцию по выполнению степ-теста, объяснив порядок восхождения и спуска со ступеньки. Испытуемый должен знать, что продолжительность нагрузки составляет 5 мин. Работа осуществляется со скоростью 80 шагов (20 циклов) в 1 мин.

Испытуемый по сигналу экспериментатора начинает работу (восхождение на ступеньку и спуск). Экспериментатор контролирует темп и время работы по секундомеру.

Важным условием объективности получаемых данных является правильное выполнение степ-теста, а именно: экспериментатор должен следить за тем, чтобы испытуемый совершал строго вертикальный спуск (не оттягивая ногу далеко назад) и не менее двух раз менял опорную для подъёма ногу.

В конце 3-й минуты экспериментатор останавливает испытуемого и в течение 10 секунд подсчитывает у него пульс. Если пульс оказался ниже 130 уд/мин, то темп работы необходимо увеличить на 4-5 циклов в 1 мин. Если же пульс выше 150 уд/мин, то количество циклов следует уменьшить.

После этой процедуры работа в степ-тесте продолжается.

На 5-й минуте точно подсчитывается количество циклов до последнего шага (спуска со ступеньки) и в течение 10 секунд определяется пульс.

После окончания степ-нагрузки и проведения всех измерений приступают к расчетам МПК, используя при этом формулы и табличные данные, представленные в теоретической части настоящей работы.

Рекомендации к оформлению работы

1. Рассчитайте величины МПК у обследованных юношей и девушек (по 5-6 представителей каждого пола).
2. Оформите полученные данные в виде таблицы 2.6.

Таблица 2.6

Показатели МПК у юношей и девушек при выполнении степ-теста

Фамилии испытуемых	Пол	Возраст (лет)	Масса тела (кг)	МПК (мл/мин)	МПК/кг (мл/мин/кг)
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					
6.					

3. Определите с использованием *t*-критерия Стьюдента достоверность различий в абсолютных и относительных величинах МПК между представителями женского и мужского пола.

4. Проанализируйте полученные данные, сделайте выводы о возможности организмов обследованных лиц извлекать энергию для мышечной работы аэробным способом.

2.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ PWC_{170} . ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ ЧАСТОТОЙ ПУЛЬСА И МОЩНОСТЬЮ ВЫПОЛНЯЕМОЙ РАБОТЫ

Увеличение кровоснабжения работающих органов и тканей обеспечивается путём значительного повышения минутного объёма крови. В свою очередь, увеличение минутного объёма крови достигается в значительной мере за счет учащения сердцебиений. Поэтому изменение частоты пульса является важнейшим физиологическим механизмом, осуществляющим адаптацию системы кровообращения к мышечной работе. При этом частота сокращений сердца находится в прямой зависимости от мощности выполняемой работы: чем интенсивнее работа, тем чаще пульс. В связи с этим частота сердечных сокращений считается объективным показателем тяжести физической нагрузки.

Однако линейная зависимость между частотой сердечных сокращений прослеживается только в интервале от исходной (предрабочей) величины пульса до его частоты, равной 170 уд/мин , а дальше кривая приобретает экспоненциальный характер. Кроме того, следует иметь в виду, что у разных лиц (в зависимости от их возраста, половой принадлежности, степени физической подготовки и уровня физиологических резервов) пульс может достигать 170 уд/мин под влиянием нагрузки, различной по мощности. На этом основании разработан *тест определения физической работоспособности* – PWC_{170} (*Physical Working Capacity*).

С помощью этого теста определяется та мощность работы (кгм/мин), которую может выполнить индивидуально каждый человек при пульсе 170 уд/мин , что как раз и служит отражением уровня физической работоспособности.

Более информативным показателем является относительная величина PWC_{170} , то есть рассчитанная на 1 кг массы тела. Значения $PWC_{170}/\text{кг}$ также зависят от возраста, пола и тренированности человека. Средние величины $PWC_{170}/\text{кг}$ у лиц разного возраста и пола представлены в таблице 2.7.

Показатели $PWC_{170}/кг$ ($кгм/кг$) у взрослых лиц разного пола и различного уровня физической подготовки

Возраст (лет)	Относительные показатели PWC_{170} ($кгм/кг$)			
	Нетренированные		Тренированные	
	мужчины	женщины	мужчины	женщины
20	17	14	25	20
30	15	13	23	18

При определении величины PWC_{170} необходимо выполнять в определенной последовательности две работы различной интенсивности: в течение 4 мин выполняется работа одной мощности (N_1), а затем после трехминутного перерыва вновь в течение 4 мин выполняется работа другой мощности (N_2). В конце работы или тотчас же после ее окончания необходимо зарегистрировать пульс. Четырехминутная длительность работы рекомендуется в связи с тем, что в течение этого времени пульс после вработывания достигает устойчивого состояния.

Для выполнения физической работы различной мощности рекомендуется использовать велоэргометр или метод степ-теста (восхождение на ступеньку), в котором высота скамейки равна 0,30-0,35 м. Этот вариант физической работы относится к циклическим движениям. Каждый цикл осуществляется строго по правилам:

- исходное положение – основная стойка (ноги вместе);
- наступить левой ногой на ступеньку;
- встать на левую ногу, приставить к ней правую ногу;
- левой ногой шагнуть со ступеньки назад;
- приставить правую ногу к левой (основная стойка).

Зная возраст, пол и массу тела испытуемого, высоту скамейки (ступеньки) и количество циклов в 1 мин (например, 19), рассчитывают мощность работы по формуле (1):

$$N = P \times h \times n \times B \quad (1)$$

Количество циклов восхождений и спусков рассчитывают по следующей формуле (2):

$$n = N / P \times h \times B, \quad (2)$$

где N – мощность работы ($кгм/мин$); P – масса тела испытуемого ($кг$); h – высота скамейки ($м$); B – коэффициент подъема и спуска; n – количество циклов.

Коэффициент подъема-спуска B зависит от возраста и пола. Для взрослого человека он равен 1,5. Это значит, что работа, выполняемая при подъеме на ступеньку, оценивается как 1, а при спуске как 0,5 (то есть как половина работы, выполняемой при подъеме).

У детей процентное содержание мышечной массы меньше, чем у взрослых, поэтому и коэффициент B у них более низкий. Например, для мальчиков 8-12 лет коэффициент B равен 1,2. Для 13-14-летних мальчиков коэффициент B составляет 1,3.

Рассмотрим пример определения PWC_{170} . Работа первой мощности (N_1) для каждого испытуемого определяется исходя из величины его пульса (f_1) в состоянии покоя, которую умножают на соответствующий коэффициент (K). Значения коэффициентов K представлены ниже в таблице 2.8.

Допустим, что у испытуемого мужского пола пульс в покое равен 70 уд/мин. Следовательно, это число необходимо умножить на 6 ($K = 6$), откуда:

$$N_1 = 70 \times 6 = 420 \text{ (кгм/мин)}.$$

Работу такой мощности испытуемый выполняет в течение 4 минут, после её окончания подсчитывается пульс на протяжении 10 с. Полученное число пульсовых колебаний умножают на 6 и таким образом определяют частоту сокращений сердца за 1 минуту.

Таблица 2.8

Значения коэффициента K в зависимости от частоты пульса

Пульс в покое, уд/мин	Коэффициент K	
	Мужчины	Женщины
90	2,0	1,5
85	3,0	2,0
80	4,0	2,5
75	5,0	3,0
70	6,0	3,5
65	7,0	4,0
60	8,0	4,5
55	9,0	5,0
50	10,0	5,5

Например, в течение 10 с насчитали 20 пульсовых ударов, следовательно, при нагрузке первой мощности пульс (f_1) составлял:

$$f_1 = 20 \times 6 = 120 \text{ уд/мин}.$$

Исходя из величины мощности первой нагрузки ($N_1 = 420$ кгм/мин) и частоты пульса ($f_1 = 120$ уд/мин) определяют мощность второй нагрузки (N_2). Для этого делят мощность первой нагрузки на величину пульса и получают коэффициент K_1 , используя формулу (3):

$$K_1 = N_1 / f_1 = 420 / 120 = 3,5. \quad (3)$$

С помощью коэффициента K_1 определяется мощность второй нагрузки (N_2) по таблице 2.9,

Таблица 2.9

Мощность нагрузки при различных значениях коэффициента K_1

K_1	Мощность нагрузки, кгм/мин	
	Мужчины	Женщины
1,0	300	200
1,5	375	250
2,0	450	300
2,5	525	350
3,0	600	K_1
3,5	675	450
4,0	750	500
4,5	825	550
5,0	900	600

В нашем примере $N_2 = 675$ кгм/мин (так как $K_1 = 3,5$). Работу данной мощности испытуемый также должен выполнять в течение 4 мин, а после её окончания подсчитывают число ударов пульса за 10 с и определяют частоту пульса за 1 мин.

Для достоверного определения PWC_{170} необходимо, чтобы частота пульса на 4-й мин работы первой мощности находилась в пределах 110-130 уд/мин, а при выполнении работы второй мощности – 135-160 уд/мин. Соблюдение этих условий зависит от частоты подъёмов и спусков (количества циклов), которая в свою очередь определяется возрастом и массой тела.

Предположим, что при выполнении работы мощностью N_2 частота пульса f_2 оказалась равной 150 уд/мин.

Таким образом, мы имеем:

$$\begin{aligned} N_1 &= 420 \text{ кгм/мин и } f_1 = 120 \text{ уд/мин;} \\ N_2 &= 675 \text{ кгм/мин и } f_2 = 150 \text{ уд/мин.} \end{aligned}$$

Расчёт PWC_{170} производят по формуле (4), предложенной В.Л. Карпаном в 1974 году:

$$PWC_{170} = N_1 + [(N_2 - N_1)] \times [(170 - f_1) / (f_2 - f_1)]. \quad (4)$$

В нашем примере:

$$PWC_{170} = 420 + [(675 - 420)] \times [(170 - 120) / (150 - 120)] = 845 \text{ кгм/мин.}$$

Если масса тела нашего испытуемого равна 65 кг, то:

$$PWC_{170} / \text{кг} = 845 : 65 = 13 \text{ кгм/кг.}$$

Задание 2.4.1. Определение физической работоспособности человека с помощью теста PWC_{170}

Оборудование и материалы: велоэргометр или ступенька для степ-теста, секундомер, фонендоскоп, миллиметровая бумага.

Ход работы

В процессе исследования выполняют два задания, в ходе которых определяют физическую работоспособность, а также анализируют зависимость между частотой сердечных сокращений и мощностью выполняемой работы.

Сначала определите массу тела испытуемого в той одежде, в которой он будет выполнять мышечную нагрузку. После взвешивания подсчитайте у испытуемого пальпаторно или при помощи фонендоскопа пульс за 1 мин в покое.

Занесите сведения об испытуемом (пол, возраст, масса тела, исходная частота пульса) в протокол опыта.

В случае выполнения физической нагрузки методом степ-теста поставьте скамейку на расстоянии 0,5 м от стены.

С помощью значений коэффициента К (таблица 2.8) определите мощность работы (N_1) и рассчитайте число циклов восхождений и спусков (n) по формуле (2).

Предложите испытуемому выполнять данную физическую нагрузку в течение 4 минут.

По команде «Начали!» включите секундомер. В течение первой минуты громко производите счёт движений ног испытуемого при восхождении на ступеньку: «раз – два – три – четыре; раз – два – три – четыре» и т.д.

В последующие минуты испытуемый, войдя в ритм работы, будет самостоятельно контролировать темп подъёмов и спусков. Экспериментатор только должен следить за тем, чтобы подъём и спуск осуществлялись по возможности вертикально (при спуске испытуемый не должен отставлять ногу далеко назад). Рекомендуется предложить испытуемому в течение

опыта два раза поменять ногу, которую он первой поднимает на ступеньку. На последней – четвертой – минуте следует точно подсчитать количество циклов (восхождений и спусков) и после последнего спуска сразу в течение 10 с сосчитать число ударов пульса. Далее по этим данным рассчитывают число сердечных сокращений (f_1) в 1 мин.

После окончания работы первой мощностью испытуемому предоставляется отдых на протяжении 3 мин.

За это время экспериментатор должен рассчитать по формуле (3) коэффициент K_1 делением N_1 на f_1 и с помощью таблицы 2.9 определить мощность второй нагрузки (N_2).

После окончания периода отдыха предложите испытуемому выполнить вторую работу в течение 4 мин. После её окончания подсчитайте количество пульсовых колебаний за 10 с и переведите их в частоту пульса за 1 мин.

По формуле (4) В.Л. Карпмана рассчитайте показатель PWC_{170} . Затем произведите расчёт относительной величины PWC_{170} (PWC_{170} на 1 кг массы тела).

Задание 2.4.2. Определение зависимости между частотой сердечных сокращений и мощностью выполняемой работы

Оборудование и материалы: те же, что в задании 2.4.1.

Ход работы

Данная работа выполняется как продолжение предыдущего задания.

Для более точного выявления характера зависимости между частотой сердечных сокращений и мощностью выполняемой физической нагрузки желательно использовать данные, полученные у испытуемого в ходе нескольких испытаний. Поэтому после выполнения работы мощностью N_2 (см. задание 2.4.1) предложите испытуемому 5-минутный отдых, а затем попросите его выполнить в течение 4 мин ещё одну работу (третью), среднюю по мощности между первой (N_1) и второй (N_2):

$$N_3 = (N_1 + N_2) / 2.$$

После окончания этой работы подсчитайте пульс (f_3) выше указанным методом (см. задание 2.4.1).

Убедитесь в линейной зависимости между частотой пульса и величиной мощности выполняемой физической работы. Для этого постройте график, нанося на ось ординат показатели частоты пульса (f_1, f_2, f_3), а на ось абсцисс – величины мощности выполняемой работы (N_1, N_2, N_3).

Рекомендации к оформлению работы

1. Результаты, полученные в задании 2.4.1 в процессе обследования нескольких испытуемых при выполнении ими физических нагрузок с мощностями N_1 и N_2 , занесите в представленную ниже таблицу 2.10.

Таблица 2.10

Показатели физической работоспособности у испытуемых

Испытуемые	Масса тела (кг)	N_1	f_1	K_1	N_2	PWC_{170}	$PWC_{170} / \text{кг}$ (кгм/кг)
1.							
2.							
3.							

2. Сравните полученные данные с должными величинами $PWC_{170} / \text{кг}$, указанными ранее в таблице 2.7, и сделайте выводы.

3. По результатам задания 2.4.2 постройте график зависимости между частотой пульса и величиной мощности выполняемой физической работы, отметьте характер (линейность) этой зависимости и сделайте выводы.

