

Н.И. Чепелев

**БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
И ПРОИЗВОДСТВ**

Лабораторный практикум

Красноярск 2022

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет»

Н.И. Чепелев

БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ

Лабораторный практикум

Рекомендовано учебно-методическим советом федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Красноярский государственный аграрный университет» для внутривузовского использования в качестве учебного пособия по направлению подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность», направленность (профиль) «Безопасность технологических процессов и производств в АПК»

Электронное издание

Красноярск 2022

ББК 65.246.95я73

Ч 44

Рецензенты:

А.Н. Минкин, канд. техн. наук, доцент, зав. каф. «Пожарная безопасность» Института нефти и газа Сибирского федерального университета

В.А. Рогов, д-р техн. наук, профессор, директор Красноярской региональной общественной организации научных разработок и инноваций «СИБЭКОЛОГИЯ»

Чепелев, Н.И.

Ч 44

Безопасность технологических процессов и производств [Электронный ресурс]: лабораторный практикум / Н.И. Чепелев; Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2022. – 323 с.

Содержит лабораторные и практические работы по теме «Чрезвычайные ситуации и методы защиты в условиях их реализации», контрольные вопросы, литературу.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность», направленность (профиль) «Безопасность технологических процессов и производств в АПК».

ББК 65.246.95я73

© Чепелев Н.И., 2022

© ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет», 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ.....	7
1. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ.....	10
Лабораторная работа № 1 «Исследование запыленности воздушной среды в производственных помещениях весовым методом».....	10
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	19
Лабораторная работа № 2 «Экспресс-анализ загазованности воздушной среды с помощью индикаторных трубок».....	20
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	27
Лабораторная работа № 3 «Исследование искусственного освещения».....	28
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	57
Лабораторная работа № 4 «Исследование естественного освещения».....	58
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	71
Лабораторная работа № 5 «Исследование параметров микроклимата в производственных помещениях».....	72
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	84
Лабораторная работа № 6 «Исследование эффективности теплозащитных экранов».....	84
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	90
Лабораторная работа № 7 «Исследование производственной вибрации».....	92
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	108
Лабораторная работа № 8 «Исследование производственного шума».....	109
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	127
Лабораторная работа № 9 «Оценка эффективности действия защитного заземления».....	127
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	137
Лабораторная работа № 10 «Оценка эффективности действия зануления».....	139
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	149
Лабораторная работа № 11 «Анализ и оценка работоспособности устройства защитного отключения».....	149

<i>Контрольные вопросы и задания</i>	160
Лабораторная работа № 12 «Исследование электромагнитного поля, создаваемого телефонами сотовой связи».....	161
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	164
Лабораторная работа № 13 «Исследование температуры вспышки легковоспламеняющихся и горючих жидкостей».....	165
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	169
Лабораторная работа № 14 «Исследование процесса тушения пламени в зазоре и выбор взрывозащищенного электрооборудования».....	170
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	174
Лабораторная работа № 15 «Первичные средства пожаротушения, расчет грозозащиты объекта и пожарного запаса воды».....	175
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	188
Лабораторная работа № 16 «Оказание первой доврачебной помощи при поражении электрическим током».....	189
2. ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ.....	202
2.1. Физическое состояние организма человека.....	202
Практическая работа № 1 «Исследование физического состояния организма человека».....	202
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	209
Практическая работа № 2 «Исследование трофологического статуса и компонентного состава тела человека».....	209
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	231
Практическая работа № 3 «Исследование концентрации монооксида углерода в выдыхаемом воздухе».....	231
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	243
Практическая работа № 4 «Дополнительное питание и его рационы застрахованным, пострадавшим в результате несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний»	244
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	248
Практическая работа № 5 «Лечебно-профилактическое питание и его рационы».....	248
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	256
Практическая работа № 6 «Исследование электромагнитного поля, создаваемого телефонами сотовой связи».....	257

<i>Контрольные вопросы и задания</i>	260
2.2. Основы экономики производственной безопасности в АПК.....	261
Практическая работа № 7 «Оценка ущерба от аварии на опасном производственном объекте».....	261
Практическая работа № 8 «Возмещение и компенсация вреда, причиненного пострадавшим и окружающей среде»...	265
<i>Контрольные вопросы и задания по разделу</i>	275
2.3. Чрезвычайные ситуации и методы защиты в условиях их реализации.....	276
Практическая работа № 9 «Определение вида пожара и его последствий».....	276
Практическая работа № 10 «Определение категории производственных помещений по взрывопожарной и пожарной опасности».....	281
Практическая работа № 11 «Расчет необходимого расхода воды на различных системах пожаротушения».....	282
Практическая работа № 12 «Расчет автоматических установок пожаротушения».....	284
Практическая работа № 13 «Расчет необходимого времени эвакуации из помещения».....	289
Практическая работа № 14 «Расчет молниезащиты объекта»...	294
Практическая работа № 15 «Расчет вероятности подтопления объекта АПК».....	299
Практическая работа № 16 «Расчет последствий химической аварии на объекте АПК».....	305
Практическая работа № 17 «Расчет противодымной вентиляции и необходимого воздухообмена при аварийной вентиляции».....	313
<i>Контрольные вопросы и задания по разделу</i>	320
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	321
ЛИТЕРАТУРА.....	322

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Безопасность технологических процессов и производств» (БТПиП) является основополагающей, так как связана со всеми дисциплинами, изучаемыми студентами всех направлений. Такое особое место дисциплины в профессиональной подготовке специалистов обусловлено тем, что любая деятельность человека потенциально опасна, сопряжена с воздействием нескольких десятков негативных факторов техносферы, а в условиях функционирования технологических процессов на человека, в зависимости от типа производства, воздействуют опасные и вредные производственные факторы. Дисциплина БТПиП связана со всеми технологическими и техническими дисциплинами, которые изучают студенты по своей специальности, ориентирована на широкий диапазон проблем, в том числе обеспечение безопасности и создание безопасных условий труда по микроклимату, световой среде, химическому и пылевому фактору, шуму и вибрации, напряженности трудового процесса и т. д.

Изучение дисциплины включает посещение лекционных, практических занятий и выполнение лабораторных работ.

В пособии приведены методика выполнения лабораторных и практических работ, а также контрольные вопросы и задания по каждой работе.

Даны описание и схемы измерительных приборов и лабораторных установок для исследования вредных и опасных производственных факторов, а также приведены необходимые нормативные и справочные данные.

Пособие может быть использовано студентами при самостоятельной подготовке к выполнению лабораторных работ, может представлять интерес для инженерно-технических работников, специалистов по охране труда при проведении специальной оценки условий труда.

ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Правила техники безопасности составлены для студентов, выполняющих лабораторные работы. Они устанавливают основные требования безопасности при работе на экспериментальных установках, с приборами и оборудованием лаборатории.

Общие требования безопасности

Студенты допускаются к выполнению лабораторных работ только после прохождения инструктажа по охране труда на рабочих местах лаборатории. Запись о проведении инструктажа производится в журнале с обязательной регистрацией, датой и подписью проинструктированных студентов и лица, проводившего инструктаж.

К выполнению очередной лабораторной работы студенты могут приступить только после изучения методических указаний, ознакомления с устройством и правилами использования оборудования и приборов.

При работе на экспериментальных установках возможно возникновение следующих опасных и вредных производственных факторов: высокое напряжение питания электроустановок (все работы), запыленность воздуха и выделение токсичных газов, повышенный уровень шума и вибрации, вращающийся дисбаланс вибратора, повышенное давление пенообразующего раствора, открытое пламя и др.

Для устранения или доведения опасных и вредных производственных факторов до безопасных величин на экспериментальных установках и в лаборатории должны быть предусмотрены следующие средства защиты: зануление и автоматическое отключение электроустановок, герметизация пылевых и газовых выделений и воздушно-механической пены в специальных боксах, вытяжная общеобменная вентиляция, звукоизоляция шумовой камеры, защитный кожух на вибраторе, огневая камера с герметично закрывающейся крышкой для аварийного подавления пламени, наличие световой сигнализации установки для испытаний электротехнических средств.

Лаборатория должна быть оснащена аптечкой для оказания первой медицинской помощи, автоматическими извещателями системы пожарной сигнализации и огнетушителями типа ОУ-5 (из расчета 1 шт. на каждые 50 м² площади лаборатории).

При несчастном случае студенты должны уметь оказать пострадавшему первую медицинскую помощь.

Студенты несут ответственность за нарушение правил техники безопасности.

Требования безопасности перед началом выполнения лабораторных работ

Проверить наличие и исправность всех предусмотренных средств защиты и пожаротушения, надежность крепления дисбаланса и защитного кожуха на вибрационной установке, исправность блокировок установки для испытаний электрозщитных средств.

Требования безопасности во время выполнения лабораторных работ

На занятиях следует выполнять только ту работу, которая предусмотрена программой эксперимента или заданием преподавателя.

Разрешается работать только на исправных экспериментальных установках, с исправными измерительными приборами и инструментами.

Монтаж электрических схем можно производить только при обесточенной аппаратуре. Монтажные провода должны иметь надежную изоляцию, хорошо пропаянные наконечники.

Подавать напряжение можно только на зануленное или заземленное электрооборудование.

Напряжение можно подавать только с разрешения преподавателя (лаборанта) и под его контролем.

Во избежание поражения электрическим током касаться руками клемм, других токоведущих деталей и поверхности грунта (работа «Исследование напряжения прикосновения и шага») запрещается.

При возникновении каких-либо неисправностей в работе приборов, оборудования нужно немедленно их выключить.

Исследовать запыленность и загазованность воздуха следует только при закрытых панелях пылевой и газовой камер.

Заполнять демонстрационный бокс воздушно-механической пеной следует не более чем на часть объема.

Во избежание создания пожароопасной ситуации пользоваться открытым огнем в зоне всех рабочих мест лаборатории запрещается. Процесс тушения можно исследовать только на открытой площадке

вне зданий лаборатории, в специально изготовленной для этого металлической огневой камере.

Требования безопасности в аварийных ситуациях

При попадании напряжения на корпус электроустановки немедленно отключить ее. Сообщить об этом преподавателю.

В случае отказа рабочего огнетушителя при тушении очага горения немедленно подавить огонь, закрыв крышку огневой камеры.

При несчастном случае (электрическая травма, ушиб, порез, ожог и т. п.) необходимо оказать пострадавшему первую медицинскую помощь.

Требования безопасности по окончании выполнения лабораторных работ

Выключить электропитание приборов, оборудования. Навести порядок на рабочих местах. Сдать преподавателю или лаборанту справочную, методическую и другую литературу, приборы, инструменты.

Проверить герметичность пылевой и газовой камер.

1. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Лабораторная работа № 1

«Исследование запыленности воздушной среды в производственных помещениях весовым методом»

1. Краткие теоретические сведения

Длительное воздействие повышенных концентраций пыли приводит к возникновению тяжелых профессиональных заболеваний органов дыхания – пневмокониозов и пылевого бронхита.

Нозологическая форма пневмокониозов (*от латинских слов *pneumon* – легкие и *conia* – пыль*) определяется вещественным составом аэрозолей. В промышленности распространены:

- силикоз (наиболее тяжелое заболевание) от воздействия пыли с высоким содержанием диоксида кремния SiO_2 ;
- антракоз – от воздействия угольной пыли;
- антракосиликоз – от воздействия угольно-породной пыли;
- асбестоз – от воздействия асбестовой пыли при добыче, измельчении, производстве или транспортировании асбестового волокна. Ранние названия этого заболевания – «волосатое сердце», «матовое стекло» (легкое покрыто как бы вуалью);
- бериллиоз – от воздействия дыма и пыли бериллия (поражают не только дыхательные пути и легкие, но также и кожу);
- биссиноз – от воздействия пыли хлопка.

Ведущим фактором в развитии пневмокониозов является количество пыли, накопившейся в легких. Основными факторами, влияющими на поступление пылевых частиц в организм и их задержку в органах дыхания, являются концентрация пыли во вдыхаемом воздухе и время ее воздействия, размеры частиц (дисперсность), их плотность (удельный вес), растворимость, объем дыхания в зависимости от тяжести труда, а также индивидуальная чувствительность организма.

Механизм первичной задержки частиц в органах дыхания в основном определяется инерционным и гравитационным осаждением, а также диффузией. Задержка частиц в различных отделах органов дыхания в основном определяется их дисперсностью и аэродинамическим диаметром.

При сравнении результатов биологического действия аэрозольных частиц различной формы, размеров, минерального и химического

го состава их величину выражают через условную единицу, называемую аэродинамическим диаметром, характеризующим количественные показатели первичного отложения неволокнистых частиц с диаметром более 0,5 мкм за счет гравитационного и инерционного эффектов.

Развитие пневмокониозов определяется накоплением в альвеолах легких пылевых частиц с аэродинамическим диаметром примерно 2,5 мкм. Более крупные частицы, диаметром до 8 мкм, проникают в альвеолы здорового человека в небольшом количестве, составляя несколько процентов от ингалируемых частиц, однако они гораздо медленнее выводятся из легких. Наименьшее отложение в альвеолярной ткани характерно для пылевых частиц менее 0,5 мкм.

Следствием накопления пыли в легких является развитие *пневмокониоза* – стадийного прогрессирующего процесса формирования фиброза с комплексом воспалительных и компенсаторно-приспособительных реакций в бронхах и легочной ткани. Результатом этих изменений является дыхательная, а в поздних тяжелых стадиях заболевания – сердечная недостаточность.

Аэрозольные частицы диаметром 10 мкм и более оседают в основном в бронхах здорового человека и являются одной из основных причин развития профессионального пылевого бронхита.

Помимо профессиональных заболеваний воздействие на организм работающих высоких концентраций пыли приводит к развитию профессионально обусловленных хронических неспецифических заболеваний легких и верхних дыхательных путей.

Промышленная пыль – это образующиеся в процессе производства мельчайшие частицы твердого вещества диаметром более 1 мкм, которые, поступая в воздух, находятся в нем более или менее длительное время во взвешенном состоянии.

Пыль выделяется в результате измельчения твердых веществ (при дроблении, размоле, очистке, литье, шлифовке, полировке изделий и т. д.). Превращение различных материалов в порошкообразное состояние перед их переработкой составляет основную операцию при производстве строительных материалов, керамики, стекла, при обогащении руд, в порошковой металлургии. Почти все твердые топлива сжигаются также в пылеобразном состоянии. Значительное количество порошкообразных материалов в процессе их изготовления, транспортирования, хранения и переработки под действием воздушных потоков переходит в аэрозольное состояние.

Аэрозоли (от греч. *aer* – воздух и нем. *sol* – раствор) – коллоидные системы, состоящие из дисперсной фазы (твердых или жидких частиц диаметром 0,1–0,001 мкм), взвешенной в газовой (обычно воздушной) дисперсионной среде.

Пыль, находясь продолжительное время в воздухе, представляет один из вредных и опасных химических факторов производственной среды.

Промышленная пыль может поступать в организм человека через органы дыхания, желудочно-кишечный тракт (чаще всего через загрязненные руки при еде и курении) или поврежденную и даже неповрежденную кожу.

По характеру воздействия на организм человека химические вредные производственные факторы подразделяются:

- на общетоксические, действующие на центральную нервную систему, кровь и кроветворные органы;
- раздражающие, вызывающие раздражение слизистых оболочек глаз, носа и гортани и действующие на кожные покровы;
- сенсибилизирующие вещества, после относительно непродолжительного воздействия на организм вызывают повышенную чувствительность к этому веществу. Последующие воздействия даже незначительных количеств этого вещества приводят к быстроразвивающейся реакции, вызывающей кожные заболевания, астматические явления, болезнь крови;
- канцерогенные, приводящие к развитию новообразований;
- мутагенные, вызывающие нарушения наследственного аппарата человека, отражающиеся на его потомстве.

Опасность химических веществ и их действие на организм человека определяются большим числом факторов, из которых основными являются:

- физико-химические свойства вещества, его агрегатное состояние, летучесть, растворимость. Наиболее опасны вредные вещества, находящиеся в паро-, газо-, дымо- и туманообразном состоянии, так как при этом велика вероятность попадания их в органы дыхания, легкие, откуда они быстро переносятся в кровь;
- внешние условия, продолжительность воздействия и концентрация. При выполнении тяжелой физической работы или пребывании в условиях высокой температуры происходит нарушение терморегуляции, потеря воды при усиленном потовыделении, ускорение многих биохимических процессов. Учащение дыхания, усиление кро-

вообращения, расширение сосудов кожи и слизистых оболочек ведут к увеличению поступления ядов через легкие и кожные покровы, поэтому опасность отравления возрастает. Алкоголь усиливает токсическое действие почти всех ядовитых продуктов. Организм подростков в 2–3 раза (до 10 раз в отношении некоторых веществ) более чувствителен к ядам, чем организм взрослого.

Пыль твердых веществ и материалов, способных гореть, также может воспламеняться, а при определенных концентрациях в смеси с воздухом взрываться.

Отравление веществами, находящимися в газо- или парообразном состоянии или в виде пыли, возможно при концентрации в воздухе рабочей зоны, превышающей *предельно допустимую концентрацию* (ПДК) – концентрацию, которая при ежедневной (кроме выходных дней) 8-часовой или другой продолжительности рабочего дня, но не более 41 ч в неделю, в течение всего рабочего стажа не может вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследования в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего или последующих поколений.

По степени воздействия на организм человека вредные вещества по ГОСТ 12.1.007 подразделяют на четыре класса:

- 1-й – чрезвычайно опасные – ПДК менее 0,1 мг/м³;
- 2-й – высокоопасные – ПДК 0,1–1,0 мг/м³;
- 3-й – умеренно опасные – ПДК 1,1–10,0 мг/м³;
- 4-й – малоопасные – ПДК более 10,0 мг/м³.

Гигиенические требования к состоянию воздушной среды в помещениях устанавливают:

ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие требования безопасности»;

ГН 2.2.5.2100-06 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны»;

ГН 2.2.5.2710-10 «Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) вредных веществ в воздухе рабочей зоны».

В качестве примера в табл. 1.1 приведены характеристики веществ, опасных для развития острого отравления.

При одновременном содержании в воздухе рабочей зоны нескольких вредных веществ однонаправленного действия (действуют на одни и те же системы организма) сумма отношений фактических концентраций каждого из них (K_1, K_2, \dots, K_n) в воздухе и их ПДК ($ПДК_1, ПДК_2, \dots, ПДК_n$) не должна превышать единицы.