2.5. ОЦЕНКА РЕЗЕРВНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА

Функциональные резервы (ФР) можно охарактеризовать количественно как разность между максимально возможным проявлением какой-либо функции во время нагрузки (Ф макс) и уровнем этой функции в состоянии покоя (Ф пок), то есть:

$$\text{ФР} = \text{Ф макс} - \text{Ф пок}.$$

Основным способом, применяемым для изучения резервных возможностей (физиологических резервов) организма, является метод функциональных проб. Функциональные пробы заключаются в предъявлении человеку определенной (как правило, дозированной) нагрузки, адресованной той или иной функциональной системе.

Величина нагрузки определяется (дозировается) временем ее выполнения, количеством движений, осуществляемых в определенном темпе, характером изменений физиологических показателей. Для того чтобы судить о произошедших в организме сдвигах, каждая функциональная проба должна использоваться по меньшей мере два раза: до работы и во время (или после) её выполнения. Функциональные пробы могут также применяться на различных этапах трудового процесса.

Оборудование и материалы: электрокардиограф, секундомер, прибор для измерения артериального давления, фонендоскоп, ступенька для выполнения степ-теста, спирт, вата, 1%-ный раствор хлорида натрия, марлевые салфетки.

Ход работы

В данном исследовании представлены способы оценки физиологических резервов организма методом тестирующих нагрузок на основании анализа изменений деятельности сердечно-сосудистой системы.

Задание 2.5.1. Проба с задержкой дыхания

Функциональная проба с задержкой дыхания используется для суждения о кислородном обеспечении организма. Результаты этой пробы характеризуют также общий уровень тренированности человека. Данная проба проводится в двух вариантах: задержка дыхания на вдохе (*проба Штанге*) и задержка дыхания на выдохе (*проба Генча*). Результат оценивается по продолжительности времени задержки (в секундах) и по показателю реакции (ПР), который зависит от частоты сокращений сердца. Показатель реакции определяется как отношение частоты сердечных сокращений после окончания пробы с гипоксической нагрузкой (ЧСС гип) к исходной частоте сердцебиений (ЧСС исх):

$$\text{ПР} = \text{ЧСС гип} / \text{ЧСС исх.}$$

Проба Штанге с задержкой дыхания на вдохе. До проведения пробы у обследуемого дважды подсчитывают пульс за 30 с. Дыхание задерживается на максимальном вдохе, который обследуемый делает после трёх дыхательных движений на $\frac{3}{4}$ глубины полного вдоха. Во время задержки вдоха на нос одевается зажим или же обследуемый зажимает нос пальцами.

Время задержки регистрируется по секундомеру. Тотчас после возобновления дыхания производится подсчёт пульса. Проба может быть проведена дважды с интервалом 3-5 мин между определениями. По длительности задержки дыхания результаты пробы оцениваются следующим образом:

- менее 39 с – неудовлетворительно;
- 40-49 с – удовлетворительно;
- более 50 с – хорошо.

Кроме того, по частоте пульса, измеренной до и после задержки дыхания, рассчитывают ПР. При оценке аэробных резервов организма учитывают, что у здоровых людей ПР не превышает 1,2. Более высокие его зна-

чения свидетельствуют о неблагоприятной реакции сердечно-сосудистой системы на недостаток кислорода.

Проба Генча с задержкой дыхания на выдохе проводится после трёх глубоких дыхательных движений. Время задержки регистрируется по секундомеру.

Результаты пробы оцениваются по трёхбалльной системе:

менее 32 с – неудовлетворительно;

35-39 с – удовлетворительно;

более 40 с – хорошо.

Можно проводить *пробу с задержкой дыхания на вдохе после 20 глубоких приседаний*, выполненных на протяжении 30 секунд. В этом случае при оценке результатов пробы ориентируются на следующие нормативы:

менее 24 с – неудовлетворительно;

25-29 с – удовлетворительно;

30 с и более – хорошо.

Вариантом пробы с задержкой дыхания является проба на фоне непрерывной регистрации электрокардиограммы (ЭКГ). Последняя может записываться в каком-либо одном из трёх стандартных или грудных отведений в положении сидя. Запись ЭКГ включается за 40 секунд до задержки дыхания, продолжается непрерывно во время прекращения дыхания и после его возобновления до восстановления исходной частоты сердечных сокращений.

Оценка пробы проводится по:

- латентному периоду изменений величины интервала R-R после задержки дыхания;
- характеру изменений интервала R-R после задержки дыхания (парасимпатическая или симпатическая реакции);
- длительности задержки дыхания;
- длительности периода восстановления исходного интервала R-R после возобновления дыхания;
- особенностям изменения интервала R-R в периоде восстановления.

Короткая длительность латентного периода (менее 10 секунд) и удлинение периода восстановления (более 15 секунд) расцениваются как неблагоприятная реакция сердечно-сосудистой системы на недостаток кислорода. При проведении этой пробы нередко появляются экстрасистолы, инверсия зубца Т, изменения вольтажа зубцов ЭКГ.

Задание 2.5.2. Степ-тест

Данная функциональная проба является одним из важнейших и наиболее часто применяемых видов дозированных нагрузок, позволяющих характеризовать реакцию сердечно-сосудистой системы на физическую нагрузку.

Степ-тест состоит в подъёме обследуемого на подставку 50 см. Подъём осуществляется на четыре счёта: раз – левой ногой на ступеньку, два – правой, три – левая спускается на пол, четыре – правая приставляется к левой. Всего совершается 30 восхождений в одну минуту на протяжении трёх минут. Пульс подсчитывается за 15 секунд на 2-й, 3-й, 4-й минутах после окончания нагрузки. Проба оценивается по индексу (U), который представлен отношением:

$$U = T \times 100 / (P_2 + P_3 + P_4),$$

где T – время нагрузки в секундах; P₂, P₃, P₄ – частота пульса на 2-й, 3-й и 4-й минутах периода восстановления.

Оценка результатов пробы ведется по трехбалльной системе в соответствии со значением U:

- менее 50 – плохо;
- 50-59 – удовлетворительно;
- 60 и более – хорошо.

При проведении массовых обследований, когда необходимо экономить время, можно использовать другую формулу, в которую вводится значение частоты пульса, подсчитанной за 30 секунд первой минуты периода восстановления после нагрузки (P₁):

$$U = T \times 100 / 5,5 \times P_1.$$

Значение индекса U оценивается следующим образом:

- менее 55 – плохо;
- 55-64,9 – неудовлетворительно;
- 65-79,9 – удовлетворительно;
- 80-89,9 – хорошо,
- более 90 – отлично.

При проведении нагрузочных проб типа степ-теста величину выполняемой работы оценивают в кгм. Для этого при восхождении на ступеньку учитывают весь вес испытуемого, а при спуске – только 1/3 веса. Отсюда

работа (А), совершаемая человеком весом в 60 кг (Р) при подъеме его на ступеньку высотой в 0,5 м (Н) в темпе 30 подъемов в 1 мин (n), составит:

$$A = P \times H \times n = (60 + 20) \times 30 \times 0,5 = 1200 \text{ кгм/мин.}$$

При проведении обследований важно не столько подсчитать величину работы, проделанной во время дозированной пробы, сколько суметь предъявить разным людям одинаковую нагрузку. В ряде случаев ограничиваются дозированием нагрузки только по её продолжительности. Однако если учесть различный вес испытуемых, то станет ясно, что при одной и той же длительности выполнения степ-теста человек весом 60 кг проделает меньшую работу, чем человек весом 70 кг. Для уравнивания нагрузок у испытуемых с различным весом предварительно определяют то число подъемов на ступеньку, при котором величина работы будет одинаковой. Число подъемов (n) выводится из формулы:

$$n = A / P \times H.$$

Задание 2.5.3. Проба с подскоками

Данная проба также позволяет судить о реакции сердечно-сосудистой системы на нагрузку. Обследуемый (после измерения у него артериального давления и подсчета сердечных сокращений) совершает 60 подскоков на высоту 4-5 см на протяжении 30 секунд. После этого вновь подсчитывается пульс. Процедуру измерения пульса периодически повторяют до восстановления его исходных показателей.

Проба вызывает у здоровых людей учащение пульса до 110-120 уд/мин, подъем систолического артериального давления на 10-15 мм рт. ст. при некотором (на 5-10 мм) снижении диастолического давления. Восстановление дорабочей (исходной) величины артериального давления у молодых здоровых людей происходит в течение 3 минут.

При выполнении данной пробы у лиц с ослабленным сердцем или сильным утомлением систолическое давление почти не меняется, тогда как диастолическое давление возрастает при одновременном учащении пульса.

Задание 2.5.4. Глазосердечная проба

Эта проба используется для определения состояния возбудимости парасимпатических центров регуляции сердечного ритма. Проводится на фоне непрерывной регистрации ЭКГ, во время которой в течение 15 с надавли-

вают на глазные яблоки обследуемого (в направлении горизонтальной оси орбит).

На ЭКГ измеряют интервалы R-R, по которым строят два графика (две *кардиоинтервалограммы*), отражающие ритмику сердца в исходном состоянии и в период проведения пробы. При этом по оси абсцисс на графике откладываются по порядку номера зарегистрированных интервалов R-R, по оси ординат – их длительность в секундах. Кроме того, по интервалам R-R рассчитывают частоту сердечных сокращений.

В норме надавливание на глазные яблоки, как правило, вызывает у испытуемых замедление сердечного ритма (ваготоническая реакция). Учащение ритма трактуется как извращение глазосердечного рефлекса в форме протекания его по симпатикотоническому типу.

Оценка глазосердечной пробы проводится по четырёхбалльной системе:

урежение пульса на 4-12 уд/мин	– нормальная реакция;
урежение пульса более чем на 10 уд/мин	– резко усиленная реакция;
изменение пульса отсутствует	– ареактивное состояние;
учащение пульса	– извращённая реакция.

Задание 2.5.6. Ортостатическая проба

Этот тест используют для характеристики функциональной полноценности рефлекторных механизмов регуляции гемодинамики. Применение ортостатической пробы можно рекомендовать при обследовании людей, труд которых связан с длительным ограничением двигательной активности.

У обследуемого человека после 5-минутного пребывания в положении лёжа дважды подсчитывают частоту сердечных сокращений и измеряют кровяное давление. Затем по команде экспериментатора обследуемый спокойно (без рывков) занимает положение стоя.

Пульс подсчитывается на 1-й и 3-й минутах пребывания в вертикальном положении, кровяное давление определяется на 3-й и 5-й минутах.

Оценка пробы осуществляется по трёхбалльной шкале с учётом частоты пульса, уровня артериального давления и дополнительных вегетативных проявлений (см. таблицу 2.11).

Рекомендации к оформлению работы

1. Полученные в ходе проведения функциональных проб данные (задания 2.5.1-2.5.6) занесите в протокол опыта.
2. Сделайте выводы о резервных возможностях организма у обследованных людей.

Оценка ортостатической пробы

Показатели	Переносимость пробы		
	Хорошая	Удовлетворительная	Неудовлетворительная
Частота сердечных сокращений	Учащение не более чем на 11 уд/мин	Учащение на 12-18 уд/мин	Учащение на 19 уд/мин и более
Систолическое давление	Повышается	Не меняется	Снижается на 5-10 мм рт. ст.
Диастолическое давление	Снижается	Не меняется или не-сколько повышается	Повышается
Пульсовое давление	Повышается	Не меняется	Снижается
Вегетативные реакции	Отсутствуют	Потливость	Потливость, потемнение в глазах, шум в ушах

2.6. СЕНСОМОТОРНАЯ АНАЛИЗАТОРНАЯ ХРОНОРЕФЛЕКСОМЕТРИЯ

Методика хронорефлексометрии заключается в определении латентных периодов (скрытого времени) сенсомоторных реакций и применяется преимущественно для оценки функционального состояния тех или иных анализаторов. Основным правилом проведения сенсомоторной хронорефлексометрии является строгое дозирование действия используемого раздражителя и его адекватность изучасмому анализатору.

Измерение скрытого времени реакции на свет (зрительно-моторная реакция) и звук (аудио-моторная реакция) используется в исследованиях по гигиене и физиологии труда чаще других способов анализа трудовой деятельности. При этом определение латентных периодов моторных реакций на звук, как правило, проводят, когда хотят оценить состояние слухового анализатора в условиях действия производственного шума. Измерение скрытого времени реакции на световое раздражение обычно осуществляют с целью оценки состояния зрительного анализатора человека-оператора, работающего за видеодисплеем.

Кроме того, анализаторную хронорефлексометрию широко используют при исследовании лиц, занятых умственным трудом и стереотипной сенсомоторной профессиональной деятельностью. Также эта методика применяется для прогнозирования профессиональной пригодности буду-

ших специалистов в процессе медицинского и психофизиологического профотборов.

В физиологии труда латентные периоды сенсомоторных реакций рассматривают как критерии, отражающие силу и подвижность нервных процессов, интенсивность внимания, выраженность утомления и степень монотонии работающего специалиста. По латентному времени сенсомоторных реакций также можно судить о способности специалиста к произвольной концентрации внимания и его переключению, состоянию активационных систем мозга, скорости восприятия и анализа сенсорных раздражений.

Различают простую и сложную сенсомоторные реакции. В первом случае определяют скрытое время двигательной реакции при многократном предъявлении одного и того же стимула определенной сенсорной модальности (например, желтого света). В случае сложной сенсомоторной реакции измеряют время реакции на определенный сенсорный раздражитель (желтый свет), который чередуется с одним или двумя качественно иными раздражителями, но в пределах той же модальности (например, зеленый и/или красный свет).

Задание 2.6.1. Измерение времени простой сенсомоторной реакции

Оборудование и материалы: динамохронорефлексометр (или электромеханический хронорефлексометр), ступенька для степ-теста.

Ход работы

Исследование ведут студенты. Один студент является экспериментатором, а второй – испытуемым.

Перед началом исследования испытуемому дается инструкция: по команде «Приготовиться!» нажимать указательным пальцем рабочей руки кнопку на выносной панели прибора и отжимать её только при появлении сигнала, модальность и качество которого обусловлены заданием (например, определенный цвет или звук).

Затем экспериментатор с помощью тумблеров, расположенных на передней панели хронорефлексометра, включает соответствующий сигнал. В момент подачи раздражителя автоматически запускается времяизмерительное устройство хронорефлексометра.

В тот момент, когда испытуемый ощутит воздействие раздражителя, он убирает палец с кнопки, на которую ранее нажимал. При отжатии кнопки происходит автоматическая остановка электронного счетного устройства. Показанное им время (*мс*) и является латентным периодом данной сенсомоторной реакции, которая по существу представляет собой условно-рефлекторное действие, выполняемое по предварительной инструкции.

С каждого испытуемого снимается не менее 20 показаний, а затем подсчитывается их среднее значение.

Измерение времени простой сенсомоторной реакции по указанной схеме проводят до и после дозированной физической нагрузки в виде восхождения на ступеньку в течение 2-3 минут (степ-тест) или 20-30 приседаний в быстром темпе.

Задание 2.6.2. Измерение времени сложной сенсомоторной реакции

Оборудование и материалы: динамохронорефлексометр (или электромеханический хронорефлексометр), ступенька для степ-теста.

Ход работы

Обследуются те же студенты, которые принимали участие в выполнении первого задания. В отличие от предыдущей пробы в данном случае в работу испытуемого вводятся задачи дифференцировки сенсорных сигналов.

При измерении времени сложной зрительно-моторной реакции испытуемому дается инструкция: будут подаваться два раздражителя (например, красный и зеленый цвета), но отжимать кнопку нужно только при появлении одного раздражителя по выбору экспериментатора (например, только красного цвета).

При измерении времени сложной аудио-моторной реакции испытуемого предупреждают о том, что будут подаваться два звуковых сигнала (низкий и высокий звуки), но отжимать кнопку нужно только при появлении одного раздражителя также по выбору экспериментатора (например, звука только низкого тона).

В случае исследования сложной сенсомоторной реакции также снимается не менее 20 показаний и находится среднее значение латентных периодов. Одновременно экспериментатор фиксирует количество ошибок, допущенных испытуемым при дифференцировке сенсорных сигналов.

Как и в задании 2.6.1, измерение времени сложной сенсомоторной реакции проводят дважды – до и после физической нагрузки (степ-тест).

Рекомендации к оформлению работы

1. Составьте протокол обследования с указанием фамилии, имени, отчества испытуемого, его пола, возраста и рода занятий.

2. Сопоставьте между собой время простых моторных реакций на звук и свет, а также время простой и сложной сенсомоторных реакций на эти стимулы до и после физической нагрузки.

3. Рассчитайте время различения как разницу между латентными периодами простой и сложной сенсомоторных реакций.

4. Занесите полученные данные в таблицу 2.12, проведите их статистический анализ и сделайте выводы.

Таблица 2.12

Латентные периоды (ЛП) сенсомоторных реакций у студентов до и после физической нагрузки

Условия эксперимента	ЛП простой реакции, мс	ЛП сложной реакции, мс	Время различения, мс
До нагрузки			
После нагрузки			

2.7. ВЫЯВЛЕНИЕ ДОМИНАНТНОГО ОЧАГА В ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЕ ПО ВЕЛИЧИНЕ ЛАТЕНТНЫХ ПЕРИОДОВ СЕНСОМОТОРНОЙ РЕАКЦИИ

В плане анализа трудовой деятельности большой интерес представляют доминантные установки, возникающие у человека при работе. Формирование доминант в процессе реального производства свидетельствует о создании наиболее оптимальных условий труда, а также способствует проявлению творческих способностей работающего.

Доминанта – это главнейший механизм, определяющий порядок межцентральных взаимоотношений в процессе труда. Доминантная регуляция функций при труде проявляется в различных формах – обеспечивает целенаправленное поведение, увеличивает творческий потенциал, повышает работоспособность и выносливость человека в экстремальных условиях. Доминанты лежат в основе специфических функциональных состояний человека, например, таких, как рабочая поза и оперативный покой (А.А. Ухтомский, 1950).

Трудовые доминанты в условиях производства практически могут быть выявлены измерением скрытого времени двигательных реакций, осуществляемых с участием нервных центров, обеспечивающих (и/или не обеспечивающих) динамический стереотип данной профессиональной деятельности.

Оборудование и материалы: динамохронорефлексометр (или электромеханический хронорефлексометр).

Ход работы

В качестве испытуемых и экспериментаторов выступают студенты.

Сначала у испытуемого определяют латентные периоды простых сенсорных реакций на звук и на свет для установления исходного уровня функционального состояния нервных центров, обеспечивающих анализ зрительных и звуковых стимулов.

После небольшого перерыва приступают к выявлению наличия у испытуемого первого признака очага доминанты – *высокой возбудимости нервных центров*, например зрительных. Для этого начинают повторное измерение скрытого времени реакции на световое раздражение (например, белый свет), причем перед каждым измерением обязательно должна подаваться команда: «Приготовиться, белый свет!». Такая команда необходима для создания определённой настроенности испытуемого на выполнение задания за счёт влияния второй сигнальной системы. По ходу последовательных измерений экспериментатор обращает внимание на то, что скрытое время реакции на свет постепенно укорачивается, что соответствует повышению уровня функционального состояния нервных центров, связанных с восприятием световых раздражений.

Затем приступают к определению второго признака очага доминанты – *реципрокного торможения*. Для этого по ходу измерений при каком-то очередном раздражении после команды: «Приготовиться, белый свет!» – дается не световой, а звуковой раздражитель. В начале опыта в таких случаях обнаруживается укорочение латентных периодов реакции и на звук. Однако по мере укрепления доминанты замена светового раздражения звуковым при команде «Приготовиться, белый свет!» начинает вызывать резкое увеличение скрытого времени реакции на звуковое раздражение с последующим его удлинением и на свет. Это увеличение скрытого времени реакции на звуковое раздражение может быть истолковано не иначе, как свидетельство возникновения реципрокного торможения в центре восприятия звуковых раздражений.

Третий признак очага доминанты – *отклонение возбуждения, идущего в соседний центр, в сторону центра с доминантной установкой* – обнаруживается следующим образом. Сначала у испытуемого вырабатывается устойчивая дифференцировочная реакция – реагировать на свет правой рукой, а на звук – левой. После этого приступают к формированию доминантного возбуждения в нервном центре зрительного анализатора. Когда доминанта упрочится в должной мере, замена светового раздражения на звуковое будет вызывать ответную реакцию не левой рукой, как полагается на звук, а правой, как полагается на свет. Это и есть указание на отклонение возбуждения в сторону доминантного центра.

Рекомендации к оформлению работы

1. Опишите результаты наблюдений за формированием свойства доминантного очага в центральной нервной системе у разных испытуемых.
2. Для представления результатов, полученных при выявлении третьего свойства доминанты (отклонение возбуждения в сторону доминантного центра), составьте таблицу по указанному образцу (табл. 2.13) и занесите в неё собственные данные.
3. Сделайте выводы.

Таблица 2.13

Обнаружение доминанты по величине латентных периодов (ЛП)
сенсомоторной реакции

Команда	Стимул	ЛП, мс	Примечание
«Приготовиться, белый свет!»	Белый свет	200	Реагирует правой рукой
«Приготовиться, белый свет!»	Белый свет	180	Реагирует правой рукой
«Приготовиться, белый свет!»	Белый свет	120	Реагирует правой рукой
«Приготовиться, белый свет!»	Белый свет	175	Реагирует правой рукой
«Приготовиться, белый свет!»	Звук	145	Реагирует левой рукой, доминанта отсутствует.
«Приготовиться, белый свет!»	Белый свет	180	Реагирует правой рукой
«Приготовиться, белый свет!»	Белый свет	160	Реагирует правой рукой
«Приготовиться, белый свет!»	Белый свет	150	Реагирует правой рукой
«Приготовиться, белый свет!»	Звук	300	Реагирует левой рукой, реципрокное торможение
«Приготовиться, белый свет!»	Белый свет	270	Реагирует правой рукой
«Приготовиться, белый свет!»	Белый свет	180	Реагирует правой рукой
«Приготовиться, белый свет!»	Белый свет	140	Реагирует правой рукой
«Приготовиться, белый свет!»	Звук	140	Реагирует правой рукой – отклонение возбуждения в сторону доминантного очага

2.8. ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ НЕРВНЫХ ПРОЦЕССОВ

Выполнение различных профессиональных задач и видов деятельности обеспечивается разными психофизиологическими свойствами, функциями и требует определённого их сочетания. Поэтому важным этапом организации труда в области конкретной специальности является изучение совокупности профессионально значимых личностных качеств, психофизиологических свойств и психических процессов человека. Такая совокупность индивидуальных особенностей человека, обуславливающих успешность обучения и выполнения практической деятельности, определяется понятием «способности».

По мнению Б.И. Теплова (1961), под способностями, во-первых, следует подразумевать психические особенности, отличающие одного человека от другого. Во-вторых, способностями называют не любые индивидуальные особенности, а лишь те, которые имеют отношение к успешности выполнения какой-либо деятельности или многих видов деятельности. В-третьих, способности нельзя сводить только к знаниям, умениям или навыкам, которые выработаны у данного человека в процессе тренировок и упражнений. Согласно классическим представлениям (Б.Г. Ананьев, 1962; Н.А. Бернштейн, 1966; В.Д. Небылицин, 1976), в основе способностей лежат наследственно закреплённые задатки, под которыми подразумеваются анатомо-физиологические особенности головного мозга и всей нервной системы.

В частности, в качестве задатков общих и специальных способностей могут выступать: 1) типологические свойства нервной системы; 2) индивидуальные особенности строения сенсорных систем и коры больших полушарий; 3) соотношение первой и второй сигнальных систем. В этом перечне наиболее значимы именно типологические свойства нервной системы, от которых зависит работа анализаторов и различных областей мозговой коры и которые определяют скорость образования временных нервных связей, их прочность, лёгкость дифференцировок, темперамент человека, сосредоточенность внимания и, в итоге, умственную работоспособность.

Для определения типологических свойств нервной системы (силы, подвижности и уравновешенности) в качестве тестов можно использовать скоростные задания с лимитом времени. Так, с целью оценки силы нейродинамических процессов прослеживается динамика быстроты (скорости) движений руки испытуемого в течение определённого времени. Вариантами таких заданий являются теппинг-тест и имитация работы за телеграфным пультом или клавишным счётным устройством. О силе или слабости нервных процессов также можно судить по динамике биоэлектрической активности коры больших полушарий. У представителей со слабым типом нервной системы электроактивность мозговой коры в состоянии покоя

выше, а её изменения при воздействии слабых (пороговых) стимулов более выражены, чем у людей с сильными нервными процессами.

Распространённым методом изучения баланса нервных процессов (уравновешенности возбуждения и торможения) является измерение количества ошибок при выполнении скоростных заданий (например, буквенных корректурных проб). Определение функциональной подвижности нервной системы, то есть соотношения скорости процессов возбуждения и торможения, проводят либо по результатам исследования критической частоты слияния световых мельканий (фосфена), либо на основании сравнения дифференциальных порогов сенсорной чувствительности, то есть способности к различению малейших отклонений в интенсивности воспринимаемых стимулов.

Задание 2.8.1. Определение силы нервных процессов методом теппинг-теста по Е.П. Ильину

Оборудование и материалы: электронный таймер или секундомер, карты из плотной бумаги (картона), расчерченные на 6 прямоугольных квадратов (окон) со сторонами 25 и 50 мм, плотно прилегающих друг к другу (рис. 2. 1) или клавишное счётное устройство (например, компьютер со специальной программой), карандаши.

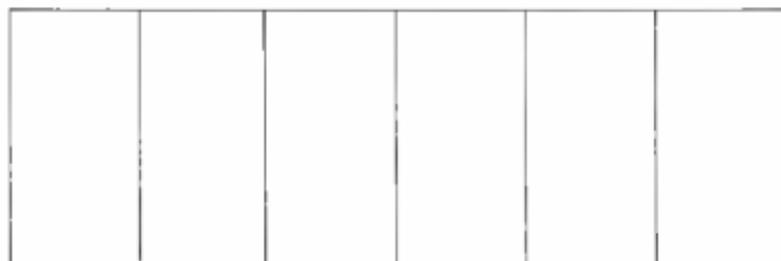


Рис. 2.1. Бланк для проведения теппинг-теста

Ход работы

По команде экспериментатора в течение 30 с испытуемый должен кистью правой руки совершать быстрые движения: 1) *последовательно* заполнять с помощью карандаша точками прямоугольники (окна) на картонной карте или 2) нажимать на клавиши счётного устройства указательным пальцем. В качестве такого устройства можно также использовать компьютер. Темп, с которым совершаются движения кисти руки, должен иметь максимальную частоту.

Переход от одного окна карты к другому или от одной серии счёта к следующей осуществляется по команде экспериментатора через каждые 5 с без перерыва в работе, т.е. на заполнение каждого окна отводится по 5 с. По завершении 30-секундной работы дается команда «Стоп!».

Затем экспериментатор подсчитывает количество точек (движений) в каждом 5-секундном интервале и строит кривую работоспособности, отражающую зависимость количества (а следовательно, быстроты) движений от времени работы. Для этого на оси ординат откладывается количество движений в каждом из последовательно заполненных прямоугольников, а по оси абсцисс – время работы (5, 10, 15, 20 и 30 с).

Рекомендации к оформлению задания 2.8.1

1. Постройте график динамики быстроты движений и проанализируйте полученную зависимость.

При объяснении результатов тестирования можно воспользоваться ниже приведёнными стандартными трактовками формы кривой динамики быстроты движений:

– лицам с *сильной нервной системой* свойственна *выпуклая кривая*, в которой максимальное количество движений приходится на второй (10 с) и третий (15 с) интервалы;

– у представителей *со средней силой нервной системы* изучаемая зависимость представлена *ровной линией* с 1-2%-ным отклонением от выбранного темпа, когда количества движений в первый и последний интервалы примерно равны между собой;

– в случае *неустойчивой по силе средне-слабой нервной системы* график обычно имеет *Г-образную* или *W-образную* форму, а также может быть представлен *вогнутой кривой*;

– испытуемым *со слабой нервной системой* свойственна *нисходящая кривая работоспособности* с закономерным уменьшением скорости движений, особенно от 10-й секунды к 30-й.

2. Сделайте выводы о силе нервных процессов испытуемых.

Задание 2.8.2. Определение баланса (уравновешенности) нервных процессов методом Б.М. Теплова

Оборудование и материалы: бланки с корректурными буквенными таблицами (рис. 2.2), содержащими 484 знака (22 строки по 22 буквы в каждой); электронный таймер или секундомер; карандаши.

Ход работы

Испытуемым предлагается буквенная корректурная таблица, с которой они работают в течение 5 мин.