Для оценки степени воздействия на органы дыхания человека определяют пылевую нагрузку (ПН, мг) за весь период реального или предполагаемого контакта с фактором, т. е. величину дозы пыли, которую рабочий вдыхает за весь период профессионального контакта с пылью

$$ПН = К \cdot N \cdot T \cdot Q,$$

где К – фактическая среднесменная концентрация пыли в зоне дыхания работника, мг/м³; N – число рабочих смен в календарном году; T – количество лет контакта с пылевым фактором; Q – объем легочной вентиляции за смену.

Рекомендуется использовать следующие усредненные величины объемов легочной вентиляции, которые зависят от уровня энергозатрат и, соответственно, категорий работ по тяжести:

- для работ категорий Ia–Iб – Q = 4 м³;
- категорий IIa–IIб – Q = 7 м³;
- категории III – Q = 10 м³.

Полученные значения фактической ПН сравнивают с величиной контрольной пылевой нагрузки (КПН), сформировавшейся при условии соблюдения среднесменной ПДК пыли в течение всего периода профессионального контакта с пылевым фактором. Значение КПН (мг) рассчитывают в зависимости от фактического или предполагаемого стажа работы T, ПДК пыли и категории работ по тяжести

$$КПН = ПДК \cdot N \cdot T \cdot Q.$$

Таблица 1.1

**Характеристики веществ, опасных для развития
острого отравления**

Вещество	ПДК, мг/м ³	Агрегатное состояние <1>	Класс опасности	Особенности действия <2>
1	2	3	4	5
Азиридин+ (этиленимин)	0,02	п	1	А, Р
Азота диоксид	2	п	3	Р
Азота оксиды (в пересчете на NO ₂)	5	п	3	Р
Арсин (водород мышьяковистый)	0,1	п	1	
Бора трифторид	1	п	2	Р
Бром+	0,5	п	2	Р
Бут-3-енонитрил+ (аллилцианид)	0,3	п	2	

Окончание табл. 1.1

1	2	3	4	5
Гидроцианид (водород цианистый)	0,3	п	1	
Гидроцианида соли+ (в пересчете на гидроцианид)	0,3	п	1	
Гидробромид	2	п	2	Р
Гидросульфид+ (сероводород)	10	п	2	Р
Гидрохлорид	5	п	2	Р
О,О-диметилсульфат+	0,1	п	1	Р
Кремний тетрафторид (по F)	0,5/0,1	п	2	Р
Пропандинитрил+	0,3	п + а	1	
Метилизоцианат+	0,05	п	1	А, Р
4-метилфенилен-1,3-диизоцианат+ (толуилендиизоцианат)	0,05	п	1	А, Р
Тетраэтилсвинец+	0,005	п	1	
Углерода оксид <3>	20	п	4	

Примечания: «+» – требуется специальная защита кожи и глаз; <1> – преимущественное агрегатное состояние вещества в воздухе в условиях производства; п – пары и/или газы; а – аэрозоль; <2> – наряду с остронаправленным механизмом действия приведены дополнительные особенности действия вещества: А – аллерген, К – канцероген, Р – раздражающее действие; <3> – при длительности работы в атмосфере, содержащей оксид углерода, не более 1 ч ПДК может быть повышена до 50 мг/м³, при длительности работы не более 30 мин – не более 100 мг/м³, при длительности работы не более 15 мин – 200 мг/м³. Повторные работы при условии повышенного содержания оксида углерода в воздухе рабочей зоны могут проводиться с перерывом не менее чем в 2 ч.

При соответствии фактической пылевой нагрузки контрольному уровню условия труда относят к допустимому классу вредности и подтверждают безопасность продолжения работы в тех же условиях.

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

$$T_1 = \text{КПН}_{25} / (\text{К} \cdot \text{N} \cdot \text{Q}).$$

Кратность превышения КПН указывает на класс вредности условий труда по данному химическому фактору.

2. Методы измерения концентрации пыли в воздухе

Методы измерения концентрации пыли делят на две группы: методы с предварительным осаждением и методы без предварительного осаждения пыли.

Основным преимуществом методов первой группы является возможность непосредственного измерения массовой концентрации пыли. К недостаткам относятся длительность отбора пробы, низкая чувствительность, трудоемкость анализа.

Преимущества методов второй группы – возможность непосредственных измерений в самой пылевоздушной среде, непрерывность измерений, высокая чувствительность. Существенный недостаток – влияние изменений свойств пыли (особенно дисперсного состава) на получаемые результаты.

Счетный метод позволяет измерять количество частиц пыли в 1 см^3 воздуха. Подсчитывают осажденные на предметном стекле из определенного объема воздуха ($10\text{--}100 \text{ см}^3$) частицы пыли с помощью специальных приборов-счетчиков (ТВК-3, СН-2 и др.) с последующим подсчетом числа осажденных частиц и определением их размеров под микроскопом. По тарировочным графикам определяют концентрацию данной пыли в воздухе.

Весовой метод измерения концентрации пыли заключается в выделении из пылегазового потока частиц пыли и определении их массы путем взвешивания. При этом оптимальная скорость отбора составляет 15 л/мин (приборы типа ППА, АЭР-4).

Фотометрический метод основан на предварительном осаждении частиц пыли на фильтре и определении оптической плотности пылевого осадка (приборы типа ФЭКП-3, ДПВ-1).

Люминесцентный метод заключается в предварительном осаждении пыли на фильтре, обработанном флюоресцирующими растворами, и последующем измерении интенсивности флюоресценции. При этом измеряют интенсивность флюоресценции до и после осаждения пылевого осадка.

На предварительном осаждении пыли основаны и такие методы, как радиоизотопный (приборы типа ПРИЗ, ИЗВ-1, ИЗВ-3 и др.) и пьезоэлектрический.

Оптические, электрические и акустические методы – это методы измерения концентраций пыли без предварительного осаждения ее на фильтре. Они основаны на использовании различных физических яв-

лений, протекание которых изменяется с изменением концентрации частиц в анализируемой воздушной среде. В оптических приборах используется эффект рассеяния частицами пыли света либо ослабления светового пучка. При измерениях электрическими приборами концентрация пыли оценивается величиной снимаемого с частиц электростатического заряда. При аэродинамических методах запыленность определяется по изменению гидравлического сопротивления фильтра.

В Российской Федерации в качестве стандартного метода определения концентрации пыли в воздухе принят весовой метод. Для определения концентрации пыли в воздухе весовым методом определенный объем воздуха пропускают через фильтр и производят взвешивание этого фильтра до и после взятия пробы.

Для улавливания пыли из воздуха используют аэрозольные фильтры Петрянова в виде дисков из перхлорвинила: АФА-В-10 или АФА-В-18 (аналитический фильтр аэрозольный влагостойкий, площадью 10 и 18 см²). Широкое использование этих фильтров обусловлено тем, что они устойчивы по отношению к кислотам и щелочам, гидрофобны, имеют высокую пропускную способность и незначительную собственную массу.

Привес фильтра, поделенный на объем протянутого через него воздуха, дает фактическую концентрацию пыли в воздухе, мг/м³

$$K = (m_2 - m_1)/V_0,$$

где m_1 , m_2 – масса фильтра до и после отбора пробы соответственно, мг; V_0 – объем отфильтрованного воздуха, приведенный к нормальным условиям, м³

$$V_0 = V_1 \cdot 273 \cdot B / [(273 + t) \cdot 760],$$

где B – барометрическое давление воздуха во время отбора пробы, мм рт. ст. (измеряют по барометру); t – температура воздуха при отборе пробы, °С; V_1 – объем воздуха, протянутого через фильтр при заданных значениях B и t , м³

$$V_1 = q \cdot \tau / 1000,$$

где q – показания ротаметра во время отбора пробы (интенсивность протягивания воздуха через фильтр), л/мин; τ – время отбора пробы (принимают $\tau = 15$ мин).

3. Порядок выполнения лабораторной работы

Лабораторная установка для создания искусственной запыленности и отбора пылевых проб (рис. 1.1) включает весы аналитические АДБ-200 или торсионные ВТ-500; барометр-анероид и термометр; секундомер; фильтры Петрянова АФА-В-10 (АФА-В-18). Пробоотборный патрон 2 с фильтром, ротаметр-воздухомер 8 и побудитель движения воздуха соединены гибким резиновым шлангом.

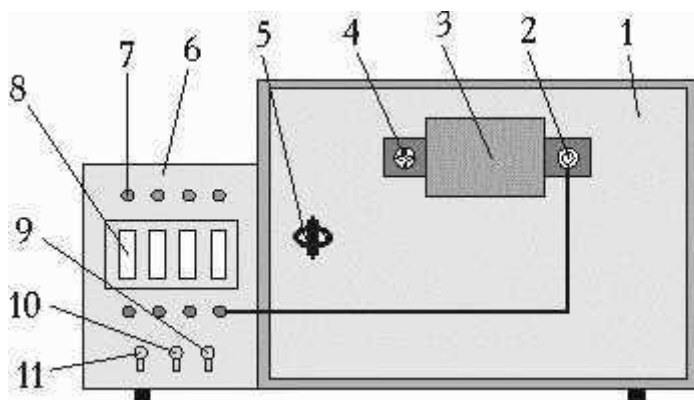


Рис. 1.1. Схема лабораторной установки

для создания искусственной запыленности и отбора проб воздуха:

1 – пылевая камера с дверкой; 2 – приборный отсек; 3 – отверстие для взятия пробы; 4 – прозрачное окно; 5 – ручка дозатора; 6 – аспиратор; 7 – регулятор расхода воздуха; 8 – ротаметры-воздухомеры; 9 – тумблер включения вентилятора; 10 – тумблер включения воздуходувки; 11 – тумблер включения освещения

В приборном отсеке находятся аспиратор для взятия пробы воздуха, электроаппаратура, двигатель и вентилятор.

Порядок выполнения лабораторной работы:

- ознакомьтесь с настоящими методическими указаниями и изучите соответствующие разделы рекомендуемой литературы;
- определите вариант исходных данных;
- путем суммирования последних двух цифр номера зачетной книжки определите вариант исходных данных;
- получите у преподавателя или лаборанта фильтр и взвесьте его на аналитических весах с точностью до 0,1 мг. Перед взвешиванием фильтр выньте из обоймы и сложите вчетверо по диаметру. После взвешивания осторожно разверните его. Запишите полученный результат в таблицу отчета;
- включите побудитель движения воздуха в электрическую сеть и зафиксируйте время начала отбора пробы. Регулятором расхода

воздуха 7 ротаметра 8 установите заданную скорость просасывания воздуха через фильтр и зафиксируйте ее в таблице отчета;

- по истечении заданного времени просасывания выключите побудитель движения воздуха 10;

- для восстановления первоначальной влажности фильтр выдерживайте в камере 10–15 мин;

- извлеките фильтр из обоймы и взвесьте его;

- измерьте температуру воздуха и барометрическое давление, зафиксируйте их в таблице отчета;

- проведите расчет концентрации пыли K ;

- используя формулу и значение ПДК, произведите оценку полученной концентрации пыли на ее соответствие требованиям санитарных норм для производственных помещений;

- используя заданное время контакта с пылевым фактором, категорию работ по тяжести и полученное значение концентрации пыли K , рассчитайте значение ПН. При этом число рабочих смен в календарном году примите равным 250;

- рассчитайте значение КПН и, сопоставив его со значением ПН, определите класс условий труда;

- определите КПН за средний рабочий стаж, который примите равным 25 годам;

- при превышении КПН рассчитайте допустимый стаж работы в данных условиях T_1 , при котором ПН не будет превышать КПН.

Контрольные вопросы и задания

1. На чем основана классификация вредных веществ по опасности воздействия на организм человека?

2. Что такое ПДК?

3. Расскажите о методах определения концентрации пыли в воздухе рабочей зоны.

4. От каких факторов зависит пылевая нагрузка на органы дыхания человека?

5. Машинист аспирационных установок проработал 7 лет в условиях воздействия зерновой пыли. Среднесуточная концентрация за этот период составляла $0,3 \text{ мг/м}^3$. Категория работ по энерготратам – Пб (объем легочной вентиляции равен 7 м^3). Среднесменная ПДК данной пыли – $0,15 \text{ мг/м}^3$. Среднее количество рабочих смен в году – 248. Определить допустимый стаж работы в таких условиях и доплату к заработной плате за условия труда.

Лабораторная работа № 2 «Экспресс-анализ загазованности воздушной среды с помощью индикаторных трубок»

1. Краткие теоретические сведения

Воздух представляет собой физическую смесь различных газов, образующих атмосферу Земли. Чистый воздух – это смесь газов в относительно постоянном объемном соотношении: азот – 78,09 %, кислород – 20,95, аргон – 0,93 и диоксид углерода – 0,03 %. Кроме того, воздух содержит незначительное количество других газов, таких как водород, озон, оксиды азота.

Содержание паров воды в воздухе может достигать четырех объемных долей (в %) в зависимости от конкретных условий окружающей среды и характера деятельности человека.

Токсичность – свойство веществ вызывать отравления (интоксикацию) организма; определяется большим числом факторов, из которых основными являются:

- агрегатное состояние (наиболее опасны вредные вещества, находящиеся в паро-, газо-, дымо- и туманообразном состоянии, так как при этом велика вероятность попадания их в органы дыхания, легкие, откуда они быстро переносятся в кровь);

- дисперсность (*от лат. dispersus – рассеянный, рассыпанный*) – оценка степени измельченности вещества; чем мельче частицы, тем выше дисперсность, возможность и глубина проникновения в дыхательные пути и легкие человека. Дисперсность рассчитывают как отношение общей поверхности всех частиц к их суммарному объему или массе;

- растворимость;

- летучесть – максимальное содержание пара вредного вещества в единице объема воздуха; выражают в мг/л. В качестве примера приведем значение этого показателя для ряда веществ: хлорбензол – 53,6 мг/л, изопропиловый спирт – 12 мг/л, четыреххлористый углерод – 1380 мг/л. Вещества, обладающие высокой летучестью, способны образовать в воздухе большие концентрации. Вещества, летучесть которых превышает 200 мг/л, увеличивают плотность воздуха более чем на 25 %, а скорость опускания паровоздушной смеси может превысить 0,2 м/с. Поэтому летучие вещества способны накапливаться в нижних этажах помещений, приземных слоях атмосферы. Вещества,

характеризующиеся низкой летучестью, существенно не влияют на плотность газовой смеси, и поэтому их распределение происходит более равномерно по всему объему помещения.

К техническим средствам отбора проб, обнаружения и определения вредных веществ относятся индикаторные трубки (ИТ), сделанные из стекла (рис. 1.2), заполненные зерненным наполнителем – индикаторным порошком. Характеристики индикаторных порошков приведены в табл. 1.2.



Рис. 1.2. Индикаторные трубки

Принцип действия ИТ основан на фильтрации через индикаторный порошок загрязненного воздуха при просасывании его с помощью насоса пробоотборника. При этом происходит поглощение из воздуха вредного (загрязняющего) вещества, сопровождающееся избирательной химической реакцией этого вещества с нанесенным на индикаторный порошок аналитическим реагентом (индикатором). В результате химической реакции происходит образование окрашенных продуктов и, соответственно, изменение окраски порошка. На поверхности индикаторных трубок в области реактивного слоя нанесены деления с соответствующими значениями концентрации определяемого вредного (загрязняющего) вещества. Длина изменившего окраску слоя является мерой концентрации определяемого вредного (загрязняющего) вещества в анализируемом воздухе.

С индикаторной трубкой используется насос-пробоотборник (рис. 1.3), представляющий собой ручной механический переносной аспиратор с прямым измерением объема газовой пробы 50 и 100 см³ (значение объема выгравировано на штоке).

Основу насоса-пробоотборника составляет цилиндр, в котором размещается шток с поршнем. Роль обратного клапана на поршне выполняет сквозное отверстие, закрытое манжетой, надетой на

шток. На один из концов цилиндра наворачивается крышка с фиксатором, удерживающая шток в требуемом положении. К другому концу цилиндра с помощью переходной втулки крепится насадка. В переходной втулке помещен защитный патрон с сорбентом. На насадке сбоку находится отверстие для обламывания концов стеклянных трубок. Работа насоса-пробоотборника основана на создании разрежения в цилиндре при перемещении штока и заполнении цилиндра газовой смесью (ГВС).



*Рис. 1.3. Внешний вид насоса-пробоотборника:
1 – насадка; 2 – переходная втулка; 3 – цилиндр; 4 – сигнальное устройство (индикатор завершения прососа); 5 – шток*

Таблица 1.2

**Характеристики индикаторных порошков
для снаряжения индикаторных трубок**

Определяемое вредное (загрязняющее) вещество	Просасываемый объем воздуха, см ³	Общее время просасывания воздуха, с	Газ (пар), улавливаемый фильтрующим патроном
1	2	3	4
Азота оксиды	300	420	–
Аммиак	200	120	–
	100	40	–
Ангидрид сернистый	300	300	Сероводород, аммиак, азота диоксид, туман серной кислоты, пары воды
	100	60	
Ацетилен	300	420	Сероводород, фосфористый водород, кремнистый водород, аммиак, пары ацетона и воды
	100	180	–
Ацетон	300	420	Ангидрид сернистый, пары уксусной кислоты, уксусного ангидрида, соляной кислоты, в концентрациях до 10 ПДК

Окончание табл. 1.2

1	2	3	4
Бензин	300	420	Углеводороды ароматические и непредельные, пары воды
Бензол	400	360	Пары воды
Ксилол	300	240	Пары воды
Сероводород	300	300	–
Толуол	300	420	Пары воды
Углеводороды нефти	300	420	Пары воды, углеводороды непредельные и ароматические
Углерода оксид	200	420	Ацетилен, этилен, метан, смесь бутана и пропана, азота оксиды, хлор, ангидрид сернистый, водород, пары бензина, бензола и его гомологов, воды, ацетона, кислоты муравьиной, формальдегида, спиртов этилового и метилового, дихлорэтана, сероуглерода
Хлор	300	300	–
Этиловый эфир	400	600	Пары воды, этилового спирта, органических кислот, фенола

Насос-пробоотборник приводят в рабочее состояние вытягиванием штока из исходного положения. При этом шток фиксируется на позициях «50» и «100», что соответствует просасыванию 50 и 100 см³ ГВС. При создании разрежения в цилиндре срабатывает сигнальное устройство – контрольная мембрана прогибается и в смотровом окошке пропадает изображение черной точки (рис. 1.4).