Фамилия испытуемого _____

И Н О Г М П Ц Э О И Н С И О Ц Э Ц О П Г О Н
Г Ц С И О П Э О Г И Н П Ц С О Э Ц Н Г И П О
Э И О С Н И Ц П И Г Э С Ц П И Г О Э Г П Р С
П Н И С Ц Г Э Н Г О И С Ц П Г И П Н Э С О С
О Н Г О С Э Ц О П Г Н Н И Ц С Э С О Г П Ц И
Н И С И Г И П И Ц И Э И С Н Г П И Ц И Н Э С
С П Н И Ц П Г П Э О Г П Э Ц О Г Ц Н И Ц Э С
Г П Г Н О Э С Ц О С И П Ц Н Г И С Э Ц Н Г О
И П И Г Ц П Г Ц П И Н Э Ц С О Г И П Н О С Ц
О Ц Е С Н И Г Э П Э С Н Г О Ц Э П И О Ц Э И
Н П П И Э Ц О О С Ц Г Н П Ц С Э Н Н П И Г С
О Н П И С Э Ц Н Г О П Э С О Ц С Н Е Ц П Г С
П Н Ц И Э С О Ц Н П И Э Ц П Н И Г О Ц С Г П
Г И П Г О Э Ц С И Г П Э Ц И Н И Г Э Ц П С И
Э С О И Ц Н Э С О И Г П Ц Э О С П Г Ц О С Э
Г П Г Н О Э С Ц О С И П Ц Н Г И С Э Ц Н Г О
И П И Г Ц П Г Ц П И Н Э Ц С О Г И П Н О С Ц

Рис. 2.2. Буквенная корректурная таблица для определения баланса нервных процессов по Б.М. Теплову (фрагмент)

Каждую минуту экспериментатор изменяет задание: например, отыскать и сосчитать буквы «И», затем «Ц», «О» и т.д. Окончание каждого задания фиксируется в таблице вертикальной чертой.

Затем подсчитывается общее количество ошибок в каждом задании (за ошибку принимаются пропущенные и неправильно вычеркнутые буквы) и вычисляется их процент по отношению к действительному количеству букв на данном отрезке.

Если количество ошибок составило не более 20%, то это свидетельствует об уравновешенности нервных процессов, более 40% – о неуравновешенности.

Рекомендации к оформлению задания 2.8.2

1. Оформите протокол опыта, приложите к нему корректурные бланки с результатами тестирования.
2. Сопоставьте полученные данные об уравновешенности нервных процессов с их силой (см. задание 2.8.1).
3. Сделайте выводы.

Задание 2.8.3. Определение функциональной подвижности нервной системы методом Б.М. Теплова

Оборудование и материалы: ручной динамометр.

Ход работы

Работа проводится с помощью ручного динамометра. После каждой операции стрелка динамометра возвращается к нулю.

С целью выявления функциональной подвижности (лабильности) нервных процессов испытуемому предлагают выполнить две программы двигательных действий.

Программа 1:

- а) выбрать среднюю степень мышечного усилия (около 20 кг);
- б) слегка увеличить усилие;
- в) уменьшить усилие;
- г) вернуть его к исходной величине;
- д) уменьшить усилие;
- е) увеличить усилие;
- ж) вернуть усилие к исходной величине;
- з) выполнить программу повторно.

Программа 2:

– проделать ту же последовательность действий, но только на большей амплитуде усилий, близкой к максимально возможной.

Рекомендации к оформлению задания 2.8.3

1. Занесите показания динамометра в таблицу 2.14.

Таблица 2.14

Величины мышечных усилий и их дифференциальные пороги

Исходное усилие, кг	Уменьшение усилия, кг	Увеличение усилия, кг	Величина усилия при его возвращении к исходному уровню, кг	Дифференциальный порог

2. Рассчитайте значения дифференциальных порогов как разницу между исходной величиной усилия и его величиной на момент возвращения к первоначальному уровню после процедуры уменьшения/увеличения мышечной силы. Внесите полученные данные в таблицу 2.14.

3. Сделайте выводы об уровне лабильности нервной системы испытуемых, опираясь на нижеследующие рекомендации по трактовке значений дифференциальных порогов:

– уменьшение дифференциального порога после операции увеличения (уменьшения) амплитуды мышечного усилия может быть связано с тем, что возбуждение от предшествующего действия ещё не успевает завершиться в нервных центрах. Это свидетельствует об инертности процесса возбуждения;

– примерно одинаковая величина дифференциальных порогов заданных мышечных усилий или их незначительное возрастание связано с тем, что возбуждение от предшествующего мышечного усилия сменяется торможением (механизм последовательной индукции). При новом мышечном усилии торможение нейронов в двигательных центрах быстро сменяется процессом возбуждения. Такая динамика говорит о хорошей подвижности нейродинамических процессов.

2.9. ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТИПОВ НЕЙРОДИНАМИЧЕСКОЙ КОНСТИТУЦИИ

В работах ряда исследователей (Е.А. Жирмунская, 1963; В.Д. Небылицын, 1966; G. Walter, 1966; Н.П. Бехтерева, 1980) установлено, что параметры электроэнцефалограммы (ЭЭГ) у людей весьма разнообразны и индивидуально устойчивы. Это позволяет предполагать наличие определённой зависимости между основными свойствами нервных процессов и биоэлектрической активностью головного мозга. Каждому индивиду присуща характерная для него картина ЭЭГ, которая сохраняется достаточно стабильной в интервале от 15-18 и до 60 лет. Из этого следует, что ЭЭГ – один из существенных компонентов, определяющих индивидуальную психофизиологическую структуру человека. Значимым фактором является также зависимость, имеющаяся между ЭЭГ-характеристиками и психическими процессами, свойствами личности, профессиональной пригодностью отдельных специалистов. При этом связью с психическими процессами, функциональным состоянием, успешностью профессионального обучения и трудовой деятельности обладают не только типы ЭЭГ (например, нормальные и изменённые), но и её отдельные параметры, такие как значение альфа-индекса, зрелость и устойчивость альфа-ритма, особенности его пространственного распределения и выраженность модуляции, длительность ориентировочной реакции и др.

Соотношение профессиональных, физиологических, психологических качеств человека и феноменов биоэлектрической активности его мозговой коры делает возможным использование некоторых компонентов ЭЭГ с целью изучения функциональных состояний организма, проведения экспертизы и психофизиологического отбора.

В частности, для целей профотбора на основании анализа биоэлектрической активности мозга здоровых молодых (17-25 лет) людей была разработана классификация типов ЭЭГ человека (В.Б. Малкин с соавт., 1974; В.А. Бодров с соавт., 1984). В рамках этой классификации все электроэнцефалограммы разделены на три группы: нормальные, условно-нормальные и патологически изменённые. В свою очередь, в группе нормальных выделяют четыре типа ЭЭГ.

Так, первый тип нормальной ЭЭГ (I тип), наиболее распространённый (встречается почти в 70% случаев), характеризуется при закрытых глазах хорошо сформированным, моночастотным альфа-ритмом (альфа-индекс более 60%), особенно выраженным в затылочных отведениях; колебания амплитуды волн в пределах 40-120 мкВ.

Второй тип нормальной ЭЭГ (II тип) отличается лабильным альфа-ритмом (в большинстве случаев невысокой амплитуды, 40-50 мкВ) и отчётливо выраженным бета-ритмом; альфа-индекс не превышает 50%; медленные колебания практически отсутствуют или слабо выражены.

Третий тип нормальной ЭЭГ (III тип) характеризуется недостаточно сформированным, поличастотным, «незрелым» альфа-ритмом высокой амплитуды с частотным диапазоном 1-2 колебаний/с; альфа-волны имеют неправильную форму, отличаются полиморфностью; на ЭЭГ отчётливо выражены медленные колебания, в том числе тета-активность.

Четвёртому типу нормальной ЭЭГ (IV тип) свойственна крайне низкая амплитуда биопотенциалов (15-30 мкВ); на записях практически отсутствует альфа-ритм или встречаются единичные редуцированные альфа-волны; выделяются «истинно» плоские (около 1%) кривые, которые не меняются под воздействием функциональных проб, и «ложно» плоские (около 4%), на которых при выполнении проб увеличивается амплитуда волн и появляется в разной степени выраженный альфа-ритм.

Условно-нормальными называются такие ЭЭГ, характеристики которых не укладываются в границы четырёх типов нормальных ЭЭГ, но при этом отсутствуют какие-либо клинические проявления заболеваний центральной нервной системы или нарушения высшей нервной деятельности. Условно-нормальные ЭЭГ характеризуются полиморфизмом с диффузной организацией всех ритмов при сравнительно низкой их амплитуде (35-50 мкВ) и эпизодическим появлением тета-ритма повышенной амплитуды преимущественно в передних отделах полушарий. Отмечается пространственно-извращённое распределение альфа-ритма с выраженной и стойкой

межполушарной амплитудной асимметрией, извращённой реакцией на закрывание – открывание глаз.

К патологически изменённым могут быть отнесены те ЭЭГ, которые содержат как компоненты ЭЭГ, редко встречающиеся у здоровых людей (пик-волны, разрядную активность), так и нормальные компоненты ЭЭГ, которые, однако, имеют необычное распределение или аномально проявляются в ответ на функциональные пробы (большое число тета-волн повышенной амплитуды, пароксизмы альфа- или бета-ритма и др.).

Электроэнцефалографические исследования и, в частности, анализ типов ЭЭГ являются обязательным этапом при психофизиологическом отборе кандидатов на обучение профессиям, связанным с повышенной нервно-психической нагрузкой, высокой социальной ответственностью и риском для здоровья и жизни (например, курсанты лётных училищ). Следует отметить, что в данном случае неблагоприятным считается симптомокомплекс, включающий II, III или IV типы ЭЭГ, условно-нормальные и патологические кривые ЭЭГ, дизритмии мозговой электроактивности, длительную ориентировочную реакцию на ЭЭГ в сочетании с вегетососудистыми дистониями, биоритмологической инертностью, средним или низким интегральным показателем психологического отбора, пассивностью, неуверенностью в себе, интроверсией, повышенной тревожностью, эмоциональной нестабильностью, высокой степенью фрустрированности и другими негативными личностными качествами.

Оборудование и материалы: электроэнцефалографическая установка или компьютерная система для анализа биопотенциалов мозга «Нейрокартограф», наборы электродов, физиологический раствор, спирт.

Ход работы

В ходе работы проводится сравнительный анализ особенностей ритмов и/или спектров мощности электроэнцефалограммы (ЭЭГ) у испытуемых с различной нейродинамической конституцией. Последняя оценивается по свойствам нервных процессов. В данном исследовании для типизации нейродинамической конституции рекомендуется использовать силу нервных процессов (см. работу 2.8, задание 2.8.1).

Следует помнить, что обязательным требованием к проведению электроэнцефалографии с позиций физиологии труда является сравнение фоновой биоэлектрической активности с её изменениями при функциональных пробах (закрывание – открывание глаз, дозированные умственные и физические нагрузки, действие сенсорных стимулов и др.).

При подготовке к исследованию на основании результатов определения силы нервных процессов формируют 3 группы испытуемых (с сильными, слабыми и средними по силе нервными процессами). Можно ограничиться и двумя группами обследуемых – с сильной и слабой нервной

системой. Количество испытуемых в каждой группе должно быть не меньше трёх человек.

Приступают к регистрации ЭЭГ у представителей с различными типами нейродинамической конституции сначала в состоянии покоя.

Затем записывают ЭЭГ во время выполнения умственной работы (например, прослушивание с целью запоминания какого-либо текста, читаемого экспериментатором; перевод иностранного текста и т.п.).

Следующий фрагмент записи ЭЭГ проводят после выполнения испытуемыми дозированной физической нагрузки (например, в виде 30 приседаний в быстром темпе или степ-теста).

Внимание! В ходе регистрации ЭЭГ до, во время и/или после моделирования трудовой нагрузки обязательно проводят пробу с закрыванием – открыванием глаз. Данная проба необходима для последующего определения *типа* ЭЭГ испытуемых (характеристики разных типов ЭЭГ представлены выше в теоретической части настоящей работы).

Рекомендации к оформлению работы

1. Обработайте и проанализируйте ЭЭГ всех испытуемых в покое и во время нервно-психической и физической нагрузок.

2. Определите тип ЭЭГ и особенности спектров ЭЭГ в состоянии покоя, во время умственного напряжения и мышечной деятельности.

3. Результаты проведённого анализа занесите в таблицу 2.15, отдельно выделив данные для состояния покоя и деятельности.

Таблица 2.15

Характер спектров ЭЭГ у субъектов с различными типами нейродинамической конституции (НК)

№ п/п	Тип НК	Тип ЭЭГ	Пол, возраст	Пространственное распределение максимумов спектров ЭЭГ	Баланс частот ЭЭГ
1					
2					
3					
4					
5					

4. Обобщите полученные данные, выделив характерные особенности ЭЭГ для каждого типа нейродинамической конституции.

5. Сделайте выводы о зависимости между спектральной структурой биоэлектрической активности головного мозга и типологическими особенностями нервной системы.

2.10. ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИКИ УМСТВЕННОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ФУНКЦИИ ВНИМАНИЯ

Группа методов, позволяющих оценивать влияние умственной работы на организм человека, относительно немногочисленна. Она включает ряд тестов, по результатам выполнения которых можно составить представление о динамике работоспособности в течение трудового дня, а также о колебаниях уровня психофизиологических функций обследуемого человека.

В таких исследованиях используются также аппаратные методы оценки функционального состояния различных анализаторов (аудиометрия, периметрия, адаптометрия и т.п.), электрофизиологические методики (например, регистрация кожно-гальванической реакции, которая позволяет судить о степени эмоционального напряжения).

Достаточно часто в физиологии умственного труда в качестве показателя динамики работоспособности, для диагностики сроков наступления и выраженности нервного утомления используют параметры функции внимания. Для анализа внимания широко применяются корректурные пробы Бурдона, Ландольта, Платонова и Анфимова, позволяющие оценить произвольную концентрацию и объём внимания, его переключаемость, распределение и устойчивость, точность восприятия информации и пр.

Однако предлагаемые тесты могут характеризовать умственную работоспособность лишь при условии их периодического предъявления обследуемым лицам в различные периоды на протяжении рабочего дня или рабочей смены. По результатам этих тестов строятся графики, которые отражают колебания уровня соответствующей психофизиологической функции в процессе выполнения конкретной работы. Особенно показательны данные приёмы при оценке работоспособности у лиц с большой загруженностью сенсорной и сенсомоторной сфер.

Поскольку одним из общепризнанных физиологических коррелятов произвольного внимания является изменение электрической активности коры больших полушарий головного мозга в виде появления на электроэнцефалограмме условно-негативной волны «Е» (или волны ожидания), то при изучении реальной трудовой деятельности специалистов корректурную пробу нередко сочетают с электроэнцефалографией. Такой комплексный подход наиболее информативен при оценке умственной работоспособности представителей операторско-диспетчерского труда.

Оборудование и материалы: бланки с заданиями для проведения корректурных тестов (буквенные таблицы Анфимова и таблицы с кольцами Ландольта), бланки с наборами двухзначных чисел для анализа распределения внимания с помощью теста «Расстановка чисел», карандаши, линейки, секундомер.

Задание 2.10.1. Определение стабильности внимания с использованием корректурного теста Ландольта

Ход работы

Исследование проводится одновременно на нескольких испытуемых (5-6 студентов). Испытуемым раздаются рабочие таблицы, на которых изображены кольца с разрывами, расположенные в несколько строчек. Испытуемых просят указать в верхней части тест-таблицы свои данные (фамилия, пол, возраст).

Затем экспериментатор объясняет задание: требуется построчно подсчитывать кольца с разрывом в определенном участке окружности (например, с правой стороны) в течение определённого времени.

Кроме того, испытуемым даётся особое указание – по прошествии определённого периода работы (через каждые 15 с) по команде экспериментатора делать на строках таблицы отметки в виде вертикальной черты. Это время обследуемым не называется!

Данный тест выполняется в условиях временного ограничения (1 мин и 45 с). Общее время тестирования заранее испытуемым также не сообщается.

Обработка результатов выполнения теста Ландольта основана на определении количества корректур – правильных и неправильных ответов (зачёркиваний колец) с последующим расчетом ряда качественных показателей (коэффициентов) и построением графиков.

1. Сначала вычисляют процент ошибочных ответов (сюда входят как «незамеченные» кольца, так и «лишние»), определяемый от общего числа колец данного типа (всего на тест-бланке колец с разрывом справа – 23).

2. Затем рассчитывают показатель стабильности работоспособности, или, что в данном случае одно и то же, устойчивости внимания (K) по формуле, в которой фигурируют результаты, полученные при просмотре строк на всём бланке либо за некий промежуток времени (например, за 15 с), либо при просмотре определённого объёма знаков (например, одной строки):

$$K = (A - B) / C \times 100\%,$$

где A , B и C – соответственно максимальное, минимальное и среднее количество ошибок, допущенных либо за 15 с, либо при просмотре одной строки.

3. Далее строят кривую результативности работы, отражающую зависимость качества выполнения теста от времени. Для этого по оси ординат откладывают количество ошибок (или правильных ответов), а по оси абсцисс – временной этап работы (1-й, 2-й, 3-й и т.д. 15-секундные интервалы) или номера просмотренных строк.

Рекомендации к оформлению задания 2.10.1

1. Обработайте результаты выполнения корректурной пробы Ландольта и определите стабильность функции внимания на основании построения кривой ошибочности или результативности работы.

2. Проведите итоговую оценку умственной работоспособности и уровня (качества) внимания по данным анализа количественных и качественных показателей тестирования.

3. При анализе полученных результатов в некоторой выборке испытуемых особо выделите характеристики внимания (устойчивость, направленность, концентрация), от которых, в свою очередь, зависит количественная и качественная результативность работы испытуемых.

4. В случае проведения массовых исследований, например на потоке учащихся или студентов, в соответствии с достигнутыми результатами подразделите всех испытуемых на следующие четыре группы:

I – лица с хорошим качественным и количественным исполнением задания (группа с высокой концентрацией внимания, адаптивная, хорошо обучаемая и хорошо успевающая);

II – лица с хорошим качественным и слабым количественным исполнением задания (группа, ориентированная на качество, со средней концентрацией внимания, ответственная, пунктуальная);

III – лица с хорошим количественным и слабым качественным результатом (группа с низкой концентрацией внимания, импульсивная, самонадеянная, с большим энтузиазмом);

IV – лица со слабыми количественным и качественным исполнением задания (подобные неудачи демонстрируют субъекты, неспособные к волевому усилию, внутренне неуравновешенные, неуверенные в себе, тревожные, равнодушные или со сниженными интеллектуальными способностями).

Задание 2.10.2. Определение устойчивости внимания с применением корректурного теста Анфимова

Ход работы

Для тестирования используется буквенная корректурная таблица Анфимова, фрагмент которой изображён на рис. 2.3 (всего в таблице 1600 букв, расположенных в 40 строк по 40 знаков в каждой).

Обследуемым раздаются буквенные корректурные таблицы и даётся инструкция по выполнению теста.

Испытуемый должен в течение определённого времени, последовательно просматривая каждую строчку таблицы слева направо, вычёркивать обусловленные заданием отдельные буквы или их сочетания (например, буквы «А» и «Х» или буквенное сочетание «ЕК») и отмечать по команде

экспериментатора конец каждой минуты вертикальной чертой в соответствующем участке таблицы. Это время испытуемым заранее не называется.

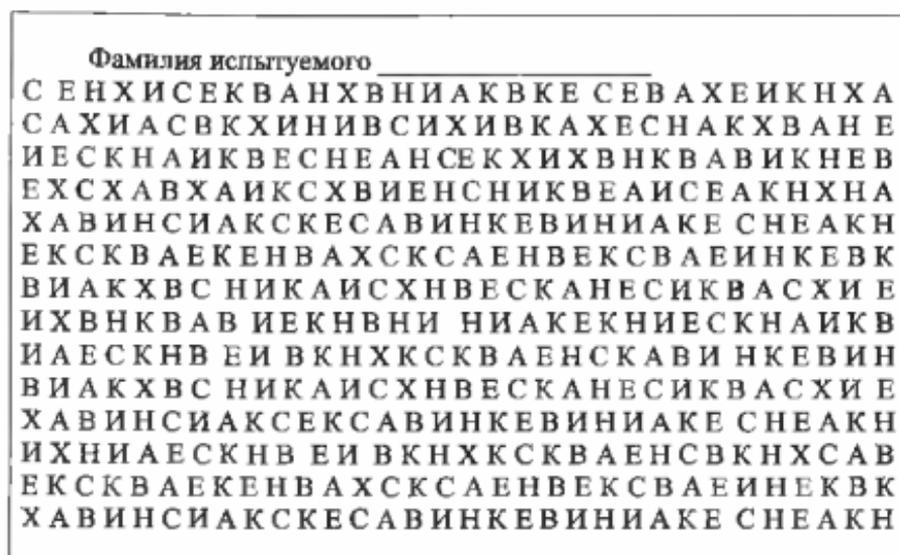


Рис. 2.3. Буквенная корректурная таблица Анфимова (фрагмент)

Задание выполняется в быстром темпе на протяжении 5 мин. Продолжительность работы испытуемым заранее не сообщается.

При обработке результатов тестирования сначала оценивается общее количество просмотренных букв (то есть быстрота обработки корректурной таблицы).

При 5-минутной работе эффективность выполнения пробы может быть оценена в баллах:

более 1000 букв/5 мин	– отлично;
800-1000	– хорошо;
700-800	– удовлетворительно;
менее 700	– плохо.

По полученным данным определяют *показатель интенсивности внимания (ИВ)*, который представляет выраженное в процентах отношение количества просмотренных (обработанных) букв (ПБ) к их общему количеству (КБ) на бланке:

$$\text{ИВ} = (\text{ПБ} / \text{КБ}) \times 100\%.$$

Затем подсчитывают общее количество ошибок (КО), допущенных корректором, суммируя число пропущенных и неправильно вычеркнутых букв.

Кроме того, дополнительно выражают количество ошибок в процентах от общего числа просмотренных букв.

Количество ошибок, допущенных за 5 мин работы, оценивают по следующей шкале:

0-2 ошибки	– отлично;
3-5	– хорошо;
6-10	– удовлетворительно;
11 и более	– плохо.

Далее вычисляют показатель качества внимания (ПВ):

$$ПВ = ПБ_1 / (КО + 1),$$

где ПБ₁ – среднее количество букв, просмотренных за 1 мин; КО – количество ошибок.

По результатам тестирования строят график (кривую) устойчивости внимания. Для этого по оси ординат откладывают количество ошибок, а по оси абсцисс – время работы (1-5 мин).

Рекомендации к оформлению задания 2.10.2

1. Обработайте результаты выполнения корректурной пробы Анфимова, рассчитайте показатели интенсивности и качества внимания.
2. Постройте кривую устойчивости внимания.
3. Сделайте выводы о динамике умственной работоспособности испытуемых.

Задание 2.10.3. Анализ распределения внимания

Ход работы

При анализе распределения внимания используется тест «Расстановка чисел». Испытуемому выдаётся бланк с таблицей, в верхней части которой имеются числа, расположенные в случайном порядке (рис. 2.4).

Содержание пробы заключается в заполнении свободных клеток в нижней части таблицы слева направо числами, которые написаны в верхних клетках. Цифры пишутся в возрастающем порядке в течение 2 минут.

Задание выполняется дважды – до и после умственной работы, которую можно выполнить в виде чтения научного текста с его последующим осмысленным пересказом или в виде корректурного теста.

Фамилия испытуемого _____

45	89	1	36	7
26	42	18	4	52
11	29	57	78	6
13	27	59	30	61
71	93	83	16	51

Рис. 2.4. Бланк для изучения распределения внимания в тесте «Расстановка чисел»

Кроме того, можно дополнительно проанализировать изменения в распределении внимания после выполнения физической нагрузки, например, в форме степ-теста.

По этим данным вычисляют частоту ошибочных ответов (ЧО) как отношение количества допущенных ошибок (КО) к общему числу представленных чисел (КЧ):

$$\text{ЧО} = \text{КО} / \text{КЧ}.$$

Для подведения итога используют следующую оценочную шкалу частоты ошибочных ответов:

- | | |
|-----------|----------------------|
| 0-0,09 | – отлично; |
| 0,1-0,25 | – хорошо; |
| 0,26-0,45 | – удовлетворительно; |
| 0,5-1,0 | – плохо. |

Рекомендации к оформлению задания 2.10.3

1. Обработайте результаты выполнения теста расстановки чисел на бланках.
2. Сделайте выводы о влиянии различных видов трудовой деятельности (умственных и физических нагрузок) на распределение внимания.

2.11. ИССЛЕДОВАНИЕ КРАТКОВРЕМЕННОЙ ПАМЯТИ

В деятельности работающего человека в том или ином виде проявляются все основные формы памяти – кратковременная (в том числе непосредственная, или иконическая, и оперативная) и долговременная. Из обозначенных терминов видно, что формы памяти различаются по времени хранения информации. Кратковременная память обеспечивает хранение поступившей информации в течение коротких промежутков времени (секунды и минуты), долговременная – в течение длительного периода (дни, месяцы, годы).

В непосредственной (иконической) памяти задерживается почти вся информация, поступившая на органы чувств в какой-то момент времени, но хранится она всего несколько секунд. Непосредственное запоминание можно рассматривать как фотографию, изображение объектов, воздействующих на органы чувств. Оперативная память представляет собой способность человека сохранять текущую информацию, необходимую для выполнения того или иного действия; длительность хранения в данном случае определяется временем выполнения действия. Элементарный пример оперативной памяти – запоминание первых слов принимаемого оператором речевого сообщения в течение всего времени аудирования. При переводе информации из непосредственной памяти в оперативную осуществляется её селекция по критериям, определяемым характером трудовой деятельности человека. При преобразовании кратковременной памяти в долговременную происходит дальнейшая селекция информации, а также реорганизация механизмов формирования и хранения энграмм.

Соотношение между перечисленными формами памяти зависит от задач, решаемых системой «человек – машина», и от структуры деятельности специалиста (например, оператора). Надёжность и эффективность действия оператора в значительной степени зависят от оперативной памяти. При этом важно, что существенную роль в оперативной памяти могут играть процессы не только запоминания, но и «сбрасывания» информации, то есть исключение её из памяти. Оператор иногда допускает ошибки не потому, что не запомнил новую необходимую информацию, а потому, что не забыл ненужную, уже использованную.

С учётом сказанного для прогнозирования успешности профессиональной деятельности представителей ряда специальностей, в частности

связанных с дистанционным управлением в системах «человек – машина», в качестве обязательного критерия используются показатели, характеризующие разные виды и компоненты памяти.

Задание 2.11.1. Определение объема зрительной кратковременной памяти при цифровом способе подачи информации

Оборудование и материалы: секундомер, карточки с наборами 25 и/или 10 чисел для запоминания в процессе тестирования зрительной памяти. Вариант набора из 25 пунктов должен включать как однозначные, так и двузначные числа (рис. 2.5). Набор из 10 пунктов должен содержать только двузначные числа.

Ход работы

Проба «Память на числа» позволяет оценить способность к непосредственному запоминанию.

Испытуемый должен внимательно в течение 1 мин или 30 с рассмотреть цифры (соответственно наборы из 25 или 10 чисел), указанные на предлагаемой для работы карточке, а затем воспроизвести их письменно в том же порядке в течение 1 мин. После окончания тестирования следует провести оценку кратковременной зрительной памяти на числа. Для этого подсчитывают количество правильно воспроизведенных чисел, а затем рассчитывают объем памяти по специальной формуле, которая указана далее в *Рекомендациях к оформлению работы 2.11.*

9	4	17	19	24
6	8	11	22	14
12	10	15	3	25
2	20	5	23	13
16	21	8	11	7

Рис. 2.5. Вариант набора 25 чисел для тестирования кратковременной зрительной памяти

Задание 2.11.2. Определение объёма слуховой памяти при вербальном способе подачи информации

Оборудование и материалы: карточки с наборами 25 или 10 слов для запоминания в процессе тестирования слуховой памяти.

Ход работы

Испытуемый должен внимательно прослушать слова, произносимые экспериментатором ровным голосом нормальной громкости, а затем воспроизвести письменно те, которые остались в памяти.

Примерный вариант набора 25 слов для проведения теста:

блюдо, загадка, груша, снег, брус, адажио, мелодия, время, резерв, брутальность, плоскость, пляж, боль, стан, кастрюля, зависть, мерзкий, любовь, тайна, ритм, страх, фасон, блёклый, бесконечный, пандус.

Оценку кратковременной слуховой памяти проводят тем же способом, что и в задании 2.11.1, на основании расчета её объёма по специальной формуле, которая указана в *Рекомендациях к оформлению* в конце работы 2.11.

Задание 2.11.3. Изучение эмоционально окрашенного и смыслового запоминания

Экспериментальные исследования и жизненные наблюдения показывают огромное превосходство осмысленного запоминания над механическим. По некоторым данным, продуктивность осмысленного запоминания в 20 раз выше механического. Одна из причин такого различия состоит в том, что механическое запоминание основано преимущественно на многократном повторении запоминаемого материала.

Осмысленное запоминание, главным образом, базируется на сокращении количества запоминаемой информации за счёт установления в запоминаемом сообщении избыточных сведений и на перекодировании, то есть понимании запоминаемого материала.