При уравнивании давления внутри цилиндра с атмосферным давлением в смотровом окошке появляется изображение черной точки, что позволяет фиксировать окончательное просасывание ГВС через средство контроля. Перед введением штока в цилиндр его поворачивают вокруг оси на 90°. При этом воздух из цилиндра выходит через обратный клапан. Агрессивные вещества, которые могут поступать в насос-пробоотборник из воздуха, адсорбируются наполнителем защитного патрона.

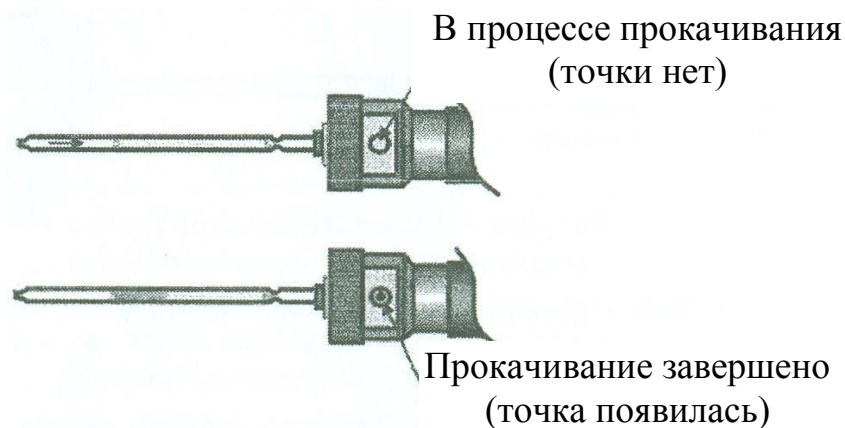


Рис. 1.4. Работа сигнального устройства насоса-пробоотборника

2. Порядок выполнения лабораторной работы

При выполнении лабораторной работы недопустимо:

- попадание индикаторного порошка на слизистые оболочки, кожу, одежду;
- принятие пищи;
- использование открытого огня.

При скрывтии индикаторных трубок запаянные концы следует отламывать осторожно, чтобы избежать порезов и попадания осколков стекла в глаза. При подсоединении и отсоединении индикаторной трубки к насосу-пробоотборнику ее следует держать как можно ближе к концу, вставленному в гнездо аспиратора, избегая при этом сильного нажима на индикаторную трубку и сдавливания ее руками.

Порядок выполнения измерений:

- вскройте с обоих концов индикаторную трубку (рис. 1.5), осторожно надломив их при помощи отверстия в насадке насоса-пробоотборника;
- подсоедините насос-пробоотборник с индикаторной трубкой к специальному штуцеру для отбора пробы воздуха (рис. 1.6).

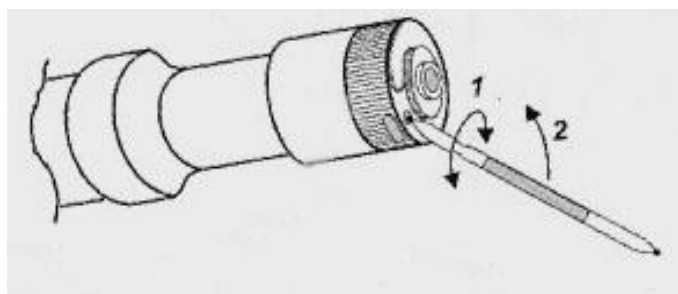


Рис. 1.5. Вскрытие индикаторной трубки при помощи отверстия в насадке насоса-пробоотборника

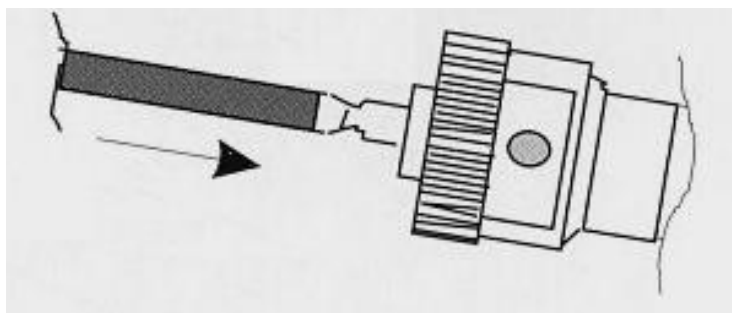


Рис. 1.6. Установка индикаторной трубки в аспиратор

Прокачайте через индикаторную трубку выгравированный объем анализируемого воздуха, для чего выполните следующие операции:

- поверните шток по оси вращения так, чтобы метка «1» на направляющей втулке корпуса насоса-пробоотборника не совпала с меткой «2» на штоке на четверть оборота, т.е. на 90° ;

- введите шток целиком в корпус насоса-пробоотборника;

- поверните шток по оси вращения так, чтобы метка «1» (на направляющей втулке) совпала с меткой «2» (на штоке);

- оттяните шток на себя с усилием до щелчка фиксатора (до метки «50» или «100» на штоке). При этом фиксатор войдет в зацепление с пазом на штоке, маркированным меткой «50» или «100», и начнется просасывание воздуха до тех пор, пока давление в рабочем пространстве насоса-пробоотборника не сравняется с атмосферным давлением;

- выдержите поршень в зафиксированном положении в течение 1 мин или иного времени (табл. 1.2), необходимого для завершения цикла просасывания воздуха. О завершении цикла просасывания воздуха свидетельствует появление четкого изображения точки в смотровом окошке;

- извлеките индикаторную трубку из резиновой втулки насоса-пробоотборника;

- по длине изменившего окраску слоя определите концентрацию вредного (загрязняющего) вещества $C_{ИТ}$ в воздухе (рис. 1.7). При размытости границы окраски отсчет $C_{ИТ}$ проведите по нижней и верхней частям границы окраски. За результат измерения примите среднее значение;

- рассчитайте концентрацию вредного (загрязняющего) вещества C_H ($\text{мг}/\text{м}^3$) в воздухе, приведенную к нормальным условиям, т. е. к температуре 20°C и атмосферному давлению 760 мм рт. ст. по формуле

$$C_H = C_{ИТ} [(273 + t) 760 / (293 \cdot P)] = C_{ИТ} \cdot K, \text{ мг/м}^3,$$

где t – температура воздуха, °С; P – атмосферное давление в момент экспресс-анализа, кПа; 273 °К (0 °С) – температура; 760 – атмосферное давление, соответствующие нормальным условиям, мм рт. ст. (101,3 кПа); K – коэффициент, учитывающий поправку на фактические значения температуры воздуха и атмосферного давления в момент экспресс-анализа (табл. 1.3).

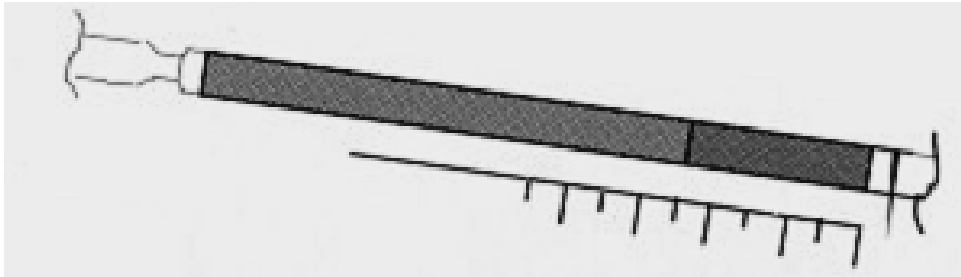


Рис. 1.7. Измерение концентрации вредного вещества в воздухе по контрольной шкале

По табл. 1.4 определите качество воздуха в помещении лаборатории по допустимому значению содержания диоксида углерода CO_2 .

Таблица 1.3

Значения коэффициента K , учитывающего поправку на фактические значения температуры воздуха и атмосферного давления

Атмосферное давление P , мм рт. ст.	Температура t , °С						
	0	10	15	20	30	40	50
630	1,12	1,17	1,19	1,21	1,24	1,28	1,33
650	1,09	1,13	1,15	1,17	1,21	1,25	1,29
680	1,04	1,08	1,10	1,12	1,16	1,19	1,23
700	1,01	1,05	1,07	1,09	1,12	1,16	1,20
720	0,98	1,02	1,04	1,06	1,09	1,13	1,16
740	0,96	0,99	1,01	1,03	1,06	1,10	1,13
760	0,93	0,97	0,98	1,00	1,03	1,07	1,10
780	0,91	0,94	0,96	0,97	1,01	1,04	1,07
800	0,89	0,92	0,93	0,95	0,98	1,01	1,05

Классификация качества воздуха в помещении лаборатории

Класс	Качество воздуха в помещении		Допустимое содержание CO ₂ , см ³ /м ³
	оптимальное	допустимое	
1	Высокое	–	400 и менее
2	Среднее	–	400–600
3	–	Допустимое	600–1000
4	–	Низкое	1000 и более

Контрольные вопросы и задания

1. На чем основана классификация вредных (загрязняющих) веществ по опасности воздействия на организм человека?
2. Объясните, что такое ПДК.
3. Расскажите о методах определения концентрации газов (паров) в воздухе рабочей зоны.
4. В воздухе рабочей зоны помещения обнаружены сернистый ангидрид SO₂ концентрацией 6 мг/м³ и азота диоксид NO₂ – 4 мг/м³. Оцените санитарное состояние воздуха рабочей зоны.

Лабораторная работа № 3 «Исследование искусственного освещения»

1. Краткие теоретические сведения

Одним из факторов, определяющих условия работы и способствующих повышению производительности труда и культуры производства, является благоприятный световой климат и рациональное освещение рабочих мест.

Классификация *общего искусственного освещения* по назначению (рис. 1.8):

- рабочее – предусматривается для всех помещений зданий, а также участков открытых пространств, предназначенных для работы, прохода людей и движения транспорта; должно быть независимым от наличия аварийного освещения;
- дежурное – освещение в нерабочее время;
- охранное – освещение, предусматриваемое вдоль границ территорий, охраняемых в ночное время;
- аварийное (в случае выхода из строя питания рабочего освещения); его подразделяют на эвакуационное и резервное.

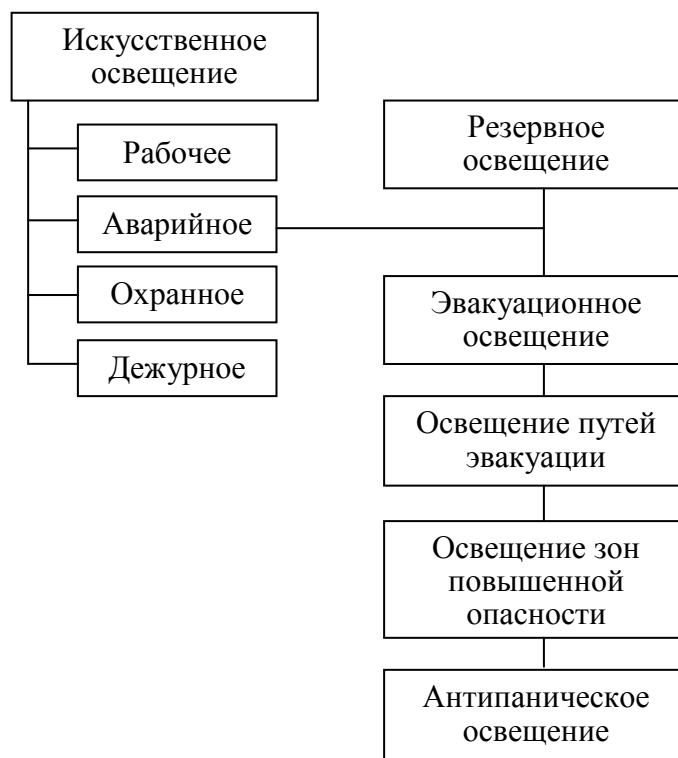


Рис. 1.8. Классификация искусственного освещения по назначению

Классификация *эвакуационного* освещения:

- освещение путей эвакуации;
- освещение зон повышенной опасности;
- освещение больших площадей (антипаническое освещение).

Резервное освещение – это вид аварийного освещения для продолжения работы в случае отключения рабочего освещения.

За последнее время в результате изменения характера производственных процессов, миниатюризации приборов и повышения требований к качеству выпускаемой продукции существенно увеличился объем работ, связанных со значительным напряжением органа зрения, а следовательно, резко повысилось гигиеническое и экономическое значение условий освещения производственных помещений.

Свет оказывает непосредственное влияние на зрительные условия работы, работоспособность и самочувствие человека. Работа при недостаточном освещении снижает производительность труда, приводит к ослаблению зрения и является в ряде случаев причиной производственного травматизма, аварий и брака.

Рассмотрим основные светотехнические понятия, величины и единицы их измерения:

1) любое тело с температурой выше абсолютного нуля излучает в пространство лучистую энергию. Распространение ее осуществляется в виде электромагнитных колебаний (рис. 1.9, а) с широким диапазоном длин волн.

Человеческий глаз воспринимает лишь небольшую область этого диапазона с длинами волн от 380 до 760 нм, называемую **оптической областью спектра**. Мощность лучистой энергии, оцениваемую по световому ощущению, производимому на глаз человека, принято называть **световым потоком**. Единицей светового потока F является люмен (лм);

2) источники света излучают световой поток неравномерно с различной интенсивностью в разных направлениях пространства. Для характеристики распределения светового потока источника введено понятие **силы света I** , которая определяет плотность светового потока в данном направлении (рис. 1.9, б).

Единицей силы света является кандела (кд). Кандела – это основная светотехническая единица, ее назначение устанавливается по специальному эталону. Понятие силы света применимо не только к источнику света, но и к светильнику. Характеристикой распределения силы света светильника в пространстве является **кривая силы света**;

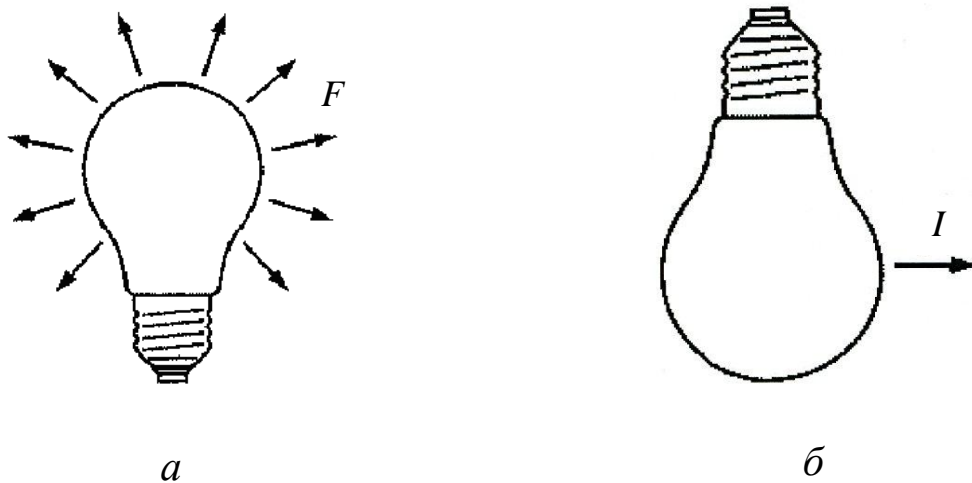


Рис. 1.9. Световой поток F (а) и сила света I (б)

3) световой поток, падающий на какую-либо поверхность, освещает ее. Об интенсивности освещения поверхности судят по плотности распределения по ней светового потока, т.е. **освещенности** (рис. 1.10).

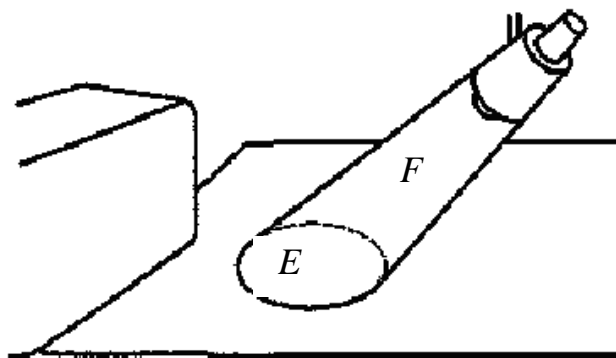


Рис. 1.10. Освещенность

Освещенность E определяется отношением величины светового потока, падающего на поверхность, к площади данной поверхности

$$E = \Phi/S,$$

где E – освещенность; Φ – световой поток; S – площадь поверхности.

Единицей освещенности является люкс (лк). Освещенность поверхности равна одному люксу, если на каждый квадратный метр ее площади падает световой поток в один люмен.

Освещенность горизонтальная в точке P (рис. 1.11), расположенной на расстоянии d от источника с силой света I в данном направлении и с углом падения θ на расчетную плоскость, рассчитывают по закону квадратов расстояний

$$E = I \cdot (\cos\theta)/d^2.$$

Яркость В – это основная величина, на которую непосредственно реагирует глаз человека. Яркостью называют пространственную плотность светового потока, отнесенную к единице площади проекции светящейся поверхности на плоскость, перпендикулярную заданному направлению. Яркость зависит от свойств той или иной поверхности, ее отражательной способности.

Единицей яркости является кандела на квадратный метр (кд/м²). Равномерно светящаяся поверхность, излучающая в перпендикулярном к ней направлении свет силой в 1 канделу с 1 м², обладает яркостью в 1 кд/м².

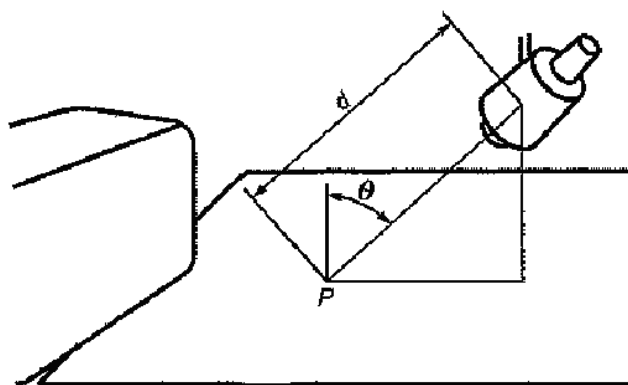


Рис. 1.11. Определение освещенности в точке P

Световой поток $F_{\text{пад}}$, падающий на какое-либо тело, частично отражается этим телом $F_{\text{отр}}$, частично поглощается $F_{\text{пог}}$, какая-то часть светового потока пропускается $F_{\text{пр}}$ сквозь тело. В связи с этим световые свойства тел характеризуются соответственными коэффициентами отражения $K_{\text{отр}}$, пропускания $K_{\text{пр}}$ и поглощения $K_{\text{пог}}$

$$K_{\text{отр}} = F_{\text{отр}}/F_{\text{пад}}; K_{\text{пог}} = F_{\text{пог}}/F_{\text{пад}}; K_{\text{пр}} = F_{\text{пр}}/F_{\text{пад}}.$$

Для того чтобы правильно выбрать материал при отделке помещений, окраске рабочих поверхностей и оборудования, а также при размещении светильников, необходимо располагать величинами коэффициентов. Значения коэффициентов отражения некоторых материалов приведены в табл. 1.5.

В пределах рабочей зоны рекомендуется обеспечить соотношение яркости порядка 3:1, а между рабочей поверхностью и более удаленными поверхностями – 10:1. В связи с этим коэффициенты отражения должны быть для потолка и верхней части стен 60–80 %, для

стен, являющихся фоном, – 30–40, для пола – 12–15, для оборудования – 40–60 %.

Для освещения помещений могут использоваться системы общего или комбинированного освещения.

При системе общего освещения различают два способа размещения светильников: равномерное и локализованное. При равномерном размещении светильники с люминесцентными лампами располагают параллельно светонесущей стене на расстоянии 1,2 м от наружной стены и 1,5 м – от внутренней, а расстояние между ними устанавливают одинаковое для того, чтобы обеспечить равномерное освещение всего помещения без учета расположения оборудования.

При локализованном размещении светильники устанавливаются в зависимости от расположения оборудования и рабочих мест. Это позволяет обеспечить лучшее качество освещения рабочей поверхности, создать необходимое направление светового потока, избежать резких теней и т. п.

Таблица 1.5

**Значения коэффициентов отражения $K_{отр}$
некоторых материалов, %**

Материал	$K_{отр}$	Материал	$K_{отр}$
Алюминий полированный матовый	70–65, 65–55	Штукатурка в помещении, запущенная с пылью	20–15
Сталь полированная, необработанная	70–60, 10–5	Штукатурка, хорошо сохранившаяся	30–20
Жесть белая	70–60	Штукатурка без побелки новая	42
Латунь полированная	70–60	Ткань белая батист	65–70
Стекло матированное	10	Ткань белая шелк	70–80
Стекло опаловое толщиной 2–3 мм	30	Плитка белая керамическая глазурованная	75
Стекло молочное толщиной 2–3 мм	45	Силикатный кирпич, бетон (новые)	32
Белая клеевая краска	80–70	Бумага матовая белая	82–76
Свинцовые белила	До 90	Бумага ватманская	65–55
Красный кирпич	10–8	Бумага писчая	20–60
Сосна светлая	38	Дуб светлый	33
Фанера	50	Дерево (орех)	18
Известка (побелка), новая	80	Известка запущенная (с пылью)	20–15

Преимущества системы общего освещения наиболее существенны при освещении производственных помещений, в которых должны создаваться условия для выполнения работы в любой точке или располагаться оборудование с большой площадью рабочей поверхности.

Систему общего освещения рекомендуется применять при высокой плотности расположения оборудования, если оно не создает теней на рабочих поверхностях и не требует переменного направления света (сборочные цехи); в помещениях, где рабочей поверхностью может служить каждая точка пола (литейные цехи, сборочные) или где основное оборудование имеет протяженную рабочую поверхность (прядаильные, крутильные цехи ткацких фабрик и т. п.); где не требуется значительного напряжения зрения (общее наблюдение за ходом производственного процесса, вспомогательные, в том числе санитарно-бытовые, административно-конторские и складские помещения), в помещениях общественного назначения (залы заседания, комнаты отдыха и т. п.), а также в помещениях, когда устройство местного освещения невозможно по техническим и конструктивным соображениям.

Локализованное размещение светильников при системе общего освещения следует применять в том случае, если рабочие места расположены группами (группы станков, рабочие места у конвейеров); когда на разных участках выполняются работы различной сложности, требующие разных уровней освещенности. Локализованное размещение светильников может применяться при освещении рабочих мест на открытых пространствах, где требуется повышенная освещенность по сравнению с общим уровнем освещения всей территории.

Система **комбинированного освещения** включает, помимо общего освещения, местные светильники, расположенные на рабочих местах. Преимущества комбинированного освещения перед общим определяются следующими показателями: повышение видимости благодаря возможности создания резких собственных теней от рельефных объектов, различаются за счет выбора соответствующего направления световых лучей; возможность обеспечения одинаковых условий освещения на однотипных рабочих поверхностях, создания высоких уровней освещенности на вертикальных и наклонных поверхностях, освещения внутренних полостей обрабатываемых изделий, изменения цветности излучения на ограниченном участке рабочих поверхностей, а также меньшие эксплуатационные расходы при больших уровнях освещенности.

Систему комбинированного освещения применяют при выполнении точных зрительных работ, на рабочих поверхностях, где общее освещение создает тени (штампы, станки механической обработки и т. п.); при оборудовании, имеющем вертикальные, наклонные рабочие поверхности; если производственный процесс требует высокой освещенности (электро- и радиомонтажные работы); на рабочих местах, занимающих небольшую часть цеха (измерительные приборы и т. п.), а также на рабочих поверхностях, требующих переменного направления падающего света.

В случаях, когда архитектурно-планировочные решения производственных зданий не позволяют обеспечить в них норму естественного освещения (нормированное значение КЕО), в светлое время суток применяют дополнительное искусственное освещение. Такое освещение называется **совмещенным**.

Искусственное освещение создается электрическими источниками света и осветительными приборами.

Электрическим источником света называют устройство, преобразующее электрическую энергию в энергию видимых излучений. По принципу действия различают лампы накаливания, газоразрядные лампы и светодиоды.

Лампа накаливания (рис. 1.12, а) представляет собой стеклянную колбу 1, внутри которой в вакууме или инертном газе находится нить из тугоплавкого проводника 2.

В лампах преобразование электрической энергии в световую происходит за счет накаливания тугоплавкого проводника электрическим током. Нить накала может сворачиваться в спираль (моноспираль), биспираль (нити имеют форму двойных спиралей) и триспираль (нити имеют форму тройных спиралей). У биспиральных и триспиральных ламп накаливания световая отдача выше, чем у моноспиральных ламп.

Лампы накаливания могут быть вакуумными – тип В, газонаполненными (с аргоновым или криптоновым наполнителем) – типы Г, Б, БК; их изготавливают как в прозрачных, так и матированных (МТ), опаловых (О), молочных (МЛ) колбах.

Условные обозначения ламп накаливания общего назначения включают слово «лампа»; тип наполнения и тела накала; вид колбы лампы; диапазон напряжения; номинальная мощность; номер ГОСТа. Например, обозначение «Лампа В 125-135-25 ГОСТ 2239-79» рас-

шифруется так: лампа вакуумная в прозрачной колбе на напряжение 125-135 В, мощность 25 Вт по ГОСТ 2239-79.

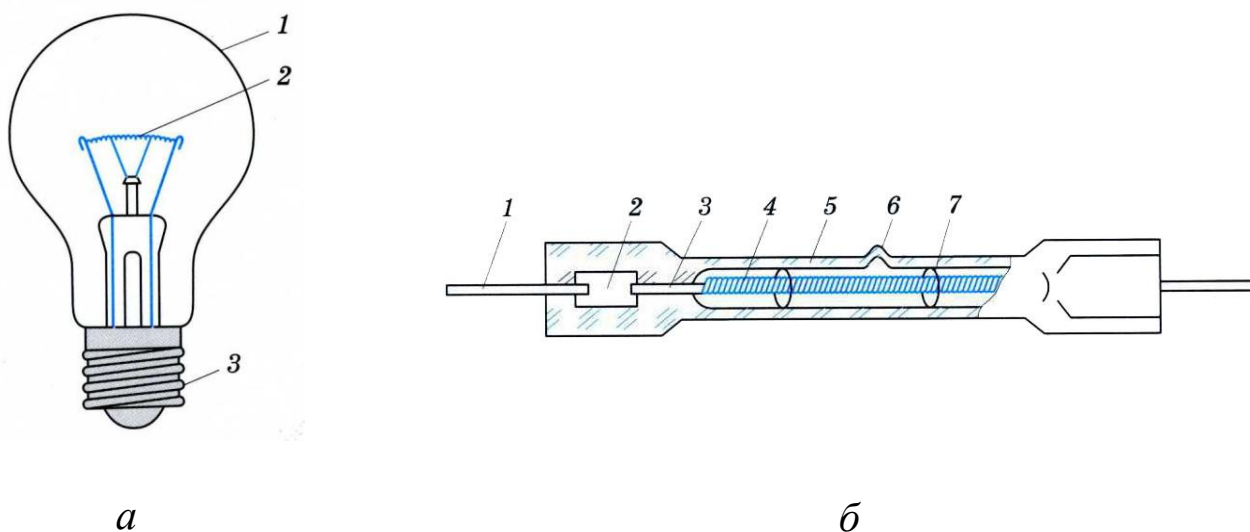


Рис. 1.12. Лампа накаливания:

а – вакуумная: 1 – стеклянная колба; 2 – спираль накала; 3 – резьбовой цоколь;
б – галогенная: 1 – выводы; 2 – молибденовая фольга; 3 – вольфрамовые вводы;
4 – спираль накала; 5 – кварцевая колба; 6 – корпус; 7 – держатель

Характеризуются лампы накаливания номинальными значениями напряжения, мощности и светового потока. Световой поток со временем уменьшается, что отражается и на сроке службы, который для ламп накаливания не превышает 1000 ч.

Промышленность выпускает металлогалогенные лампы (МГЛ) накаливания, срок службы которых составляет 2000 ч и более. В состав газового наполнения такой лампы добавляется йод, который при определенных условиях обеспечивает обратный перенос испарившихся частиц вольфрама со стенок колбы лампы на тело накала (см. рис. 1.12, б). Именно это и позволяет повысить в два раза срок службы ламп накаливания.

Лампы накаливания для местного освещения (МО) изготавливают на напряжение 1,25; 2,3; 2,5; 12; 24; 36 В.

Отличительной особенностью ламп накаливания является то, что они включаются в сеть без дополнительных пусковых приспособлений, могут работать при значительных отклонениях напряжения сети от номинального, а также практически не зависят от условий окружающей среды и температуры, компактны, световой поток их к концу срока службы снижается незначительно (приблизительно на

15 %). Однако лампы накаливания имеют относительно низкую световую отдачу (7–20 лм/Вт), и в их спектре преобладает желто-красная часть. На их выбор может оказывать влияние размер лампы: полная длина (стеклянная колба вместе с цоколем), диаметр и высота светового центра (от резьбового цоколя до середины нити накаливания).

Применение ламп накаливания общего назначения для освещения ограничивается Федеральным законом № 261-ФЗ от 23 ноября 2009 г.: с 1 января 2011 г. не допускается применение для освещения ламп накаливания мощностью 100 Вт и более.

Люминесцентные лампы линейные (рис. 1.13, а), или **разрядные лампы низкого давления**, представляют собой цилиндрическую стеклянную трубку (длиной от 450 до 1500 мм) с двумя цоколями на концах, заполненную разряженным газом – аргоном и небольшим количеством паров ртути. На внутреннюю поверхность стеклянной трубки нанесен слой специального состава (люминофора). В цоколи лампы впаяны вольфрамовые электроды. При включении лампы в электрическую сеть между ее электродами в парах ртути (рис. 1.13, б) возникает газовый разряд и невидимое ультрафиолетовое излучение, под воздействием которого люминофор начинает светиться – дает яркий видимый свет.

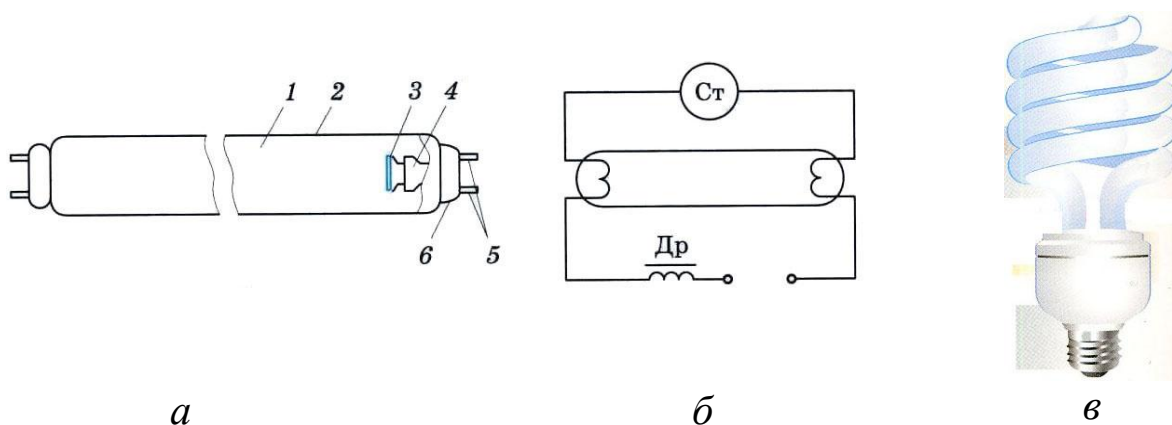


Рис. 1.13. Люминесцентная лампа:

а – линейная (конструкция): 1 – трубка; 2 – люминофор; 3 – спираль; 4 – ножка; 5 – штыри; 6 – резьбовой цоколь; б – схема; в – компактная

Люминесцентные лампы выпускают мощностью 15, 20, 30, 40, 80 Вт и пяти типов по цветности (окраске) излучаемого света:

- белого света ЛБ (воспроизводят по цветности солнечный цвет и применяют в помещениях, где требуется зрительное напряжение);

- тепло-белого ЛТБ (имеют ярко выраженный розовый оттенок и используются тогда, когда есть необходимость подчеркнуть розовые и красные тона);

- дневного света с исправленной цветностью ЛДЦ;

- холодного белого – ЛХБ и дневного света ЛД.

Люминесцентную лампу, закрученную в виде спирали (см. рис. 1.13, в), называют *компактной*.

К недостаткам люминесцентных ламп можно отнести относительную громоздкость, необходимость в специальной пуско-регулирующей аппаратуре ПРА (стартере и дросселе), чувствительность к температуре окружающего воздуха (при температуре ниже 10 °С лампа может не зажечься). Кроме того, люминесцентные лампы, расположенные рядом, необходимо присоединять к разным фазам, так как они 100 раз в секунду зажигаются и гаснут, поскольку переменный ток промышленной частотой $f = 50$ Гц 100 раз в секунду проходит через ноль. Хотя человек не замечает этих пульсаций света, но они вредно действуют на органы зрения.

Компактные люминесцентные лампы (КЛЛ) часто называют энергоэкономичными, потому что их можно вкрутить в обычный резьбовой цоколь E27 (27 – диаметр резьбового цоколя, мм), и они будут работать, потребляя электроэнергии в шесть раз меньше, чем лампы накаливания. Эти лампы имеют значительно меньшую зависимость от температуры окружающего воздуха.

Дуговые ртутные люминесцентные лампы (ДРЛ) изначально применялись для освещения улиц, ангаров, складов, т.е. для освещения мест, не предъявляющих высоких требований к качественным характеристикам освещения. По внешнему виду они похожи на лампы накаливания (рис. 1.14), отличаются от линейных и компактных люминесцентных ламп тем, что давление паров ртути в них намного выше, поэтому их называют ртутными лампами высокого давления.

В ДРЛ электрический разряд происходит не по всей колбе, а в маленькой трубке – горелке из кварцевого стекла, прозрачного для ультрафиолетовых лучей. Под влиянием ультрафиолетового излучения горелки люминофор, нанесенный на внутреннюю поверхность колбы, дает яркий, слегка зеленоватый свет. ДРЛ имеют резьбовой цоколь и ввинчиваются в те же патроны, что и лампы накаливания. Однако в сеть они включаются так же, как и люминесцентные, по особой схеме с помощью ПРА.

Дуговые ртутные люминесцентные лампы выпускают мощностью 250, 500, 750 и 1000 Вт.

Лампы ДРЛ вытесняются дуговыми натриевыми трубчатыми лампами и светодиодами, так как с 1 июля 2016 г. в Российской Федерации введен запрет на приобретение с целью установки в государственных и муниципальных организациях ламп ДРЛ.

Кроме того, Российская Федерация подписала Минаматскую конвенцию по ртути, это означает, что к 2030 г. в нашей стране не должно производиться никаких изделий, содержащих этот металл (энергосберегающие лампы, ртутные градусники, некоторые приборы для измерения давления и др.).

В дуговых натриевых трубчатых лампах (ДНаТ) вместо паров ртути (рис. 1.15) используется натрий. Натриевые лампы применяют в основном при освещении автострад, городских транспортных туннелей, а также для декоративного и архитектурного освещения.

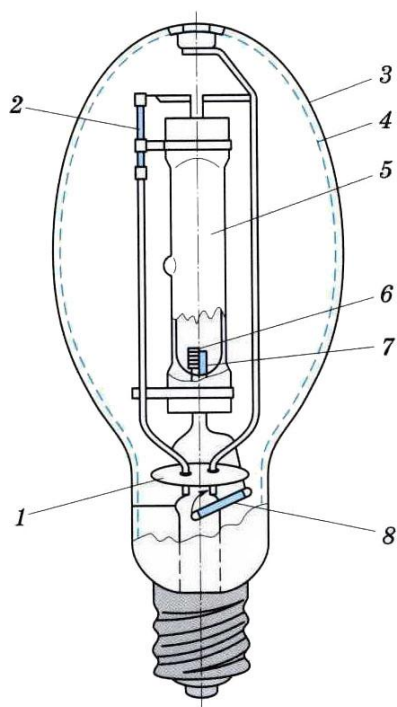


Рис. 1.14. Дуговая ртутная люминесцентная лампа:

*1 – экран; 2, 7, 8 – вспомогательные электроды;
3 – колба; 4 – слой люминофора; 5 – разрядная трубка; 6 – электрод*

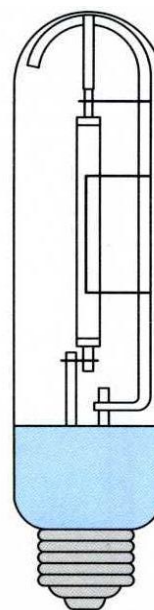


Рис. 1.15. Натриевая лампа типа ДНаТ

В конце 80-х гг. XX в. академик РАН СССР Ж.И. Алферов и другие ученые предложили полупроводниковые элементы, дававшие возможность увеличить мощность, яркость, световую отдачу, время работы новых источников света – *светодиодных ламп*.

Светодиодная лампа (рис. 1.16) включает в себя светодиод (рис. 1.17), устанавливаемый на плату, алюминиевый радиатор, который оберегает лампу от перегрева, и блок питания – драйвер.