При определённых условиях эффективным способом запоминания может быть перевод вербальной информации в наглядные образы (например, зрительно представленные схемы). Однако стремление к трансформации словесной информации в зрительную не всегда целесообразно, так как образы, хотя и обладают большой информационной ёмкостью, в отрыве от слова плохо включаются в ранее приобретённую систему связей. Согласно экспериментальным данным, наилучшие результаты, с точки зрения запоминания, достигаются в случае сочетания образа и слова.

Оборудование и материалы: набор из 25 слов для анализа эмоционально окрашенного запоминания, набор из слов и словосочетаний (общее количество слов в этом наборе также должно равняться 25) для тестирования смыслового запоминания.

Ход работы

Сначала проводят анализ запоминания эмоционально окрашенных слов. Для этого можно использовать результаты воспроизведения слов при выполнении задания 2.11.2. Как правило, слова «мерзкий», «боль», «любовь», «страх», «стон», имеющие эмоциональную окраску, запоминаются лучше других.

Слова, отличающиеся некоторой новизной («пандус», «брутальность») или имеющие смысловую связь (адажио – мелодия, зависть – мерзкий, любовь – ритм, фасон – блёклый), воспроизводятся легче.

Поэтому смысловое запоминание можно продемонстрировать при подаче прежнего набора слов (25), в котором логически связанные компоненты следует сгруппировать в словосочетания. Для облегчения процесса смыслового запоминания можно использовать знаковое кодирование.

В случае выполнения такого теста испытуемому предлагают прослушать набор слов и словосочетаний, но при объяснении задания рекомендуют по ходу прослушивания обозначать каждое слово и словосочетание каким-либо очень простым символом. По окончании прослушивания испытуемый должен по этим символам воспроизвести слова.

Ниже представлен примерный вариант набора слов и словосочетаний для проведения теста (25 пунктов):

конструкция, грозный муж, продукт, Новгород, чело, сломанный стул, кантри, архипелаг, наука, подъём, золотой телец, покой, движение, ум, экзамен, пояс Ориона, тихий омут, светлое будущее, огнеопасный.

Рекомендации к оформлению работы

1. После выполнения заданий 2.11.1 и 2.11.2 рассчитайте объёмы кратковременной зрительной памяти на числа и слуховой памяти на слова. Для каждого случая определите объём кратковременной памяти ($V_{кп}$) в процентах как отношение числа правильно воспроизведенных цифр или слов (n) к общему числу просмотренных цифр или заслушанных слов (N) по предлагаемой ниже формуле (в нашем случае $N = 25$):

$$V_{кп} = (n / N) \times 100\%.$$

2. Определите уровень объёма кратковременной памяти по следующей оценочной шкале:

менее 50%	– малый $V_{кп}$;
равен 50-60%	– средний $V_{кп}$;
более 70%	– большой $V_{кп}$.

3. Сопоставьте объёмы кратковременной памяти при числовом визуальном и словесном слуховом способах восприятия информации; отметьте наличие различий в объёмах зрительной и слуховой памяти.

4. При анализе результатов выполнения задания 2.11.3 выделите эмоционально окрашенные слова в группе воспроизведенных и рассчитайте долю от общего объема кратковременной памяти, приходящуюся на эмоциональное запоминание.

5. Сравните результаты, полученные при смысловом и знаковом (образном) запоминании слов. Объясните увеличение объёма кратковременной памяти при таких способах запоминания, исходя из механизмов закрепления информации.

6. Занесите результаты тестирования в протокол наблюдений.

7. Сделайте выводы.

2.12. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПРОФИЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ МЕЖПОЛУШАРНОЙ АСИММЕТРИИ

Некоторые виды профессиональной деятельности человека предъявляют специфические требования не только к состоянию различных физиологических функций и психических процессов, но и к степени развития и структурно-функциональной организации парных органов. Эти требования обусловлены психофизиологическими аспектами трудовой деятельности, которые во многих профессиях (операторы, диспетчеры, водители и др.) связаны не столько с содержанием рабочих операций, сколько с инженерно-эргономическими особенностями рабочего места – размещением средств отображения информации и средств управления на пульте. Как правило, компоновка этих элементов ведётся с учётом требований удобства пользования только для лиц, у которых ведущими являются правые рука, нога, глаз.

Вместе с тем, современная физиология труда располагает достаточным объёмом доказательств того, что в структурно-функциональном отношении парные органы являются асимметричными, что, в известной мере, влияет на эффективность профессиональной деятельности человека в некоторых видах труда. Кроме того, функциональные асимметрии определяют уровень адаптации работника к производственным условиям и неблагоприятным факторам среды.

Под *функциональной асимметрией человека* принято понимать совокупность признаков неравенства его правых и левых парных органов (рук,

ног, органов чувств, полушарий конечного мозга) в нервно-психической и моторной деятельности. Асимметрии человека условно можно разделить на три вида: моторную, сенсорную и психическую.

Моторная асимметрия – совокупность многих признаков функционального неравенства рук, ног, а также правой и левой половин тела и лица в формировании общей двигательной активности человека. По разным данным, преобладают люди с доминированием правой руки (от 70 до 90%), которая отличается большей ловкостью, скоростью и точностью движений, тогда как левая рука более вынослива к статическим усилиям. Доминирование левой руки прослеживается в 2-15% случаев, а относительная симметрия двигательной активности рук отмечается в 3-30% наблюдений (у амбидекстров). Хотя моторная асимметрия является лишь частной формой функциональных асимметрий человека, её рассматривают как базовый признак, определяющий формирование более сложных форм асимметрий, проявляющихся в практике, гнозисе, зрительно-моторной координации, речи и т.д.

Сенсорная асимметрия выражается комплексом признаков функционального неравенства парных органов чувств и разных видов чувствительности на правой и левой половинах тела.

Наиболее изучена асимметрия зрения, которая проявляется неравнозначностью зрительных полей, различиями остроты зрения, прицельности и глазамера двух глаз. У 63% людей ведущим является правый глаз, у 30% – левый, у 7% – имеет место функциональная симметрия органов зрения.

В слухо-пространственном различении также преобладает правосторонняя асимметрия (отмечается у 57% обследованных лиц), симметрия слуха обнаруживается у 29% людей, и только у 14% преобладает левосторонний органа слуха. Важен и качественный характер звуков, различаемых правым и левым ухом. Так, известно, что правое ухо точнее воспринимает речевые звуки, левое – неречевые и эмоциональную окраску речевого общения.

Психическая асимметрия рассматривается как различный вклад правого и левого больших полушарий головного мозга в формирование психической деятельности человека. Одно из проявлений такой асимметрии заключается в специализации левого полушария на вербальных процессах, абстрактном мышлении и формировании сознания, а правого – на обеспечении зрительно-пространственного восприятия и интеграции сенсорной информации на конкретно-образном уровне.

Описанные асимметрии сложным образом взаимодействуют и сочетаются друг с другом, а индивидуальный профиль функциональной асимметрии человека, в конечном итоге, определяется совокупностью проявлений неравенства парных органов в моторной, сенсорной и психической сферах. Фактически характер функциональной асимметрии может рассматриваться как профессионально значимое качество для определённых

форм труда и поэтому должен учитываться в процессе психофизиологического профессионального отбора на некоторые специальности.

Задание 2.12.1. Выявление моторной асимметрии по методике Н.Н. Брагиной и Т.А. Доброхотовой

Оборудование и материалы: карандаши, листы бумаги (формат А4), бумажная мишень размером 20×20 см, линейка или измерительная рулетка, ручной динамометр, будильник или наручные часы с заводкой.

Ход работы

В исследовании могут участвовать несколько человек. Испытуемых сажают за стол и предлагают им выполнить ряд тестовых заданий. По окончании каждого задания экспериментатор должен отмечать в протоколе ведущую руку или ногу испытуемых.

Тест 1. Переплетение пальцев рук. У правой сверху ложится палец правой руки, у левой – левый.

Тест 2. Скрещивание рук («поза Наполеона»). У правой правая кисть первой ложится на левое предплечье и оказывается на нём сверху, тогда как левая кисть оказывается под правым предплечьем. У левой обычно происходит всё наоборот.

Тест 3. Тест на аплодирование. При аплодировании у правой более активной оказывается правая рука. Она совершает ударные движения о левую руку, тогда как у левой более активна левая рука.

Тест 4. Тест на заводку часов. Ведущая рука производит заводку, неведущая – фиксирует положение часов.

Тест 5. Проба на одновременные действия обеих рук, например одновременное рисование правой и левой руками квадратов или кругов без контроля зрения (с закрытыми глазами). В результатах учитывают качество линий, полноту изображения. Фигуры, нарисованные ведущей рукой, обычно выглядят более полными.

Тест 6. Проба на точность попадания. На расстоянии вытянутой руки от испытуемого располагают бумажную мишень размером 20×20 см. Испытуемый должен наносить в центр мишени карандашом по 10 точек сначала правой, а потом левой руками. За ведущую принимается рука, отклонения которой от центра не превышают 10 см. Отклонения неведущей руки обычно составляют более 10 см.

Тест 7. Динамометрия. С помощью ручного динамометра по три раза измеряют силу правой и левой рук. Затем вычисляют среднее значение мышечной силы для каждой руки. Разница, не превышающая 2 кг, рассматривается как показатель равенства рук. Ведущей считается рука, превосходящая по силе другую более чем на 2 кг.

Тест 8. Заключается в сравнении величины ногтевого ложа большого пальца на правой и левой руках – оно больше у ведущей руки. Отсутствие разницы позволяет предположить «скрытое левшество».

Тест 9. Закидывание ноги на ногу. Считается, что сверху ложится функционально преобладающая нога.

Тест 10. Основан на измерении длины шага. Испытуемого просят сделать несколько шагов по комнате. Шаги ведущей ноги оказываются более длинными.

Тест 11. Тест на отклонение от заданного направления (основан на измерении длины шага). В случае двигательной асимметрии ног человек при ходьбе отклоняется в сторону, противоположную ведущей ноге. Например, лица с преобладанием левой ноги при ходьбе отклоняются вправо за счет более длинного шага левой ноги.

По окончании тестирования проводят оценку степени моторной асимметрии, для чего выражают в процентах число случаев с преобладанием правой или левой руки и ноги.

Кроме того, с использованием следующей формулы рассчитывают коэффициент моторной асимметрии:

$$K_{\text{мас}} = [(E_{\text{п}} - E_{\text{л}}) / (E_{\text{п}} + E_{\text{л}} + E_0)] \times 100,$$

где $K_{\text{мас}}$ – коэффициент моторной асимметрии, $E_{\text{п}}$ – число тестов, в которых преобладают правые рука и нога, $E_{\text{л}}$ – число тестов, в которых преобладают левые рука и нога, E_0 – число тестов, в которых не было преобладания какой-либо руки или ноги.

У правой величины $K_{\text{мас}}$ является положительной и может доходить до 100, тогда как у левой она всегда отрицательная. Как признак праворукости (левополушарности) расцениваются значения $K_{\text{мас}}$ выше +15, за леворукость (правополушарность) принимаются значения $K_{\text{мас}}$ ниже –15. Значения $K_{\text{мас}}$ между +15 и –15 свидетельствуют о моторной симметрии рук (амбидекстрия) и, таким образом, о равнополушарности.

Задание 2.12.2. Выявление сенсорной асимметрии

Оборудование и материалы: листы бумаги (формат А4), линейка или измерительная рулетка, подзорная труба, микроскоп, цветные прозрачные стёкла, телефонная трубка, метроном, периметр Ферстера, бланки для построения схем монокулярных полей зрения.

Ход работы

Наличие и тип сенсорной асимметрии у испытуемых выявляют методом тестирования.

Тест 1. Рассматривание в подзорную трубу. Испытуемого просят посмотреть на предмет через подзорную трубу (при отсутствии специального оборудования можно воспользоваться свёрнутым в трубку листом бумаги) или посмотреть в окуляр микроскопа. Во всех случаях рассматривание осуществляется ведущим глазом.

Тест 2. Проба Розенбаха (используется только при одинаковой остроте зрения обоих глаз). Обследуемый держит вертикально в вытянутой руке карандаш и по просьбе исследователя фиксирует его взором на определённой точке, отстоящей на 3 м, при этом смотрит обоими глазами. Затем испытуемый закрывает попеременно правый и левый глаза. При закрывании ведущего глаза создаётся эффект резкого смещения карандаша в сторону, тогда как при закрывании неведущего глаза ощущение смещения незначительно.

Тест 3. Проба с цветным стеклом. Если перед ведущим глазом поставить цветное стекло и фиксировать взором какую-либо точку, то впечатление от цвета будет такое же, как и при установлении цветных стекол перед обоими глазами. Если цветное стекло поставить перед неведущим глазом, то ощущение цвета возникает не сразу.

Тест 4. Измерение монокулярных зрительных полей при помощи периметра Ферстера. Монокулярным полем зрения называется пространство, которое может видеть глаз при фиксации взора на определённой точке пространства. У испытуемого измеряют поля зрения для каждого глаза в угловых градусах, а затем составляют размеры полей из суммы четырёх радиусов (кнутри, наружу, вверх, вниз). По результатам определения размеров зрительных полей оценивают степень их асимметрии, рассчитывая специальный коэффициент $K_{ас}$ по формуле:

$$K_{ас} = [(A_p / A_l) \times 100] - 100,$$

где $K_{ас}$ – коэффициент асимметрии полей зрения, A_p – размер правого поля зрения, A_l – размер левого поля зрения.

Правый тип асимметрии зрительных полей фиксируется при $K_{ас} > 0$, левый тип – при $K_{ас} < 0$, симметрия глаз – при $K_{ас} = 0$.

Тест 5. Выявление предпочтения правого или левого уха при прослушивании через телефонную трубку. Предполагается, что правши слушают правым ухом, левши – левым.

Тест 6. Различное восприятие громкости звуков правым и левым ухом. Тест проводится с помощью метронома или громко тикающих часов. Замеряется расстояние, на котором испытуемый услышал тиканье часов

или стук метронома. Процедура проводится попеременно для правого и левого уха. По разнице в расстоянии от ушной раковины до источника услышанных звуков выявляется ведущее ухо.

После завершения тестирования проводят оценку наличия и степени сенсорной асимметрии. С этой целью определяют в процентах число случаев доминирования сенсорных реакций право- и левосторонних органов чувств.

Также при анализе полученных данных можно применить метод расчёта коэффициента сенсорной асимметрии ($K_{\text{сас}}$) по аналогии с определением коэффициента моторной асимметрии (см. задание 2.12.1).

Рекомендации к оформлению работы

1. Проведите оценку наличия и выраженности моторной и сенсорной асимметрии у испытуемых.
2. Сделайте выводы о мозговых механизмах выявленных функциональных асимметрий.
3. Очертите круг вариантов профессиональной деятельности, рекомендуемой испытуемым с учётом присущего им индивидуального профиля функциональной асимметрии.