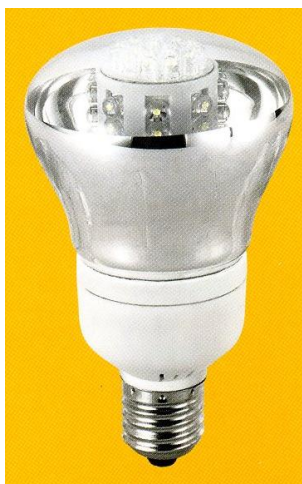


Рис. 1.16. Светодиодная лампа

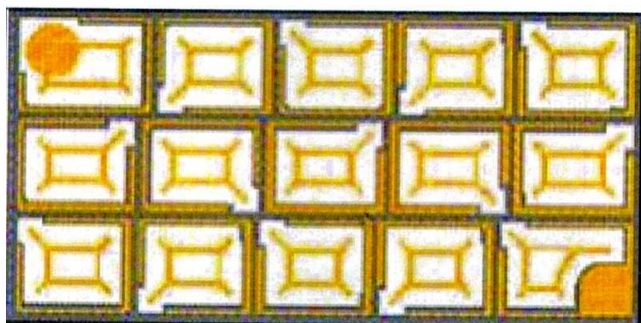


Рис. 1.17. Цепочка из кристаллов для светодиодов

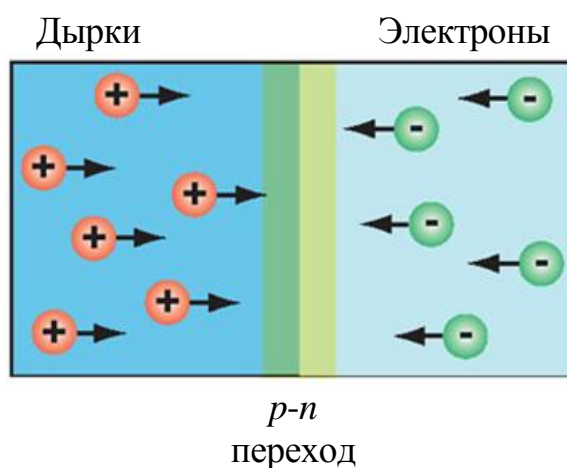


Рис. 1.18. Принцип работы светодиода

Светодиод (LED – light emitting diode) представляет собой полупроводниковый прибор, преобразующий поступающий электрический ток в световое излучение; он оснащен двумя выводами – анодом и катодом. Внешне катод напоминает небольшое углубление в виде воронки, на дне которой расположен полупроводниковый кристалл. Своеобразная перемычка из золота служит для соединения кристалла с анодом. Прозрачный полимерный корпус выполняет функцию фокусирующей линзы с рефлектором, определяя направленность излучения светодиода.

Цвет свечения светодиода зависит от добавок, внесенных в полупроводник. Например, примеси алюминия, гелия, индия, фосфора вызывают свечение от красного до желтого цвета; индия, галлия, азо-

та – от голубого до зеленого цвета. Установка в одном корпусе нескольких групп светодиодов позволяет получить практически любой цвет светового потока. Особенность светодиодов состоит в том, что электрический ток проходит от анода к катоду и не идет обратно. Так, кристаллами полупроводника создается р-п переход (см. рис. 1.18). Электроны, встречаясь с дырками, теряют свою энергию, благодаря которой в последующем и образуются фотоны (частички света).

Светодиоды изначально применяли в электронике, светосигнальной технике (светофорах, указателях, дорожных знаках и др.). Сегодня в условиях перехода на энергосберегающие технологии светодиоды используются и во многих отраслях экономики, и в быту. Светодиоды экономичнее других источников света, имеют высокую световую отдачу и большой срок службы (табл. 1.6). Преимуществом светодиодов являются также «зеленые» технологии их производства: они не вредны для окружающей среды, их можно отдать производителю или сдать в металлолом

Таблица 1.6

Характеристики источников света

Тип источника света	Световая отдача, лм/Вт	Срок службы, ч	Мощность, Вт
Лампа накаливания	До 10	До 2000	10–1000
Люминесцентная лампа	60–95	12000–15000	4–80
Компактная люминесцентная лампа	30–75	До 12 000	5–80
Металлогалогенная лампа	90–100	6000–10000	35–2000
Дуговая натриевая трубчатая лампа	70–130	6000–20000	50–1000
Светодиод	270	100000	0,1–10

Примечание. Мощности светодиодных сборок могут быть любыми в зависимости от конкретной ситуации.

Однако существует объективный фактор, сдерживающий дальнейшее увеличение световой отдачи светодиодов, – их локальный перегрев, возникающий тогда, когда выделяемое кристаллом тепло (~ 70–80 % от потребляемой им энергии) недостаточно эффективно отводится в окружающую среду. Локальные перегревы могут стать причиной пожара внутренних элементов светодиодов, деградации,

термического разрушения кристаллов, потери светового потока и снижения их сроков службы. Например, за первые 5000 ч работы светодиод теряет 2–3 % светового потока. Считается, что светодиод непригоден для использования, когда он потерял 25–30 % своего светового потока. Он может работать и 50 тыс. ч, и 100 тыс. ч, но для зрительной работы важно, какой световой поток светодиод будет обеспечивать на рабочем месте.

В соответствии с требованиями к осветительным устройствам и электрическим лампам, утвержденными Постановлением Правительства Российской Федерации № 602 от 20 июля 2011 г., спад светового потока в отношении светодиодных ламп должен быть менее 30 % за 25000 ч эксплуатации.

Осветительный прибор состоит из источника света, светильника, оптического устройства, перераспределяющего световой поток в пространстве (отражатель, рассеиватель, преломлятель), устройства коммутации и стабилизации электрического тока, крепления источников света.

Светильники перераспределяют световой поток ламп, исключают вредное слепящее действие на органы зрения работника, а также предохраняют лампы от возможных повреждений, воздействия влаги, вредных веществ и др. В пожароопасных помещениях светильники препятствуют возникновению пожара, который может произойти из-за искрения в контактах патрона лампы или короткого замыкания в проводах, вводимых в патрон. Светильники характеризуются:

- мощностью источника света, напряжением питающей сети;
- коэффициентом полезного действия (КПД) η , равным отношению полезного светового потока прибора к световому потоку источника света. Значения КПД светильников общего освещения, кроме светильников со светодиодами, должны быть для производственных зданий от 60 до 80 %, для общественных зданий – от 50 до 70 %;

- защитным углом γ_3 (рис. 1.19), который определяют измерением параметров h и l на образце светильника (h – минимальная высота светящего тела источника света над горизонталью, проходящей через край выходного отверстия светильника или экранирующей решетки, мм; l – максимальное расстояние по горизонтали от основания высоты h до края выходного отверстия светильника или расстояние между соседними экранирующими элементами решетки, мм).

Защитный угол светильника используют, например, для определения высоты подвеса светильника. Соответствующей высотой подвеса ограничивают ослепленность от светильников. Чем больше защитный угол, тем лучше защитное действие светильника. Защитный угол светильников общего освещения производственных зданий в нижней полусфере не менее 15° ;

- кривой силы света, дающей зависимость силы света от углов, ориентирующих направление в некоторой плоскости. В соответствии с ГОСТ Р 54350-2011 установлено семь типовых кривых силы света (рис. 1.19): концентрированная (К), глубокая (Г), косинусная (Д), полуширокая (Л), широкая (Ш), равномерная (М), синусная (С). Зона направлений максимальной силы света в зависимости от типа кривой составляет, град.: для К – 0–15; Г – 0–30; Д – 0–35; Л – 35–55; Ш – 55–85; М – 0–180; С – 70–90.

Кривые силы света приведены для светильников и с условной лампой, световой поток которой принимается равным 1000 лм. Значения силы света на графиках (рис. 1.20) приведены в относительных единицах – кд/кЛм (кандела на килолюмен). Такой подход позволяет более объективно оценивать характеристики светильника вне зависимости от того, какой конкретно лампой он будет укомплектован. В разных случаях одни и те же светильники могут эксплуатироваться с разными лампами, однако использование кривых силы света позволяет определить необходимые для светотехнических расчетов параметры, если известны значения световых потоков используемых ламп. То есть для того, чтобы понять, каким будет реальное значение силы света в том или ином направлении, необходимо произвести перерасчет по формуле

$$I = I_{1000} \cdot F/1000, \text{ кд},$$

где I – фактическое значение силы света в определенном направлении данного светового прибора при работе с конкретной лампой (или лампами), кд; I_{1000} – сила света в определенном направлении данного светового прибора, указанном на графике кривой силы света, т.е. сила света при работе с условной лампой, кд/кЛм; F – световой поток установленной в световой прибор лампы (или суммарный световой поток всех установленных в световом приборе ламп), лм.

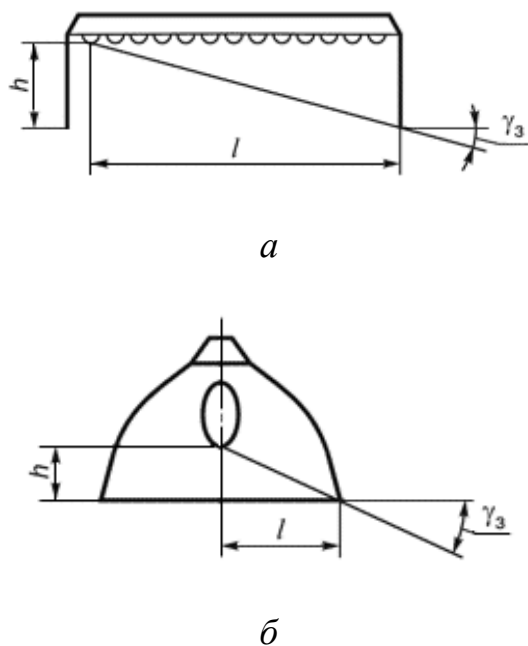


Рис. 1.19. Защитный угол для светильников:

a – со светодиодами; *б* – с люминесцентными лампами без решетки

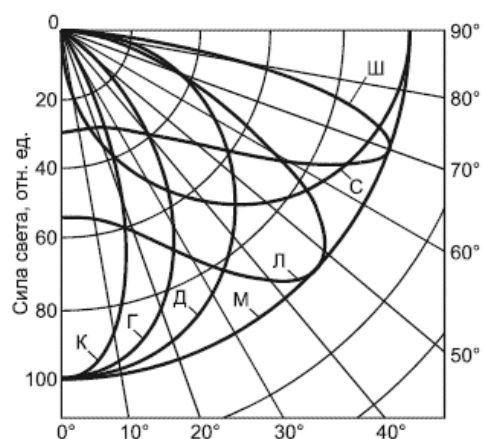


Рис. 1.20. Типы кривых силы света

По характеру светораспределения светильники разделены на классы в зависимости от того, какая доля всего потока светильника составляет поток нижней полусферы. Светильники относятся к классу:

- прямого света (П), излучающие в нижнюю полусферу более 80 % всего светового потока;
- преимущественно прямого света (Н), излучающие в нижнюю полусферу от 60 до 80 % всего светового потока;
- рассеянного света (Р), излучающие в нижнюю полусферу от 40 до 60 % всего светового потока;
- преимущественно отраженного света (В), излучающие в нижнюю полусферу от 20 до 40 % всего светового потока;
- отраженного света (О), излучающие в верхнюю полусферу не менее 80 % всего светового потока.

Светильники прямого света используют в помещениях с темными, плохо отражающими свет потолками и стенами и в помещениях, где выделяется много пыли, дыма, копоти и испарений.

Светильники преимущественно прямого света устанавливают в помещениях, где стены и потолок хорошо отражают свет. Эти светильники дают легкие тени.

Светильники рассеянного света применяют тогда, когда необходимо осветить как нижнюю, так и верхнюю часть помещения; их используют в помещениях со светлыми потолками и стенами.

Светильники преимущественно отраженного света применяют, если по характеру работы нежелательны даже незначительные тени (например, конструкторские бюро).

Светильники отраженного света используют тогда, когда необходимо осветить преимущественно верхнюю часть помещения.

Для защиты от слепящего действия у светильников с рассеянным отражением поверхность покрывают белой фарфоровой эмалью. Для создания рассеивающего света используют светильники из матового, молочного или опалового стекла и др.

Светильники классифицируют по степени защиты от пыли, воды и взрыва, которую обозначают двумя цифрами: первая – от пыли, вторая – от воды.

Каждому светильнику присваивается шифр (условное обозначение), структура которого такова:

1 – буква, обозначающая источник света (Б – бактерицидные лампы, И – кварцевые галогенные лампы накаливания, Л – прямые трубчатые люминесцентные лампы, Н – лампы накаливания общего назначения, Р – ртутные лампы типа ДРЛ, Г – ртутные лампы типа ДРИ, Ж – натриевые лампы, К – ксеноновые трубчатые лампы, Ф – фигурные люминесцентные лампы и т.д.);

2 – буква, обозначающая способ установки светильника (Б – настенный, В – встраиваемый, К – консольный, Р – ручной сетевой, С – подвесной, П – потолочный, Т – напольный и венчающий, Ф – ручной аккумуляторный и т.д.);

3 – буква, обозначающая основное назначение светильника (Б – для жилых, бытовых помещений, О – для общественных зданий, П – для промышленных предприятий, Р – для рудников и шахт, У – для наружного освещения);

4 – двухзначное число (01–99), обозначающее номер серии;

5 – число, обозначающее количество ламп в светильнике (для одноламповых светильников число 1 и знак «х» не ставят, а мощность указывают непосредственно после тире);

6 – число, обозначающее мощность ламп в Вт;

7 – трехзначное число (000–999), обозначающее номер модификации;

8 – буква и число, обозначающие климатическое исполнение и категорию размещения светильника (У – для регионов с умеренным климатом, Т – для регионов с тропическим климатом и т.д.; 1-я категория – на открытом воздухе, 2-я категория – под навесом и другими полуоткрытыми сооружениями, 3-я категория – в закрытых неотапливаемых помещениях, 4-я категория – в закрытых отапливаемых помещениях).

Например, условное обозначение светильника ЛПО-50 2x40-010-У1 расшифровывается так: потолочный (П) светильник для общественных (О) зданий, предназначенный для двух линейных люминесцентных ламп мощностью 40 Вт (2x40), номер серии – 50, модификация – 010; предназначен для эксплуатации на открытом воздухе (1) в регионах с умеренным климатом (У).

Наряду с условным обозначением светильники имеют и условные наименования (собственные имена), например: «Люцетта», «Астра», «Универсаль» и др.

Например, светильник «Стандарт» – номер серии 1, «Вектор» – 2, «Гранд» – 3, «Ладья» – 4, «Стрела» – 5, «Флагман» – 6, «Солярис» – 10 и др.

Маркировка светодиодных светильников не унифицирована и различна у разных производителей. Например, для выпускаемых под маркой под Антарес маркировка включает:

- АСС – Антарес светодиодный светильник;
- тип светильника (П – промышленный, КП – круглый промышленный, уличный, ПР – прожектор, КПР – круглый прожектор, ПБ – промышленно-бытовой, ПО – подвесной офисный, ВО – встраиваемый офисный);
- световой поток, лм;
- тип кривой силы света;
- угол распределения света;
- цветовая температура излучения (N – нормальный белый свет – 4000 К, С – холодно-белый свет – 6500 К, Д – дневной белый свет – 5000 К).

Например, условное обозначение светодиодного светильника АСС-20ПО расшифровывается так: Антарес светодиодный светильник, световой поток – 20 лм, подвесной офисный.

Каждый вид светильника имеет свое обозначение на планах (рис. 1.21).

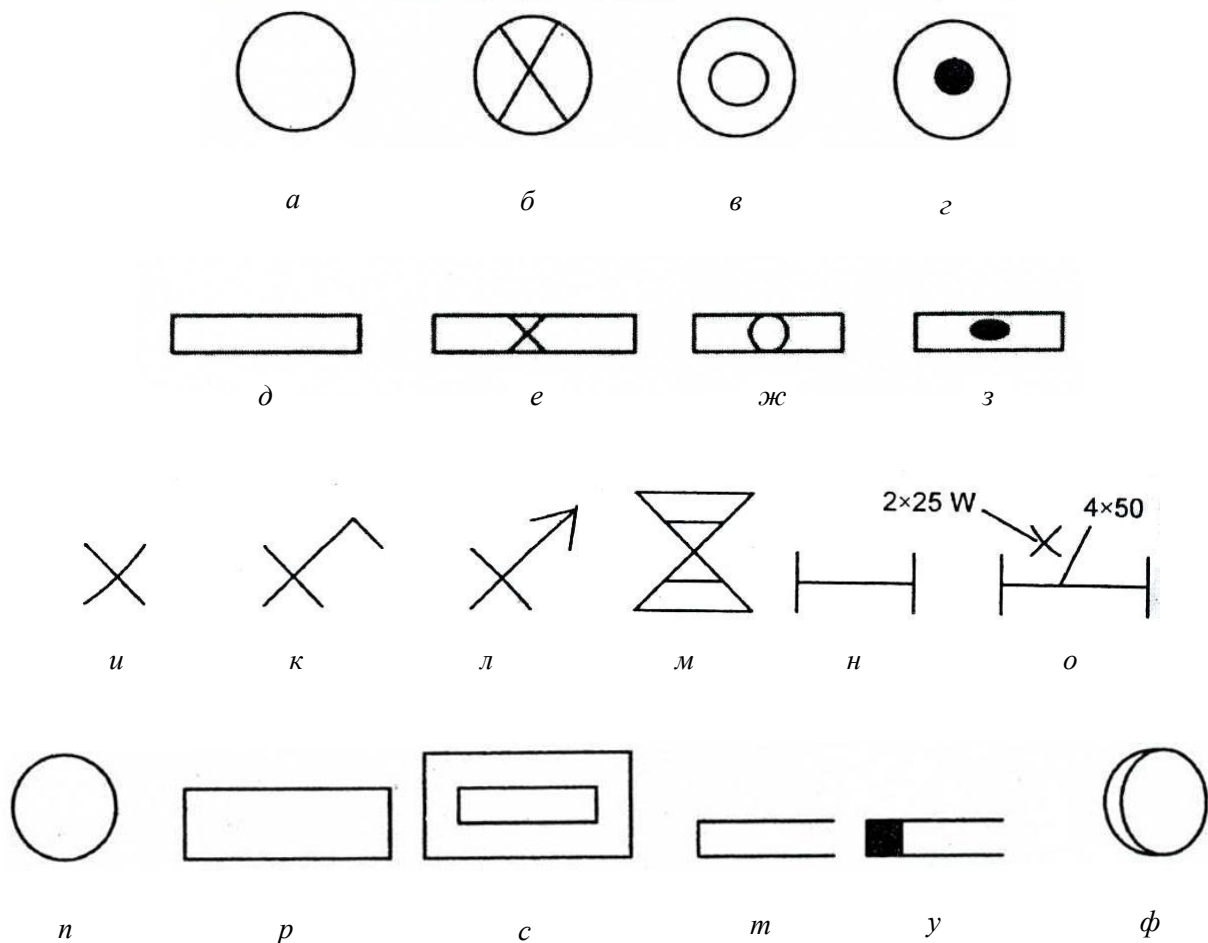


Рис. 1.21. Обозначение светильников на планах:

а – потолочный с лампами накаливания; *б* – подвесной с лампами накаливания; *в* – настенный с лампами накаливания; *г* – встроенный с лампами накаливания; *д* – потолочный с люминесцентными лампами; *е* – подвесной с люминесцентными лампами; *ж* – настенный с люминесцентными лампами; *з* – встроенный с люминесцентными лампами; *и* – светильник с лампами накаливания; *к* – светильник с лампами накаливания и однополюсным выключателем; *л* – светильник с лампами накаливания и регулированием напряжения; *м* – светильник с лампами накаливания для аварийного освещения; *н* – светильник с люминесцентными лампами; *о* – комбинированный светильник с двумя лампами накаливания по 25 Вт ($2 \times 25 \text{ W}$) и четырьмя люминесцентными лампами по 80 Вт ($4 \times 80 \text{ W}$); *п* – светильник с лампами накаливания (при необходимости одновременного изображения на плане и проводок); *р* – светильник с люминесцентными лампами (при необходимости одновременного изображения на плане и проводок); *с* – светильник с люминесцентными лампами с пусковым устройством вне светильника; *т* – светильники, установленные в линию; *у* – целевой светильник (световод); *ф* – лампа ДРЛ (прежнее обозначение)

Выбор светильника производят с учетом условий окружающей среды, электрических характеристик (напряжение, мощность, род и

сила тока), светотехнических параметров (световой поток, сила света и др.), конструктивных параметров (диаметр колбы, полная длина лампы), стабильности светового потока, электробезопасности, экономической целесообразности (стоимость и световая отдача источника света).