РАЗДЕЛ 3

ТЕЗАУРУС

Адаптация (от лат. *adaptatio* – приспособлять) – процесс приспособления организма к меняющимся условиям среды.

Адаптация – выработанное в процессе эволюционного развития приспособление биологической системы к условиям среды обитания. В медицине под адаптацией понимают все виды врожденной и приобретенной приспособительной деятельности человека к общеприродным, производственным и социальным условиям, в т.ч. климато-географическим (см. акклиматизация).

Адаптация позволяет организму не только переносить значительные и резкие изменения в окружающей среде, но и активно перестраивать свои физиологические функции и поведение в соответствии с этими изменениями, иногда даже опережая их. Термином «адаптация» обозначают приспособления, соизмеримые по продолжительности с жизнью индивидуума, а также непатологические сдвиги в организмах, составляющих популяции, на протяжении нескольких поколений.

Адинамия – бессилие, слабость вследствие различных причин. Обычно под адинамией понимают физическую слабость, малую подвижность, обусловленную упадком сил.

Акклиматизация (от лат. *ad* – к, при + гр. *klima, klimatos* – наклон) – приспособление животных и растений к новым, непривычным климато-географическим условиям среды. Акклиматизация человека – сложный социально-биологический процесс, в котором (в отличие от адаптации животных и растений) кроме развития в организме различных физиологических приспособлений большую роль играет обстановка труда и быта, соответствующая климатическим условиям. Акклиматизацию принято рассматривать как частный случай адаптации.

Акклимация – экспериментальная адаптация, приспособление организма к искусственно созданным условиям среды.

Алкалоз – форма нарушения кислотно-щелочного равновесия в организме, характеризующаяся сдвигом соотношения между анионами кислот и катионами оснований крови в сторону увеличения катионов. Алкалоз метаболический возникает вследствие нарушения обмена веществ и накопления метаболитов со щелочными свойствами.

Антагонизм мышц – согласованная работа двух или нескольких мышц, при которой действием одной мышцы противодействует другая(ие); например, при сгибании в локтевом суставе мышцам-сгибателям противо-

действуют мышцы-разгибатели, в результате чего достигается большая точность движений.

Артериальная гипотензия (гипотония) – понижение систолического давления ниже 100 мм рт. ст., диастолического давления – ниже 60 мм рт. ст.

Астенический синдром – повышенная утомляемость, истощенность, ослабление или утрата способности к физическому или психическому напряжению.

Астения – состояние нервно-психической слабости.

Атония – отсутствие мышечного тонуса. Наблюдается при поражении мозжечка и двигательных нейронов.

Атрофия – уменьшение объёма и размеров органов вследствие гибели клеточных или тканевых элементов в связи с нарушением питания (трофики) тканей. Атрофия ведёт к снижению функциональной активности органа.

Ацидоз – форма нарушения кислотно-щелочного равновесия в организме, характеризующаяся сдвигом соотношения между анионами кислот и катионами оснований в сторону увеличения содержания оснований. **Ацидоз метаболический** возникает при нарушениях обмена веществ, сопровождающихся усиленным образованием или связыванием нелетучих кислот (молочной, пировиноградной, ацетоуксусной и др.). **Ацидоз тканевой** характеризуется снижением *pH* межклеточной жидкости. **Ацидоз физиологический** – это метаболический или смешанный ацидоз, временно возникающий при интенсивной физической работе.

Биологические ритмы – периодически повторяющиеся изменения характера и интенсивности биологических процессов и явлений в живых организмах.

Вегетативная нервная система — автономная нервная система (*systema nervosum autonomicum*), часть нервной системы, регулирующая деятельность органов кровообращения, дыхания, пищеварения, выделения, размножения, а также обмен веществ и рост. Вегетативная нервная система играет ведущую роль в поддержании постоянства внутренней среды организма и приспособительных реакций. Подразделяется на симпатический и парасимпатический отделы.

Вибрационная болезнь – самостоятельная нозологическая форма профессионального заболевания, развивающаяся при длительном и патологическом действии вибрации.

Вибрация – механические колебания твердых тел, совершающиеся с определенной частотой, амплитудой и скоростью. По характеру воздействия на организм вибрации принято делить на *общие* и *локальные* (местные). Общее действие вибрации вызывается преимущественно сотрясением пола в производственных помещениях вследствие работы машин, двигателей и другого оборудования. Общие вибрации воздействуют через опорные поверхности тела. Местное действие вибрации встречается при

работе с различными видами пневматического или электрифицированного инструмента. Местные вибрации действуют, главным образом, через ладонные поверхности рук. С точки зрения физиологии, наиболее опасны общие вибрации.

Врабатываемость – свойство отдельных функциональных систем и организма в целом повышать уровни функционирования в начале работы в соответствии с её характером и интенсивностью.

Врабатывание – постепенный переход физиологических функций в начале работы на новый функциональный уровень, необходимый для успешного выполнения заданных рабочих действий.

«Второе дыхание» – состояние, наступающее после острого утомления, появившегося в начальном периоде интенсивной мышечной работы (например, во время бега на средние и длинные дистанции), и характеризующееся улучшением самочувствия и нередко повышением работоспособности. Такое функциональное состояние отмечается у спортсменов массовых разрядов, то есть у недостаточно функционально подготовленных спортсменов.

Вывосливость – способность человека длительно выполнять работу заданного качества.

Высотная тренировка – совокупность упражнений, направленных на выработку защитно-приспособительных реакций организма, его адаптацию к условиям разреженной атмосферы.

Гигиена труда – научно-практическая (профилактическая) отрасль, изучающая воздействие труда и окружающей производственной среды на организм работающего человека с целью разработки санитарно-гигиенических нормативов и лечебно-профилактических мероприятий, предупреждающих профзаболевания.

Гипервентиляция – избыточная вентиляция респираторных отделов легкого, не соответствующая кислородным запросам организма.

Гиперемия – увеличение кровенаполнения в каком-либо участке периферической сосудистой системы (мелких артериях, капиллярах и венах), вызывающее усиление притока крови в микроциркуляторную систему.

Гиперергия – повышенная реактивность организма.

Гиподинамия – ограничение двигательной активности, обусловленное особенностями образа жизни, профессиональной деятельности, длительным постельным режимом, пребыванием человека в условиях невесомости (длительные космические полеты).

Гипокинезия – ограничения двигательной активности в процессе труда, который помимо недостатка движений и их усилий характеризуется локальностью мышечных нагрузок, их однообразием, вынужденной позой, низким уровнем энергозатрат.

Гипоксия (от греч. *hypo* – ниже и лат. *oxygenium* – кислород) – понижение содержания кислорода в тканях.

Гомеостаз(ис) (от греч. *homois* – подобный и *statis* – постоянный) – поддержание относительного постоянства внутренней среды организма.

Гониометрия – метод исследования двигательной функции суставов конечностей путем измерения амплитуды их движения с помощью угломера.

Дегидратация (от лат. *de* – отделение, снижение + греч. *hydor* – вода) – процесс обезвоживания организма, приводящий к ухудшению его жизнедеятельности, а в дальнейшем даже к гибели.

Декомпенсация – недостаточность или срыв механизмов восстановления функциональных нарушений и структурных дефектов организма.

Депонирование крови – накопление крови, временно не участвующей в циркуляции, в отдельных сосудистых регионах.

Депривация (от англ. *deprivation* – лишение, утрата) – условия деятельности организма, при которых отсутствует какой-либо (обычный для данной деятельности) раздражитель. Выделяют следующие виды депривации: сенсорная, двигательная, алиментарная, социальная и др. **Депривация сенсорная** (сенсорное ограничение, сенсорный голод) – уменьшение потока афферентных импульсов в центральную нервную систему, наблюдаемое у человека в условиях изоляции или при нарушении работы основных органов чувств. **Депривация экологическая** – потеря экологической устойчивости вследствие упрощения организации биологического сообщества.

Десинхроноз – болезненное состояние, возникающее у человека при изменении привычного ритма сна и бодрствования при смене временных поясов (трансмеридианальные перелеты).

Деятельность – специфически человеческая форма отношения к окружающему миру; её содержание заключается в целесообразном изменении и преобразовании этого мира на основе освоения и развития наличных форм культуры.

Инженерная психология – одна из специальных дисциплин психологии, изучающая деятельность человека в системах управления и контроля, его информационное взаимодействие с техническими средствами этих систем.

Коллапс – тяжелое, угрожающее жизни состояние, характеризующееся резким снижением артериального и венозного давлений, угнетением деятельности ЦНС и нарушением обмена веществ.

Компенсация – физиологический процесс восстановления функций организма.

Микроклимат – климат ограниченных, небольших участков земной поверхности, отличный от обычных метеорологических условий, свойственных данному климатическому поясу.

Монотонность труда – длительное неприятное воздействие однообразной работы на нервную систему и психику работающего человека.

Монотония – состояние напряжения организма, возникающее под влиянием однообразной работы. В зависимости от качественного содержания трудовой деятельности монотония бывает двигательной и сенсорной.

Мышление – процесс познавательной деятельности индивида, характеризующийся отвлечённым и обобщенным отражением действительности на основе опыта и знаний. **Мышление визуальное** – один из познавательных процессов, направленный на информационную подготовку, принятие решения и осуществляемый посредством целенаправленных действий или неосознаваемых операций. Мышление визуальное играет большую роль в деятельности операторов, особенно на этапах перехода от знаково-символических информационных моделей к реальной предметной ситуации, построению ее образно-концептуальных и проблемных моделей. **Мышление образное** человека-оператора – процесс отражения и соотношения текущей информации о состоянии объекта с ранее накопленной информацией. **Мышление оперативное** – процесс, в результате которого формируется субъективная модель предполагаемой совокупности действий, обеспечивающей решение задачи управления.

Общий адаптационный синдром – неспецифическая системная реакция организма, развивающаяся в ответ на воздействие разнообразных раздражителей (стрессоров): охлаждение, перегревание, боль, мышечное и психическое напряжение, недостаток кислорода и др.

Профессиограмма – документ, содержащий описание задач, решаемых специалистом (например, оператором), а также состава и последовательности выполняемых им действий, условий их реализации.

Профессиография – метод описания профессии с целью выявления требований, предъявляемых профессией к личностным качествам, психологическим особенностям и психофизиологическим возможностям человека.

Профессиональная адаптация – процесс приспособления человека к различным аспектам трудовой деятельности, включая условия, в которых протекает данная деятельность.

Профессиональная пригодность – совокупность психологических и психофизиологических особенностей человека, необходимых и достаточных для достижения им, при наличии специальных знаний, умений и навыков, общественно приемлемой эффективности труда.

Профессиональная пригодность человека-оператора – свойство человека-оператора, определяемое совокупностью специальных знаний, умений и навыков, обуславливающих его способность выполнять определенную деятельность с определенным качеством.

Профессионально важные качества – устойчивые психофизиологические качества человека, которые определяют эффективность и надежность деятельности специалиста данной профессии.

Психология инженерная – см. инженерная психология.

Психология труда – отрасль прикладной психологии, изучающая психологические аспекты и закономерности формирования и проявления деятельности человека (процессы и состояния, особенности личности) во время труда.

Работа – применение сил и способностей человека в поведении, в том числе трудовой деятельности

Работоспособность человека-оператора – свойство оператора, определяемое состоянием физиологических и психических функций и характеризующее его способность выполнять определенную деятельность с требуемым качеством и в течение требуемого интервала времени.

Рабочая нагрузка – многомерная характеристика трудовой деятельности, которая имеет следующие компоненты: поведенческий, физиологический, субъективный, успешность выполнения; их изменения основаны на особенностях взаимодействия между определенным индивидом и требованиями конкретного задания.

Рабочая среда – совокупность факторов внешней среды на рабочем месте человека.

Реабилитация (от лат. *rehabilitatio* – восстановление) – лечебно-восстановительные мероприятия. **Медицинская реабилитация** – комплекс мероприятий по восстановлению ослабленных или утраченных функций организма в результате повреждений, заболеваний или функциональных расстройств. **Спортивная реабилитация** – восстановление организма после тренировочных (соревновательных) нагрузок (перегрузок).

Реадаптация (лат. *readaptatio*) – процесс обратного приспособления структуры и функции организма человека к условиям внешней среды, направленный на сохранение относительного постоянства внутренней среды организма – гомеостаза.

Реактивность – свойство живой системы реагировать на воздействие внешней среды.

Регенерация (от лат. *regeneration* – воспроизведение) – обновление структур организма в процессе жизнедеятельности и восстановление структур, которые были утрачены в результате патологических процессов. Различают два типа регенерации: 1) физиологическую – восстановление структур, отмирающих в процессе нормальной жизнедеятельности организма; 2) репаративную – восстановление структур после повреждения. Регенерация обеспечивает широкий диапазон приспособительных реакций организма, являясь структурной основой жизнедеятельности организма в норме и патологии.

Режим труда и отдыха – научно-обоснованная организация трудовой деятельности, регламентирующая такое соотношение труда и отдыха, при котором высокая эффективность труда без ущерба для здоровья сочетается с высокой и устойчивой работоспособностью человека в течение возможно длительного времени.

Резервы физиологические (от лат. *reservare* – сберегать, сохранять) – разность между максимально достижимым уровнем специфической физиологической функции и уровнем этой функции в условиях покоя.

Резервы функциональные – диапазон уровня изменений функциональной активности физиологических систем и психических процессов, обеспечивающий возможность существования и деятельности в усложненных условиях внешней среды.

Ритм рабочий – процесс чередования во времени отдельных циклов производственного процесса.

Санитарно-гигиенические нормы – показатели санитарно-гигиенических условий и качества окружающей среды, соблюдение которых обеспечивает безопасные условия для жизни и здоровья человека.

Сенсомоторная деятельность – специфическая форма комбинированной работы, заключающаяся в локальных, отработанных мышечных движениях, сочетающихся с напряжением сенсорных функций и внимания.

Сигнал – раздражитель, несущий информацию. Различают *релевантные* сигналы, несущие информацию, относящуюся к данной цели деятельности, и *иррелевантные*, несущие всю другую информацию. Сигналы во внутренней, психической сфере человека называют *энграммами*.

Синдром экологического напряжения – комплекс взаимосвязанных симптомов, обусловленных резкими изменениями окружающей среды природного или антропогенного характера. Наблюдается в регионах экологического бедствия. Характеризуется снижением иммунитета, ускоренным развитием в пубертатный период и ускоренным старением, широким распространением стертых, бессимптомных и хронических форм различных заболеваний, психическими нарушениями (апатия, депрессия), падением моральных и нравственных устоев.