Производственное искусственное освещение характеризуется количественными (световой поток, сила света, яркость, освещенность) и качественными (фон, контраст объекта с фоном, показатели ослепленности, дискомфорта, коэффициент пульсации и др.) показателями.

Фон – это поверхность, прилегающая непосредственно к объекту различения, на которой он рассматривается, и может быть в зависимости от отражения поверхности: светлым (при коэффициенте отражения поверхности более 0,4); средним (при коэффициенте отражения поверхности от 0,2 до 0,4) и темным (при коэффициенте отражения поверхности менее 0,2).

Контраст объекта различения с фоном K определяется отношением абсолютной величины разности между яркостью объекта и фона к яркости фона. Контраст объекта различения с фоном может быть большим (объект и фон резко различаются по яркости, значение K более 5), средним (объект и фон заметно различаются по яркости, при значении K от 0,2 до 0,5), малым (объект и фон мало различаются по яркости, значение K менее 0,2).

Коэффициент пульсации освещенности – критерий оценки относительной глубины колебаний освещенности в результате изменения во времени светового потока газоразрядных ламп при питании их переменным током

$$K_{\text{П}} = (E_{\text{МАХ}} - E_{\text{МИН}}) \cdot 100 \% / (2E_{\text{СР}}),$$

где $E_{\text{МАХ}}$ и $E_{\text{МИН}}$ – максимальное и минимальное значения освещенности за период ее колебания, лк; $E_{\text{СР}}$ – среднее значение освещенности за этот же период, лк.

Пульсация во времени, возникающая при освещении газоразрядными источниками света, вызывает зрительное утомление и снижает производительность труда.

Показатель ослепленности P – это критерий оценки слепящего действия из-за наличия в поле зрения объектов большой яркости

$$P = (S - 1) \cdot 1000,$$

где S – коэффициент ослепленности

$$S = U_1/U_2,$$

где U_1 – видимость объекта при экранировании блеских источников света; U_2 – видимость объекта при наличии блеских источников света в поле зрения.

Показатель ослепленности отмечается неприятным, дискомфортным ощущением зрительного восприятия объектов, нервно-психическими расстройствами, головными болями, ошибочными действиями и др.

Показатель дискомфорта M – характеристика качества освещения, определяющая степень дополнительной напряженности работы органов зрения, вызванной наличием резкой разницы яркостей одновременно видимых поверхностей в освещенном помещении

$$M = L_C \cdot \omega^{0,5} / (L_{АД} \cdot \omega_\theta^{0,5}),$$

где L_C – яркость блеского источника, кд/м²; ω – угловой размер блеского источника, ср; ω_θ – индекс позиции блеского источника относительно линии зрения; $L_{АД}$ – яркость адаптации, кд/м².

Количественные и качественные параметры искусственного освещения регламентирует СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение». Причем действуют две системы нормирования: первая система устанавливает нормируемую освещенность E_H как функцию признаков, характеризующих зрительный процесс, без указания конкретной работы – по точности зрительных работ и размеру объекта различения (табл. 1.7), а вторая система учитывает особенности при производстве работ.

Таблица 1.7

Требования к освещению промышленных предприятий

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Зрительная работа		Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение					Естественное освещение		Совмещенное освещение		
		Разряд	Подразряд			Освещенность, лк, при системе освещения		Р, не более	Кп, %, не более	КЕО е _н , %, при освещении					
						комбинированного				общего	верх- нем или ком- бини- рован- ном	боко- вом	верх- нем или ком- бини- рован- ном	боко- вом	
						всего	в том числе от общего								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Наивысшей точности	Менее 0,15	I	а	Малый	Темный	5000	500	–	20	10	–	–	6,0	2,0	
						4500	500	–	10	10					
						б	Малый	Средний	4000	400	1250	20	10		
							Средний	Темный	3500	400	1000	10	10		
						в	Малый	Светлый	2500	300	750	20	10		
							Большой	Темный	2000	200	600	10	10		
						г	Средний	Светлый	1500	200	400	20	10		
Очень высокой точности	От 0,15 до 0,30	II	а	Малый	Темный	4000	400	–	20	10	–	–	4,2	1,5	
						3500	400	–	10	10					
						б	Малый	Средний	3000	300	750	20	10		
							Средний	Темный	2500	300	600	10	10		
						в	Малый	Светлый	2000	200	500	20	10		
							Большой	Темный	1500		200	400	10	10	

Продолжение табл. 1.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
Очень высокой точности	От 0,15 до 0,30	II	г	Средний	Светлый	1000	200	300	20	10						
				Большой	Средний	750	200	200	10	10						
Высокой точности	От 0,30 до 0,50	III	а	Малый	Темный	2000	200	500	40	15	–	–	3,0	1,2		
						1500	200	400	20	15						
					б	Малый	Средний	1000	200	300	40	15				
						Средний	Темный	750	200	200	20	15				
					в	Малый	Светлый	750	200	300	40	15				
						Большой	Темный	600	200	200	20	15				
Средней точности	Свыше 0,5 до 1,0	IV	а	Малый	Темный	750	200	300	40	20	4,0	1,5	2,4	0,9		
					б	Малый	Средний	500	200	200	40	20				
					в	Средний	Средний	400	200	200	40	20				
					г	Большой	Светлый	–	–	200	40	20				
Малой точности	Свыше 1 до 5	V	а	Малый	Темный	400	200	300	40	20	3,0	1,0	1,8	0,6		
					б	Малый	Средний	–	–	200	40	20				
					в	Средний	Средний	–	–	200	40	20				
					г	Большой	Светлый	–	–	200	40	20				
Грубая (очень малой точности)	Более 5	VI		Независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном		–	–	200	40	20	3,0	1,0	1,8	0,6		
Работа со светящимися материалами и изделиями в горячих цехах	Более 0,5	VII		То же		–	–	200	40	20	3,0	1,0	1,8	0,6		

Окончание табл. 1.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Общее наблюдение за ходом производственного процесса:		VIII		Независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном										
постоянное			а			–	–	200	40	20	3,0	1,0	1,8	0,6
периодическое при постоянном пребывании людей в помещении			б	Независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном	–	–	75	–	–	1,0	0,3	0,7	0,2	
то же, при периодическом			в		–	–	50	–	–	0,7	0,2	0,5	0,2	
общее наблюдение за инженерными коммуникациями		г	–		–	20	–	–	0,3	0,1	0,2	0,1		

Примечания: 1. Для подразряда норм от Ia до IIIв может приниматься один из наборов нормируемых показателей, приведенных для данного подразряда в гр. 7–11. 2. Освещенность при работах со светящимися объектами размером 0,5 мм и менее следует выбирать в соответствии с размером объекта различения и относить их к подразряду «в». 3. Показатель ослепленности регламентируется в гр. 10 только для общего освещения (при любой системе освещения). 4. Коэффициент пульсации $K_{П}$ указан в гр. 10 для системы общего освещения или для светильников местного освещения при системе комбинированного освещения. $K_{П}$ от общего освещения в системе комбинированного не должен превышать 20 %. 5. Предусматривать систему общего освещения для разрядов I-III, IVа, IVб, IVв, Va допускается только при технической невозможности или экономической нецелесообразности применения системы комбинированного освещения, что конкретизируется в отраслевых нормах освещения, согласованных с Роспотребнадзором. 6. В помещениях, специально предназначенных для работы или производственного обучения подростков, нормированное значение КЕО повышается на один разряд по гр. 3 и должно быть не менее 1,0 %.

Нормативные значения для коэффициента пульсации $K_{\text{П}}$ освещенности и показателя ослепленности P принимают по отраслевым (ведомственным) нормам искусственного освещения. Если в отраслевых (ведомственных) нормах нормативные значения $K_{\text{П}}$ и P не указаны, то их величины принимают по табл. 1.8–1.9 в соответствии с разрядами, подразрядами зрительных работ и типами источников света.

Таблица 1.8

**Нормируемые значения коэффициента пульсации $K_{\text{П}}$
для газоразрядных ламп, %**

Система освещения	Коэффициент пульсации $K_{\text{П}}$ при разрядах зрительных работ		
	I, II	III	IV–VIII
Общее освещение	10	15	20
Комбинированное освещение:			
общее	20	20	20
местное	10	15	20

Таблица 1.9

Нормативные значения показателя ослепленности P

Разряд зрительной работы	Показатель ослепленности P
I, II,	20
III, IV, V, VI, VII, VIIIa	40

Показатель ослепленности P для ограничения слепящего действия осветительных установок в условиях открытого пространства не должен превышать следующих значений:

- 800 – при норме освещенности 1–2 лк;
- 700 – при норме освещенности 3 лк;
- 500 – при норме освещенности 5 и 10 лк.

2. Порядок выполнения лабораторной работы

Лабораторная работа выполняется в три этапа и включает:

- 1) измерение освещенности, создаваемой различными источниками света, и определение коэффициента использования осветительной установки. Сравнение освещенности с нормируемыми значениями;

2) измерение и сравнение коэффициентов пульсаций $K_{П}$ освещенности, создаваемой различными источниками света;

3) исследование зависимости коэффициента пульсаций $K_{П}$ от способа подключения ламп к фазам трехфазной сети.

Лабораторная установка состоит из макета производственного помещения, оборудованного различными источниками искусственного освещения (рис. 1.22), и пульсметра-люксметра для измерения значений освещенности и коэффициента ее пульсаций $K_{П}$.



Рис. 1.22. Внешний вид лабораторной установки

Лабораторная установка имеет каркас из алюминиевого профиля, панелей, имитирующих пол, потолок, боковые, заднюю и переднюю стенки. Задняя и боковые стенки являются съемными и могут устанавливаться любой из двух сторон внутрь макета помещения, фиксируясь в проемах каркаса с помощью магнитных защелок. Одна сторона стенок окрашена в светлые тона, другая – в темные, при этом нижняя окрашенная половина стенки темнее верхней.

В передней нижней части каркаса предусмотрено окно для установки датчика пульсметра-люксметра внутрь каркаса. На уровне пола помещения размещен вентилятор для наблюдения стробоскопического эффекта. В верхней панели установлены две лампы накаливания, три люминесцентные лампы типа КЛ9, галогенная лампа и люминесцентная лампа типа СКЛЭН с высокочастотным преобразователем. Вертикальная проекция ламп отмечена на полу помещения цифрами, соответствующими номерам ламп на лицевой панели макета.

Подача электропитания на установку производится автоматическим выключателем, находящимся на задней панели каркаса, и индицируется сигнальной лампой, расположенной на передней панели каркаса. Электропитание ламп накаливания и люминесцентных ламп осуществляется от разных фаз. Схема позволяет включать отдельно каждую лампу с помощью соответствующих переключателей, расположенных на передней панели (рис. 1.23).

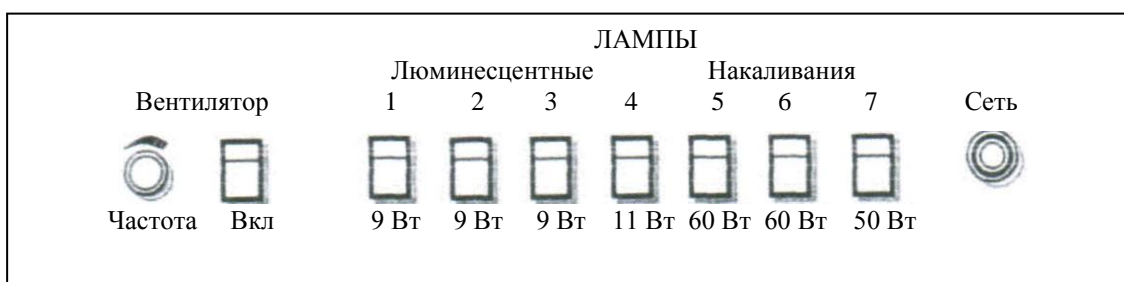


Рис. 1.23. Лицевая панель макета и цифры, соответствующие номерам ламп

При выполнении лабораторной работы используется пульсметр-люксметр типа ТКА-ПКМ-08 (рис. 1.24), предназначенный для измерения освещенности в диапазоне от 10 до 200000 лк и коэффициента пульсации $K_{П}$ в диапазоне от 0 до 100 %.



Рис. 1.24. Пульсметр-люксметр типа ТКА-ПКМ-08

Конструктивно пульсметр-люксметр типа ТКА-ПКМ-08 состоит из двух функциональных блоков: электронно-оптического и блока обработки сигналов, связанных между собой гибким многожильным кабелем. На лицевой стороне блока обработки сигналов расположены следующие органы управления и индикации:

- цифровой индикатор (две строки: первая – освещенность E , лк, вторая – коэффициент пульсации $K_{П}$, %);
- кнопки питания «Вкл», «Выкл»;
- кнопка управления «HOLD»;
- кнопка «Подсветка»;
- разъем.

Фотоприемный элемент с корректирующими фильтрами, формирующими спектральные характеристики, располагаются в измерительной головке в верхней части электронно-оптического блока.

После включения прибора кнопкой «Вкл» необходимо дождаться появления на дисплее надписи «Затемните датчик и нажмите HOLD». Накройте датчик рукой и нажмите кнопку «HOLD». При этом осуществляется автоматическая калибровка нулевых показаний прибора. Дождитесь появления на экране дисплея нулевых показаний, и прибор готов к работе.

Если во время работы появится надпись «Замените батарейку», информирующая о недостаточной емкости батареи питания, то необходимо произвести замену элемента питания.

Для определения коэффициента использования η осветительной установки установите на стенки макета производственного помещения наклейки темного цвета, включите лабораторную установку с помощью автомата защиты, находящегося на задней стенке.

Включите лампы (выбор типа ламп производит преподаватель), произведите измерение освещенности с помощью пульсметра-люксметра типа ТКА-ПКМ-08 не менее чем в пяти точках макета производственного помещения (в центре и углах пола) и определите среднее значение освещенности $E_{СРН}$. Уберите наклейки, произведите измерение освещенности с помощью пульсметра-люксметра не менее чем в пяти точках макета производственного помещения (в центре и углах пола) и определите среднее значение освещенности $E_{СР}$. Сравните полученные значения освещенности $E_{СРН}$ и $E_{СР}$ с нормируемыми значениями (см. табл. 1.7). Разряд зрительных работ по точности примите по указанию преподавателя.

По результатам измерений освещенности для варианта с темной и светлой окраской панелей вычислите значение фактического светового потока $F_{ФАКТ}$ (лм) по формуле

$$F_{ФАКТ} = E_{СР} \cdot S,$$

где S – площадь пола макета производственного помещения S (принять $S = 0,42 \text{ м}^2$).

Вычислите коэффициент использования осветительной установки η для варианта с темной и светлой окраской стен

$$\eta = F_{\text{ФАКТ}}/F_{\text{ЛАМП}},$$

где $F_{\text{ЛАМП}}$ – суммарный световой поток ламп (выбрать по табл. 1.10 по номинальной мощности для каждого типа ламп).

Таблица 1.10

Номинальная мощность и световой поток ламп

Тип ламп	Номинальная мощность, Вт	Номинальный световой поток, лм
Лампа накаливания	60	730
Лампа накаливания криптоновая	60	800
Лампа люминесцентная КЛ9	9	600
Лампа люминесцентная СКЛЭН	11	700
Лампа галогенная	50	850

Повторите измерения для другого типа ламп, заполните табл. 1.11 и сравните значения коэффициента использования осветительной установки η для варианта с темной и светлой окраской стен.

Таблица 1.11

Определение коэффициента использования η осветительной установки

№ п/п	Первый тип ламп при окраске стен		Второй тип ламп при окраске стен	
	светлой	темной	светлой	темной
1				
2				
3				
4				
5				

Для определения коэффициента пульсации светового потока $K_{\text{П}}$ с помощью пульсметра-люксметра последовательно проведите замеры $K_{\text{П}}$ для всех типов ламп на лабораторной установке. Результаты занесите в табл. 1.12.

Коэффициенты пульсации светового потока K_{Π}

Количество включаемых ламп по фазам	Коэффициент пульсации светового потока K_{Π} , %	
	галогенная лампа	люминесцентная лампа
1		
2		
3		

Сравните между собой коэффициенты пульсации светового потока K_{Π} при включении различных типов ламп и выберите наибольшее значение. Включите вентилятор и люминесцентную лампу КЛ9 в центре лабораторной установки.

Вращая ручку «Частота», т. е. изменяя скорость вращения лопастей вентилятора, добейтесь возникновения иллюзии неподвижности или обратного вращения. При одновременном включении трех ламп убедитесь в уменьшении стробоскопического эффекта.

Контрольные вопросы и задания

1. Расскажите о значении искусственного освещения в жизнедеятельности человека.
2. Назовите виды искусственного освещения по конструктивному оформлению.
3. Перечислите количественные и качественные параметры, характеризующие искусственное освещение.
4. Приведите характеристику рабочего, аварийного, эвакуационного и охранного освещения.
5. От каких факторов зависит выбор источника света и светильника в помещении?
6. Дайте определение понятиям: световой поток, сила света, освещенность, яркость.
7. Сравните характеристики ламп накаливания, газоразрядных и светодиодных ламп.
8. Разъясните термины: объект различения, фон, контраст объекта с фоном и характеристика зрительной работы.
9. Каковы причины пульсации светового потока и стробоскопического эффекта?

10. Перечислите приборы и расскажите о методике измерения количественных и качественных характеристик систем освещения.

11. Какие показатели учитывают при нормировании освещенности на рабочем месте?

12. Назовите основные требования, предъявляемые к системам искусственного освещения.

Лабораторная работа № 4 **«Исследование естественного освещения»**

1. Краткие теоретические сведения

Естественный солнечный свет является главным источником жизни. Однако для человека естественный солнечный свет имеет еще и значительный эффект, связанный не только с качеством зрения, но также и с визуальным чувством простора и свежего воздуха, натуральным цветом предметов, регулированием биологических ритмов. Длительное пребывание без естественного света является главной причиной некоторых видов депрессивных состояний.

Естественное освещение характерно для светлого времени суток, оно обладает благоприятным для зрения человека спектральным составом.

По конструктивному оформлению естественное освещение бывает:

- одностороннее боковое;
- двустороннее боковое;
- верхнее;
- комбинированное, т. е. сочетание верхнего и бокового освещения.

Выбор системы освещения – верхнего, бокового или комбинированного определяют в зависимости от назначения помещения.

Верхнее и комбинированное естественное освещение применяют преимущественно в производственных одноэтажных многопролетных зданиях (три пролета и более).

Боковое естественное освещение используют в многоэтажных производственных зданиях, а также в производственных зданиях, в которых отношение глубины помещений к высоте окон над условной рабочей поверхностью не превышает 8.

Для устройства верхнего естественного освещения помещений зданий применяют зенитные, светоаэрационные, шахтные фонари и шеды.

Зенитные фонари рекомендуется применять в помещениях общественных зданий, а также в помещениях производственных зданий с сухим и нормальным температурно-влажностным режимом и избытками явного тепла, не превышающими 23 Вт/м^2 .

Зенитные фонари (рис. 1.25) классифицируют по следующим основным признакам:

- материал и вид элементов светопропускающего заполнения (листовое стекло, стеклопакеты, купола и панели из полимерных материалов);

- форма поверхности элементов светопропускающего заполнения (односкатные, двухскатные, пирамидальные, криволинейные);

- конструктивные решения (глухие, открывающиеся).

Опорные контуры зенитных фонарей должны возвышаться над кровлей не менее чем на 300 мм. Угол наклона к горизонту α светопропускающего заполнения зенитных фонарей должен составлять не менее 12° . Грани опорных контуров фонарей могут выполняться наклонными с углом наклона граней к вертикали не более 30° .

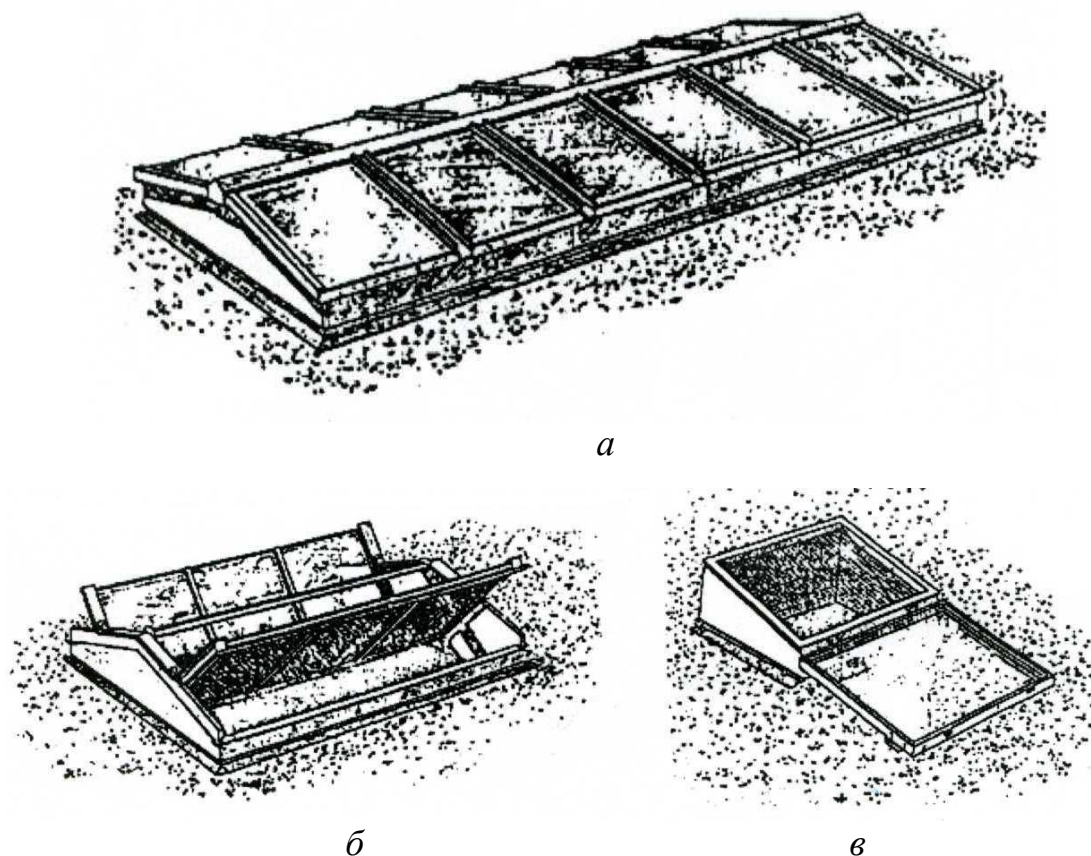


Рис. 1.25. Зенитные фонари со светопропускающими элементами из стеклопакетов:

*а – двухскатный глухой; б – двухскатный открывающийся;
в – односкатный открывающийся*

Общая площадь световых проемов зенитных фонарей, как правило, не должна превышать 15 % площади пола. В случае, если при этом не достигается средний требуемый уровень естественного освещения в помещении, предусматривают совмещенное освещение. Размеры световых проемов зенитных фонарей выбирают с учетом высоты помещений. Например, для помещений высотой до 6 м применяют зенитные фонари с площадью световых проемов до 3 м².

Для устройства естественного освещения помещений производственных зданий с избытками явного тепла от 23 до 50 Вт/м², к которым не предъявляются специальные требования к чистоте воздуха, применяют прямоугольные одноярусные **светоаэрационные фонари** (рис. 1.26), располагаемые по оси пролетов здания. Длина фонарей не должна превышать 120 м, а расстояние между торцами фонарей, а также от торца фонаря до наружной стены – не менее 6 м. С внутренней стороны остекления светоаэрационных фонарей устанавливают защитную металлическую сетку с размерами ячеек не более 50×50 мм из оцинкованной проволоки диаметром 2 мм. Сетку располагают вертикально вдоль внутренней стороны несущих стоек фонаря на высоту не менее 1/3 высоты светового проема.

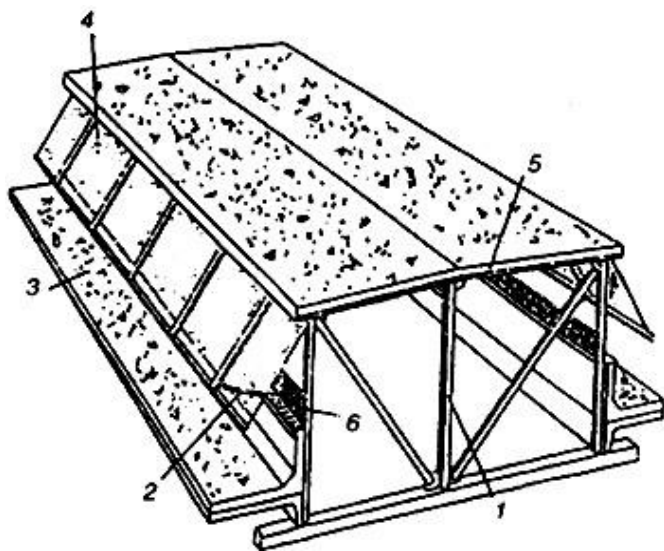


Рис. 1.26. Одноярусный
светоаэрационный фонарь:

1 – несущие элементы; 2 – механизм открывания;
3 – рамочный створный элемент; 4 – светопропускающее
заполнение; 5 – покрытие; 6 – защитная сетка

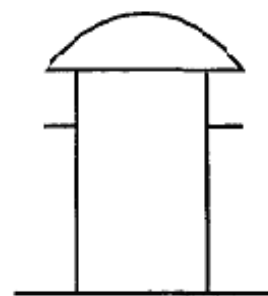


Рис. 1.27. Шахтный
фонарь

В местах перепада высот в производственных зданиях с большой площадью используют *шахтные фонари* (рис. 1.27), *шеды* (выступающая застекленная с одной стороны часть покрытия здания в виде пространственной складки треугольного или близкого к нему поперечного сечения). Выполняют в виде трапециевидного фонаря (рис. 1.28, *а*), шеда, имеющего наклонное остекление (рис. 1.28, *б*), прямоугольного фонаря (рис. 1.28, *в*) и шеда, имеющего вертикальное остекление (рис. 1.28, *г*).

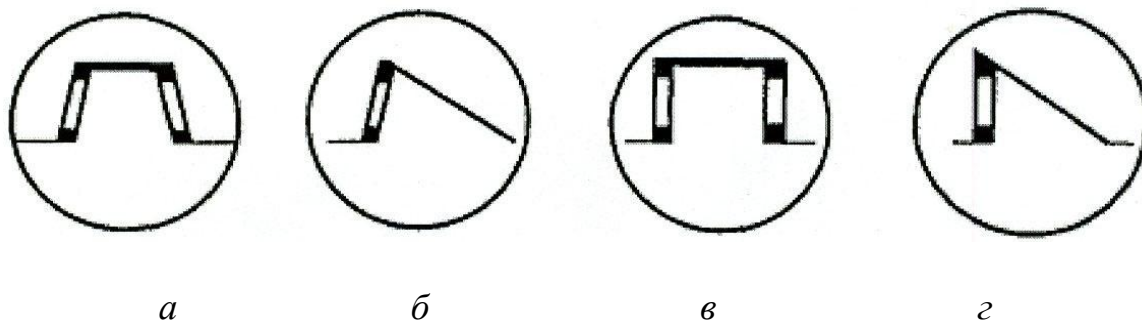


Рис. 1.28. Шед:

а – в виде трапециевидного фонаря; *б* – имеющий наклонное остекление; *в* – в виде прямоугольного фонаря; *г* – имеющий вертикальное остекление

Все методы оценки естественного освещения делятся на две группы: светотехнические и геометрические.

К светотехническим методам относится определение коэффициента естественной освещенности (КЕО), выраженного в процентах, – отношения освещенности на данной горизонтальной поверхности внутри помещения E_B к единовременной освещенности рассеянным светом E_0

$$КЕО = (E_B \cdot 100) / E_0.$$

Гигиенические требования к нормируемой величине КЕО регламентирует СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение» в зависимости от пояса светового климата (табл. 1.13), времени года и суток, наличия затенения противостоящими зданиями, количества оконных проемов, их конструкции, конфигурации, размещения на светонесущей стене, характера и чистоты оконного стекла, окраски потолка и стен.

Пояса светового климата

Пояс светового климата	Административный район Российской Федерации по ресурсам светового климата
1	Мурманская область, Архангельская область (севернее 64° с.ш.), Республика Карелия, Ямало-Ненецкий автономный округ (севернее 68° с.ш.), Таймырский автономный округ (севернее 73° с.ш.), Чукотский автономный округ (севернее 67° с.ш.)
2	Псковская, Новгородская, Калининская, Ленинградская, Костромская, Вологодская, Архангельская области (южнее 64° с.ш.)
3	Смоленская, Брянская, Калужская, Московская, Орловская, Тульская, Курская, Липецкая, Воронежская, Рязанская, Владимирская, Ивановская и Горьковская области, Республика Марий Эл, Республика Мордовия, Удмуртская Республика, Республика Татарстан, Республика Башкортостан, Республика Саха-Якутия (южнее 63° с.ш.), Пензенская, Тамбовская, Кировская, Ульяновская, Куйбышевская, Саратовская, Пермская, Свердловская, Челябинская, Оренбургская, Тюменская, Курганская, Омская, Новосибирская, Кемеровская, Иркутская, Томская области, Красноярский край (южнее 63° с.ш.), Хабаровский край (севернее 55° с.ш.), Камчатская область
4	Белгородская, Ростовская, Волгоградская, Амурская, Астраханская, Читинская, Сахалинская области. Республика Калмыкия, Алтайский край, Республика Тыва, Республика Бурятия, Хабаровский край (южнее 55° с.ш.), Приморский край
5	Ставропольский, Краснодарский края, Кабардино-Балкарская Республика, Республика Дагестан, Республика Ингушетия, Республика Северная Осетия, Чеченская Республика

Нормируемую величину КЕО определяют по формуле

$$e_N^{1, 2, 4, 5} = e_N^3 \cdot m \cdot C,$$

где N – номер группы помещения по задачам зрительной работы (табл. 1.14); e_N^3 – нормируемое значение КЕО для помещений, расположенных в третьем поясе светового климата; m – коэффициент светового климата для производственных (табл. 1.15) и административных помещений (табл. 1,16); C – коэффициент солнечности климата

(табл. 1.17), учитывающий дополнительный световой поток, проникающий через световые проемы в помещение за счет прямого и отраженного солнечного света в течение года.

Таблица 1.14

Группа помещений по задачам зрительной работы

Группа помещений	Характеристика
I	Помещения, в которых производится различение объектов зрительной работы при фиксированном направлении линии зрения работающих на рабочую поверхность (производственные помещения, конструкторские бюро, лаборатории, аудитории, читальные залы и др.)
II	Помещения, в которых производится различение объектов при нефиксированной линии зрения и обзор окружающего пространства (надзор за работой технологического оборудования)
III	Помещения, в которых производится обзор окружающего пространства при очень кратковременном, эпизодическом различении объектов (комнаты отдыха, вестибюли, гардеробные и т.п.)
IV	Помещения, в которых происходит общая ориентировка в пространстве интерьера (проходы, коридоры, гардеробные производственных зданий, санузлы, закрытые стоянки автомобилей и т.п.)

После того как установлена нормируемая величина КЕО, переходят к определению его фактического значения $КЕО_{ФАКТ}$. В зависимости от функционального назначения помещений $КЕО_{ФАКТ}$ устанавливают либо для пола, либо для поверхности, на которой производится работа (рабочая поверхность), либо для условно-рабочей поверхности – горизонтальной плоскости, расположенной на высоте 0,8 м от пола.

В помещениях с боковым освещением (рис. 1.29) определяют минимальное значение в точках с наихудшей освещенностью, при боковом двустороннем освещении и симметричных светопроемах – в середине помещения.

В помещениях с верхним или комбинированным освещением рассчитывают среднее значение $e_{СР}$ ($КЕО_1, КЕО_2, КЕО_3, \dots, КЕО_n$ – значения КЕО в отдельных точках помещения, находящихся на равных расстояниях друг от друга (рис. 1.29); n – число точек, в которых

определяют КЕО (не менее 5)). При проведении подобных расчетов необходимо, чтобы первая и последняя точки располагались на расстоянии 1 м от поверхности стен.

Таблица 1.15

**Коэффициент светового климата m
для производственных помещений**

Пояс светового климата	Коэффициент светового климата m	Пояс светового климата	Коэффициент светового климата m
I	1,2	IV	0,9
II	1,1	V	0,8
III	1,0		

Таблица 1.16

**Коэффициент светового климата m
для административных помещений**

Световые проемы	Ориентация световых проемов по сторонам горизонта	Коэффициент светового климата m				
		Номер группы административных районов				
		1	2	3	4	5
В наружных стенах зданий	С	1	0,9	1,1	1,2	0,8
	СВ, СЗ	1	0,9	1,1	1,2	0,8
	З, В	1	0,9	1,1	1,1	0,8
	ЮВ, ЮЗ	1	0,85	1	1,1	0,8
	Ю	1	0,85	1	1,1	0,75
В зенитных фонарях	–	1	0,9	1,2	1,2	0,75

Примечание: С – северная ориентация; СВ – северо-восточная; СЗ – северо-западная; В – восточная; З – западная; Ю – южная; ЮВ – юго-восточная; ЮЗ – юго-западная ориентация.

Естественная освещенность считается хорошей, если при боковом освещении $e_{CP} \geq 80 e_H$, а при верхнем – $e_{CP} \geq 60 e_H$.

Неравномерность не должна быть менее 0,5 – для работ I и II разрядов зрительных работ по точности и 0,33 – для III и IV разрядов зрительных работ по точности.

Неравномерность естественного освещения производственных зданий с верхним или комбинированным освещением не должна превышать 3:1. Неравномерность естественного освещения не нормируется для помещений с боковым освещением, для производственных помещений, в которых выполняются работы VII и VIII разрядов.

После того как установлена нормируемая величина КЕО, можно рассчитать количество световых проемов и их суммарную площадь.

Для ориентировочной оценки естественного освещения помещений используют геометрические методы. Эти методы не учитывают многих факторов, влияющих на величину и продолжительность естественного освещения.