Симпатоадреналовая система – система регуляции физиологических процессов катехоламинами. Симпатоадреналовая система представлена симпатическим отделом ЦНС и хромаффинной тканью, основная масса которой расположена в мозговом отделе надпочечников.

Синдром – симптомокомплекс.

Система «человек – машина» (СЧМ) – система, состоящая из человека-оператора (группы операторов) и машины, посредством которой он осуществляет (они осуществляют) трудовую деятельность.

Стресс (от англ. *stress* – давление, напряжение) – состояние напряжения, возникающее у человека под влиянием многообразных воздействий. Стресс – это общая неспецифическая нейрогормональная реакция организма на любое предъявленное ему требование. При воздействии различных, в том числе экстремальных, факторов, как физических (жара, холод, травма и др.), так и психических (конфликт, радость, опасность и др.) в организме возникают однотипные биохимические изменения, направленные

на преодоление действия этих факторов путем адаптации организма к предъявленным требованиям.

Стреч-рефлекс – система автоматического регулирования силы мышечных сокращений в соответствии с длиной мышечных волокон и скоростью её изменения. Стреч-рефлекс открыт Э. Лидделом и Ч. Шеррингтоном в 1924 году и описан ими как отрицательная обратная связь между мышцей и двигательным центром, которая предотвращает чрезмерное растяжение мышцы.

Суточные ритмы – изменение интенсивности и характера биологических процессов и явлений, повторяющихся с суточной периодичностью. Суточные (циркадианные) ритмы свойственны большинству биохимических и физиологических процессов (колебания температуры тела, интенсивность обмена веществ и т.д.). У человека отмечено около 100 физиологических функций, имеющих суточные ритмы.

Сухожильные рефлексы – рефлекторные реакции, возникающие в ответ на раздражение рецепторов сухожилий и соответствующих мышц. Сухожильные рефлекс, или рефлекс на растяжение (миотатические), осуществляются за счет связей ограниченного типа, когда сокращение происходит только в той мышце, которую раздражают. Относятся к стреч-рефлексам.

Темп рабочий – скорость выполнения последовательных рабочих операций в течение смены.

Температура тела – комплексный показатель теплового состояния организма человека. Для описания теплового состояния человека используют величины внутренней и поверхностной температур тела, изменения которых соответственно подчиняются радиальному и осевому температурным градиентам.

Теория функциональных систем – одна из основных теорий физиологии, наука о регуляции процессов внутри организма и связи организма с внешней средой с помощью функциональных систем.

Тепловой удар – болезненное состояние, вызываемое перегреванием тела.

Терморегуляция (греч. *thermos* – теплый + регуляция) – процесс поддержания температуры тела в определенных границах, обеспечивающий нормальное протекание жизненных функций независимо от колебаний температуры внешней среды.

Трофика (от греч. *trophe* – питание) – совокупность обменных процессов, лежащих в основе клеточного питания и обеспечивающих сохранение структуры и функции тканей и органов.

Трофическая функция организма – функция, обеспечивающая полноценное течение процессов обмена веществ, питание тканей, постоянное приспособление тканевых структур к параметрам деятельности и физиологическую регенерацию тканей.

Трудовая деятельность – специфическая работа организма, выполняемая, в первую очередь, опорно-двигательным аппаратом и нервной системой.

Умственный труд – деятельность, связанная с приёмом и переработкой информации и требующая напряжения сенсорных систем, внимания, памяти и активации процессов мышления.

Утомление – сложный психофизиологический процесс временного снижения работоспособности, вызванный расстройством координационной функции ЦНС в результате работы. Утомление проявляется совокупностью изменений в физическом и психическом состоянии человека, развивающихся в результате трудовой деятельности и ведущих к временному снижению её эффективности. Субъективное ощущение утомления называется *усталостью*.

Фазы работоспособности – последовательные периоды изменения работоспособности на протяжении рабочей смены (или тренировки), обусловленные влиянием характера труда (или тренировки) и условий окружающей среды. Принято выделять три фазы. Первая – фаза возрастания работоспособности (вработывание). Вторая – фаза высокой и устойчивой работоспособности. Третья – фаза снижения работоспособности в результате развития утомления.

Физиологические резервы – это выработанная в ходе эволюции способность организма или его отдельных систем усиливать интенсивность своей деятельности при нагрузках в несколько раз по сравнению с покоем.

Физиология труда – 1) раздел физиологии, изучающий закономерности протекания физиологических процессов и особенности их регуляции при трудовой деятельности человека, то есть трудовой процесс в его физиологических проявлениях; 2) наука, изучающая функционирование человеческого организма (закономерности протекания физиологических процессов и особенности их регуляции) в ходе трудовой деятельности с целью разработки принципов и норм, способствующих рационализации и оздоровлению труда.

Физическая работоспособность (от англ. *physical working capacity – PWC*) – определенный уровень функционального состояния организма, позволяющий выполнить тот или иной объем физической работы.

Функциональное состояние – интегральный комплекс наличных характеристик тех качеств и свойств организма, которые прямо или косвенно определяют деятельность человека.

Функция (*functio* – деятельность) – взаимодействие элементов в системе, взаимодействие и субординация частей и целого в живом организме.

Шум – фактор окружающей среды, определяемый как совокупность нежелательных с гигиенической точки зрения звуков различной интенсивности и частоты, изменяющихся во времени и вызывающих у людей не-

приятные субъективные ощущения, а при длительном воздействии – нарушения слуховой функции. Шум представляет собой широкий набор звуков, неблагоприятно влияющих на организм человека.

Шумовая болезнь – комплекс изменений в организме, наступающих при хроническом воздействии производственного шума, которые проявляются в преимущественном поражении органа слуха, центральной нервной и сердечно-сосудистой систем.

Экстремальное воздействие (от лат. *extremum*) – раздражитель чрезмерной, крайней степени интенсивности, выходящий за пределы нормы.

Экстремальное состояние – особая форма функционального состояния организма, характеризующаяся наличием динамического рассогласования функций и перестройкой систем гомеостатического регулирования, направленной на обеспечение ответных реакций организма при действии факторов, выходящих за границы нормы.

Эмоции (чувства) – своеобразные переживания человеком своих отношений к чему-либо или кому-либо.

Энграмма – сигналы во внутренней, психической сфере человека (например, энграммы памяти).

Энергетические затраты – количество энергии в килоджоулях (кДж) или килокалориях (ккал), расходуемое человеком на разные виды деятельности.

Энергетические процессы – процессы обмена веществ, обеспечивающие энергоснабжение клеток для выполнения актов жизнедеятельности.

Энергетический баланс – разница между количеством энергии, поступающей с пищей, и энергией, расходуемой организмом.

Энергометрия – определение расхода энергии, затрачиваемой организмом человека.

Эргономика (от гр. *ergon* – работа + *nomos* – закон) – 1) научная дисциплина, исследующая трудовые процессы, в т. ч. их биологические составляющие, с целью создания наилучших условий труда, что обеспечивает сохранение здоровья и работоспособности человека; 2) наука, занимающаяся комплексным изучением деятельности человека в системе «человек – машина» (СЧМ); отличается междисциплинарной направленностью исследования процессов, средств и условий деятельности человека в интересах разработки теоретических и методических основ создания высокоэффективных СЧМ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Агаджанян, Н.А. Экологический портрет человека на Севере / Н.А. Агаджанян, Н.В. Ермакова. – М.: КРУК, 1997. – 208 с.
2. Агаджанян, Н.А. Экологическая физиология человека / Н.А. Агаджанян, А.Г. Марачев, Г.А. Бобков. – М.: КРУК, 1998. – 416 с.
3. Ажипа, Я.И. Трофическая функция нервной системы / Я.И. Ажипа. – Л.: Наука, 1991. – 504 с.
4. Анохин, П.К. Избранные труды. Кибернетика функциональных систем / П.К. Анохин; под общ. ред. К.В. Судакова; сост. В.А. Макаров. – М.: Медицина, 1998. – 400 с.
5. Арустамов, Э.А. Безопасность жизнедеятельности: учебник для студентов вузов / Э.А. Арустамов – М: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К^о», 2002. – 496 с.
6. Аулик, И.В. Определение физической работоспособности в клинике и спорте / И.В. Аулик. – М., 1979. – 192 с.
7. Баевский, Р.М. Анализ variability сердечного ритма в космической медицине / Р.М. Баевский // Физиология человека. – 2002. – Т. 28. – № 2. – С. 70-82.
8. Бернштейн, Н.А. Очерки по физиологии движений и физиологии активности / Н.А. Бернштейн. – М., 1966. – 349 с.
9. Бергаланфи, Л.Ф. Общая теория систем / Л.Ф. Бергаланфи // Системные исследования. – М., 1969. – С. 30-34.
10. Брагина, Т.А. Функциональные асимметрии человека / Т.А. Брагина, Н.Н. Доброхотова. – М.: Медицина, 1981. – 288 с.
11. Брин, В.Б. Основы физиологии человека / В.Б. Брин, И.А. Вартанян, С.Б. Данияров. – СПб, 1994. – Т. 2. – 413 с.
12. Введенский, Н.Е. Условия продуктивности умственной работы / Н.Е. Введенский // Физиология нервной системы / И.М. Сеченов, И.П. Павлов, Н.Е. Введенский. – М., 1952. – Вып. 2. – С. 8-65.
13. Горшков, С.И. Методики исследований в физиологии труда / С.И. Горшков, З.М. Золина, Ю.В. Мойкин. – М., 1974. – 311 с.
14. Дубровский, В.И. Спортивная физиология: учебник / В.И. Дубровский. – М.: ВЛАДОС, 2005. – 462 с.
15. Егоров, А.С. Психофизиология умственного труда / А.С. Егоров, В.П. Загрядский. – Л.: Наука, 1973. – 132 с.
16. Загрядский, В.П. Методы исследований в физиологии труда / В.П. Загрядский, З.К. Сулимо-Самуйло. – Л., 1976. – 93 с.
17. Зинченко, В.П. Основы эргономики / В.П. Зинченко, В.М. Мунипов. – М.: МГУ, 1979. – 344 с.
18. Казначеев, В.П. Современные проблемы адаптации / В.П. Казначеев. – Новосибирск: Наука, 1980. – 192 с.

19. Киколов, А.И. Умственный труд и эмоции / А.И. Киколов. – М.: Медицина, 1978. – 366 с.
20. Коган, А.Б. Экологическая физиология человека: учебное пособие / А.Б. Коган. – Ростов-на-Д.: Изд-во Ростовского университета, 1990. – 264 с.
21. Леман, Г. Практическая физиология труда / Г. Леман. – М., 1967. – 336 с.
22. Медведев, В.И. Функциональные состояния человека / В.И. Медведев, А.Б. Леонова // Физиология трудовой деятельности. – СПб.: Наука, 1993. – С. 25-61.
23. Орбели, Л.А. О физической культуре // Избранные труды / Л.А. Орбели. – М.-Л., 1961. – Т. 1. – С. 203-213.
24. Розенблат, В.В. Проблема утомления / В.В. Розенблат. – М.: Медицина, 1975. – 240 с.
25. Руководство по физиологии труда / отв. ред. З.М. Золина, И.Ф. Измеров. – М., 1983. – 527 с.
26. Селье, Г. Очерки об адаптационном синдроме / Г. Селье. – М.: Медгиз, 1960. – 254 с.
27. Смирнов, К.М. Термины и критерии физиологии труда в разработках по охране труда и эргономике: методические рекомендации / К.М. Смирнов. – Л., 1981. – 47 с.
28. Соколов, Е.Н. Функциональное состояние нейрона / Е.Н. Соколов // Функциональные состояния. – М., 1978. – С. 52-53.
29. Солонин, Ю.Г. Физиологические нормы напряжения организма при физическом труде: методические рекомендации / Ю.Г. Солонин. – М., 1980. – 6 с.
30. Сонькин, В.Д. Физиология деятельности и адаптация // Возрастная физиология: учебное пособие / М.М. Безруких, В.Д. Сонькин, Д.А. Фарбер. – М.: Академия, 2002. – Раздел I. – Гл. 9. – С. 174-198.
31. Ульмер, Г. Физиология труда; экологическая физиология / Г. Ульмер // Физиология человека: учебное пособие в 4 т. / Под ред. Р. Шмидта, Г. Тевса. – М.: Мир, 1986. – Т. 4. – С. 46-85.
32. Ухтомский, А.А. Собрание сочинений / А.А. Ухтомский. – Т. 1. – Л., 1950. – 165 с.
33. Физиология трудовой деятельности / отв. ред. В.И. Медведев. – СПб.: Наука, 1993. – 528 с.
34. Физиология человека: учебное пособие: в 4 т. / под ред. Р. Шмидта, Г. Тевса. – Т. 4. Обмен веществ, пищеварение, выделение, эндокринная регуляция. – М.: Мир, 1986. – 312 с.
35. Хронобиология и медицина / Ф.И. Комаров [и др.]; под ред. Ф.И. Комарова и С.И. Рапопорта. – М.: Медицина, 2000. – 488 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Раздел 1. Теоретические основы физиологии труда.....	3
1.1. Предмет и задачи физиологии труда.....	3
1.2. Трудовая деятельность и её виды.....	4
1.3. Физиологическая цена трудовой деятельности.....	7
1.4. Критерии тяжести и напряжённости труда.....	9
1.5. Функциональное состояние организма человека и его изменения в процессе трудовой деятельности.....	13
1.6. Работоспособность и её физиологические механизмы.....	23
1.7. Физиологические резервы организма.....	28
1.8. Адаптация к трудовой деятельности.....	36
1.9. Анализ профессиональной деятельности специалистов.....	45
1.10. Профессиональный отбор и основные принципы его организации.....	50
Раздел 2. Методы изучения физиологических аспектов трудовой деятельности.....	57
2.1. Оценка функционального состояния сердечно-сосудистой системы.....	57
2.2. Оценка функционального состояния дыхательной системы.....	68
2.3. Определение величины максимального потребления кислорода.....	73
2.4. Определение показателя PWC_{170} . Исследование взаимосвязи между частотой пульса и мощностью выполняемой работы.....	77
2.5. Оценка резервных возможностей организма человека.....	83
2.6. Сенсомоторная анализаторная хронорефлексометрия.....	89
2.7. Выявление доминантного очага в центральной нервной системе по величине латентных периодов сенсомоторной реакции.....	92
2.8. Изучение свойств нервных процессов.....	95
2.9. Электроэнцефалографический анализ типов нейродинамической конституции.....	100
2.10. Изучение динамики умственной работоспособности по показателям функции внимания.....	104
2.11. Исследование кратковременной памяти.....	110
2.12. Определение индивидуального профиля функциональной межполушарной асимметрии.....	114
Раздел 3. Тезаурус.....	120
Библиографический список.....	130