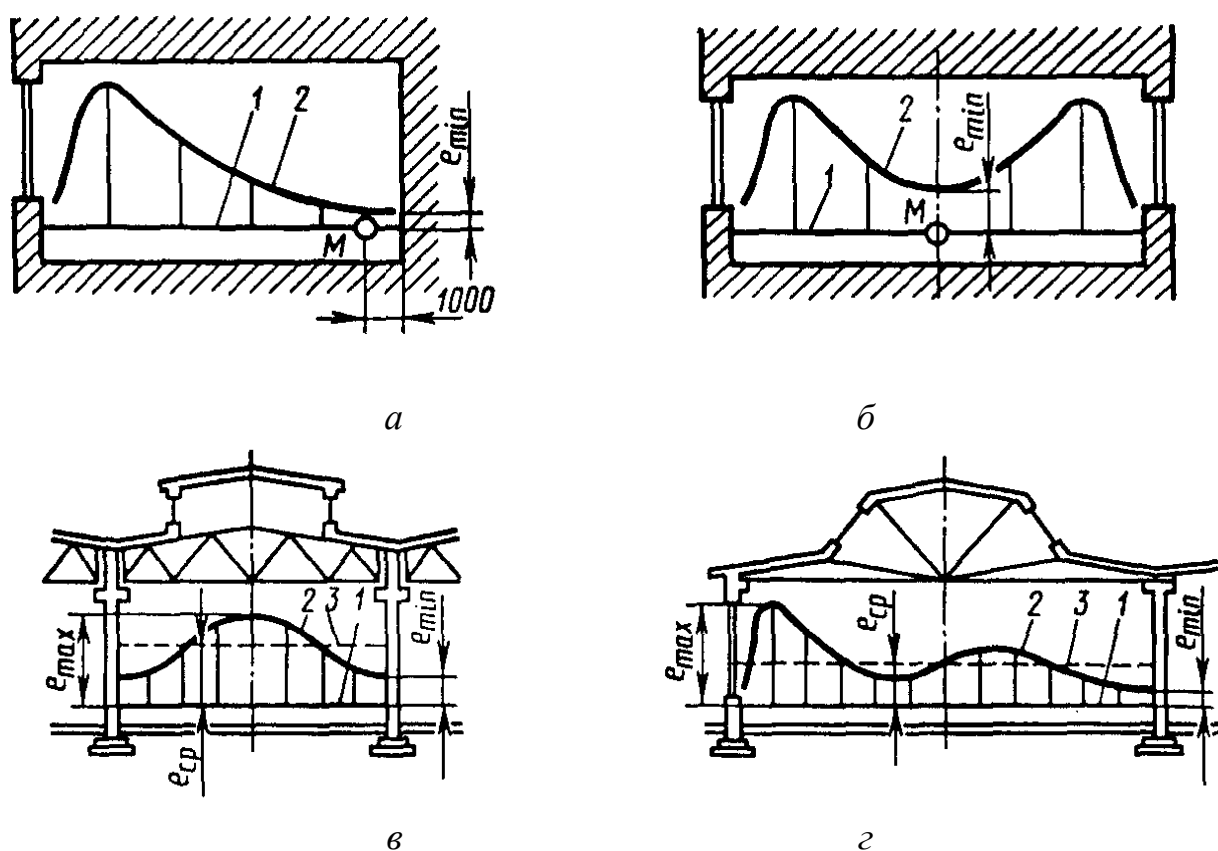


Рис. 1.29. Кривые распределения естественной освещенности:
 а – при одностороннем боковом освещении; б – двустороннем боковом;
 в – верхнем; г – комбинированном; 1 – уровень рабочей плоскости; 2 – кривая, характеризующая изменение освещенности в плоскости разреза помещения; 3 – уровень среднего значения КЕО; e_{cp} – при верхнем и комбинированном освещении; e_{min} , e_{max} – при боковом одно- и двустороннем освещении; М – точка минимальной освещенности при боковом одно- и двустороннем освещении

Таблица 1.17

Коэффициент солнечности климата С

Пояс светового климата	При световых проемах, ориентированных по сторонам горизонта (азимут)						в фонарях типа шед 316 – 45°	При зенитных фонарях
	в наружных стенах зданий			в прямоугольных и трапециевидных фонарях				
	136–225°	226–315° 46–135°	316–45°	69–113° 249–293°	24–68° 204–248° или 114–158° 294–338°	159–203° 339–23°		
I	0,9	0,95	1	1	1	1	1	1
II	0,85	0,9	1	0,95	1	1	1	1
IV:								
севернее 50° с.ш.	0,75	0,8	1	0,85	0,9	0,95	1	0,9
50° с.ш. и южнее	0,7	0,75	0,95	0,8	0,85	0,9	0,95	0,85
V:								
севернее 40° с.ш.	0,65	0,7	0,9	0,75	0,8	0,85	0,9	0,75
40° с.ш. и южнее	0,6	0,65	0,85	0,7	0,75	0,8	0,85	0,65

Так как наружная освещенность не постоянна и резко колеблется как по времени года, так и по часам суток, то ориентировочную оценку естественного освещения производят по световому коэффициенту.

Световым коэффициентом называется отношение суммарной площади окон в помещении к площади пола

$$C_K = f \cdot n / S_{\Pi},$$

где f – площадь одного оконного проема, m^2 ; n – количество оконных проемов, m^2 ; S_{Π} – площадь пола, m^2 .

Величину остекленной поверхности приводят к единице. Для этого числитель и знаменатель отношения делят на числитель. Если оконный блок имеет сложный рисунок, то для упрощения расчета светового коэффициента допускается уменьшение площади остекленной поверхности на 20–25 %. Принято считать, что достаточная естественная освещенность в жилых помещениях обеспечивается, если световой коэффициент составляет от 1:5,5 до 1:8, а в некоторых производственных помещениях – согласно значениям, приведенным в табл. 1.18.

Таблица 1.18

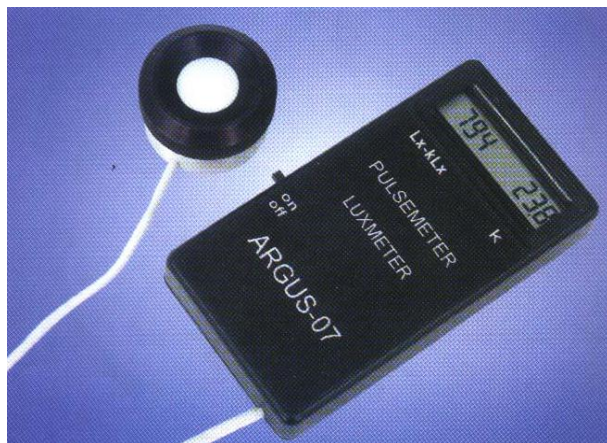
**Значения светового коэффициента C_K
в некоторых производственных помещениях**

Производственное помещение	Световой коэффициент C_K
Ремонтно-механическая мастерская	1:4–1:6
Разборочно-моечное отделение	1:15–1:20
Отделение по горячей и холодной обработке металлов	1:20–1:30
Отделение газо-, электросварочных работ	1:15–1:20
Отделение обкатки и испытания машин и агрегатов	1:10–1:15
Насосные станции	1:10–1:15
Постройки для содержания крупного рогатого скота	1:10–1:15
Доильные залы, пункты искусственного осеменения	1:10–1:12
Постройки для содержания свиней	1:10–1:15
Постройки для содержания птиц	1:8–1:12
Инкубационные залы и яйцесклады	1:15–1:20

2. Порядок выполнения лабораторной работы

Цель лабораторной работы: изучение естественного освещения в помещении учебной аудитории.

Оборудование: люксометры типа Ю-16 или Ю-18; они состоят (рис. 1.30) из фотоэлемента 2 и измерителя силы тока 1.



*Рис. 1.30. Люксометр-пульсметр:
1 – гальванометр; 2 – селеновый фотоэлемент*

Электрический ток создается фотоэлементом, он пропорционален его освещенности. Измерительное устройство, градуированное в люксах, показывает значение освещенности в люксах (лк). Градуировка люксометра осуществляется при свете ламп накаливания. Поэтому при измерении освещенности, создаваемой другими источниками света, необходимо вводить в показания прибора поправочные коэффициенты. Для естественного освещения этот коэффициент равен 0,8.

Прибор имеет две шкалы: 0–100 и 0–30. На боковой стенке корпуса измерителя расположена вилка для присоединения фотоэлемента, заключенного в пластмассовый корпус, который присоединяется шнуром с розеткой к измерителю. Косинусную погрешность уменьшает насадка на фотоэлемент, состоящая из полусферы, выполненной из белой светорассеивающей пластмассы и непрозрачного пластмассового кольца, имеющего сложный профиль. Насадка обозначена буквой К, нанесенной на ее внутреннюю сторону. Эта насадка совместно с одним из трех фильтров, имеющих обозначения М, Р, Т, образует три поглотителя с коэффициентами ослабления 10, 100, 1000.

При работе с люксметром нужно знать следующее. Если нажата правая кнопка, то для отсчета показаний пользуются шкалой 0–100, если левая – шкалой 0–30. Значения снятых с прибора показаний умножают на коэффициент пересчета шкалы, зависящей от применяемых насадок. Например, на фотоэлементе установлены насадки К, Р, нажата левая кнопка, стрелка показывает 10 делений по шкале 0–30. Измеряемая освещенность равна $10 \cdot 100 = 1000$ лк, а с учетом поправочного коэффициента $1000 \text{ лк} \cdot 0,8 = 800$ лк.

Во избежание неточных показаний люксметра следует освободить фотоэлемент от излишней освещенности, не соответствующей выбранным насадкам. Поэтому, если величина измеряемой освещенности неизвестна, измерения начинают с установки на фотоэлемент насадок К, Т.

Если при насадках К, М и нажатой левой кнопке стрелка не доходит до деления 5 по шкале 0–30, измерения производят без насадок, т. е. открытым фотоэлементом.

По окончании измерений фотоэлемент отсоединяют от измерителя люксметра, надевают на фотоэлемент насадку Т и фотоэлемент помещают в крышку футляра.

Измерения освещенности необходимо произвести в точках характерного разреза помещения. При этом точки замеров (не менее пяти) следует принимать на равных расстояниях друг от друга, располагая первую и последнюю точки на расстоянии 1 м от стен (или осей средних рядов колонн).

В обследуемом помещении намечают ряд характерных разрезов, перпендикулярно расположенных к продольной стене с оконными проемами. Для возможности построения изолиний расстояние между сечениями назначают в пределах 6–12 м. Каждый характерный разрез помещения разбивают на ряд точек через 2–4 м.

По данным измерений на плане помещения строят изолюксы и кривые горизонтальной освещенности по сечениям помещения.

К таблицам и графикам с результатами измерений прикладывают карту обследования, содержащую следующие данные: размеры обследуемого помещения; состояние стен, потолков (степень загрязнения); окраска (светлая, темная); краткое описание процесса в аспекте выделения пыли, газов, пара; характеристика зрительной работы; продолжительность пребывания людей на рабочих местах.

По результатам измерений производят сравнение и делают заключение о соответствии условий естественного освещения требованиям СП 52.13330.2011 или СП 23-102-2003.

С помощью рулетки измерьте высоту и ширину окон.

Рассчитайте общую площадь всех окон S_0 .

Определите площадь застекленной части окон S_3 , учитывая, что 10 % их общей площади приходится на переплеты.

Измерив длину и ширину помещения учебной аудитории, рассчитайте площадь пола $S_{\text{п}}$.

Определите световой коэффициент по формуле

$$C_K = S_3/S_{\text{п}}$$

Оцените коэффициент заглибления K_3 , т. е. отношение высоты верхнего края окна над полом к ширине помещения учебной аудитории.

Повторите все измерения 3–4 раза и рассчитайте средние значения светового коэффициента C_K и коэффициента заглибления K_3 . Полученные данные занесите в табл. 1.19.

Таблица 1.19

Оценка естественного освещения

Номер аудитории	Световой коэффициент C_K	Коэффициент заглибления K_3

Сравните полученные данные с санитарно-гигиеническими нормами (см. табл. 1.18).

Работа без естественного освещения является вредной, поэтому работникам предоставляются компенсации согласно Постановлению Правительства Российской Федерации от 20 ноября 2008 г. № 870. По результатам спецоценки рабочих мест по условиям труда установлены следующие минимальные компенсации:

- сокращенная продолжительность рабочего времени – не более 36 ч в неделю;

- ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск – не менее 7 календарных дней;

- повышение оплаты труда – не менее 4 % тарифной ставки (оклада), установленной для различных видов работ с нормальными условиями труда.

Контрольные вопросы и задания

1. Расскажите о значении естественного освещения в жизнедеятельности человека.

2. Назовите виды естественного освещения по конструктивному оформлению.

3. Какие количественные параметры характеризуют естественное освещение?

4. На чем основан принцип работы люксметра?

5. От каких факторов зависит величина КЕО?

6. Какие факторы влияют на коэффициент неравномерности естественного освещения?

7. Определите степень соответствия естественной освещенности в ремонтно-механической мастерской (площадь пола 2000 м^2) действующим санитарно-гигиеническим нормам при следующих исходных данных: общая площадь окон в мастерской – 120 м^2 , на переплеты окон приходится 10 % их площади.

Лабораторная работа № 5 «Исследование параметров микроклимата в производственных помещениях»

1. Краткие теоретические сведения

Микроклимат производственных помещений – это климат их внутренней среды, который определяется сочетанным действием на организм человека комплексных факторов (параметров), таких как:

- температура воздуха, °С;
- температура ограждающих поверхностей (стен, перегородок, пола, потолка), °С;
- относительная влажность воздуха, %;
- скорость движения воздуха, м/с;
- интенсивность теплового облучения, Вт/м²;
- барометрическое (атмосферное) давление, Па.

Каждый из параметров микроклимата отдельно или в комплексе оказывает значительное влияние на протекание жизненных процессов в организме, определяя самочувствие и тепловое состояние человека.

Организм человека представляет собой саморегулирующуюся систему, физиологический механизм которой с целью поддержания постоянной температуры тела направлен на обеспечение соответствия количества образованного тепла (телопродукция) количеству тепла, отданного во внешнюю среду (теплоотдача). Выработка тепла Q (явного Q_y и скрытого Q_c) в организме связана с непрерывно совершающимся биохимическим синтезом белков и других органических соединений, с механической работой мышц (сердечная мышца, гладкие мышцы различных органов, скелетная мускулатура) и др. При выполнении физической работы, выраженном охлаждении организма (дрожь) значительно увеличивается доля образования тепла в скелетных мышцах. Часть энергии, образующейся в организме при выполнении физической работы, расходуется на внешнюю работу, основная же ее часть переходит в тепловую. В тех случаях, когда вырабатываемая в организме человека энергия не расходуется на внешнюю механическую работу, она вся практически превращается в тепловую. Это имеет место, например, у человека, находящегося в состоянии относительного физического покоя (лежа, сидя, стоя) и выполняющего некоторые виды физической работы (например, ходьба по ровной местности).

Известно, что отдача тепла происходит только от тела с более высокой температурой к телу с менее высокой температурой. Интенсивность теплоотдачи зависит от разности температур тел (в рассматриваемых условиях – это температура тела человека и температура окружающей его среды) и теплоизолирующих свойств одежды. Теплоотдача человеком осуществляется:

- **конвекцией** – отдача явного (ощутимого) тепла с поверхности тела или одежды движущемуся вокруг него воздуху; по отношению к общей теплоотдаче составляет 20–30 %, но при выполнении работы на открытых производственных площадках и наличии ветра теплоотдача конвекцией существенно возрастает;

- **излучением** – отдача явного тепла в направлении поверхностей с более низкой температурой; при обычных условиях составляет 43,8–59,1 % по отношению к общей величине теплоотдачи. При наличии в помещении ограждений с температурой более низкой, чем температура воздуха, удельный вес теплоотдачи человека излучением возрастает и может достигать 71 %. Этот способ охлаждения и нагревания оказывает более глубокое действие на организм, чем конвекционный;

- **испарением влаги** – один из важных способов отдачи скрытого (влажного) тепла, особенно при высокой температуре воздуха и выполнении физической работы. В условиях теплового комфорта и охлаждения человек, находящийся в состоянии относительного физического покоя, теряет влагу путем переноса с поверхности кожи и верхних дыхательных путей; в окружающую среду отдается 23–27 % общего тепла, при этом 1/3 потерь приходится на испарение с поверхности верхних дыхательных путей и 2/3 – с поверхности кожи;

- **кондукцией** – отдача явного тепла от поверхности тела человека к соприкасающимся с ним предметам. В обычных условиях удельный вес теплоотдачи кондукцией невелик, так как коэффициент теплопроводности неподвижного воздуха составляет незначительную величину, человек теряет тепло лишь с поверхности подошв, площадь которых занимает 3 % площади поверхности тела. Помимо размера контактирующей поверхности имеет значение и конкретный подвергающийся охлаждению участок тела (стопы, область поясницы, плеч и т. д.).

Если в какой-либо период процессы теплопродукции и теплоотдачи разбалансированы, то в организме происходит накопление или дефицит тепла. Совокупность физиологических процессов, направленных на поддержание температуры тела человека в узких определенных границах, несмотря на значительные колебания температуры окружающей его среды и собственной теплопродукции, называют *терморегуляцией*.

Сложный процесс терморегуляции в производственных условиях характеризуется многообразными изменениями и взаимодействием физиологических функций организма.

По степени влияния на тепловой баланс человека микроклимат подразделяют:

- **на нейтральный** – такое сочетание его составляющих, которое при воздействии на человека в течение рабочей смены обеспечивает тепловой баланс организма, разность между величиной теплопродукции и суммарной теплоотдачей составляет ± 2 Вт, доля теплоотдачи испарением влаги не превышает 30 %;

- **охлаждающий** – сочетание параметров, при котором имеет место превышение суммарной теплоотдачи в окружающую среду над величиной теплопродукции организма, приводящее к образованию общего и/или локального дефицита тепла в теле человека (более 2 Вт). При низких температурах окружающего воздуха кровеносные сосуды сужаются, скорость протекания крови замедляется и отдача явного тепла увеличивается, а скрытого – уменьшается. При пониженных температурах и скорости движения воздуха может происходить переохлаждение тела, что приводит к изменению степени активности, нарушает координацию и способность выполнять точные операции; вызывает тормозные процессы в коре головного мозга, способствует развитию профессионального заболевания сосудов конечностей – *тромбангиита*, характеризующегося сужением просвета сосудов, нарушением кровообращения и др.;

- **нагревающий** – сочетание его параметров, при котором имеет место изменение теплообмена человека с окружающей средой, проявляющееся в накоплении тепла в организме (более 2 Вт) и/или в увеличении доли потерь тепла испарением влаги (более 30 %). При высокой температуре воздуха кровеносные сосуды поверхности тела расширяются, при этом происходит перемещение крови в организме к поверхности кожи. Вследствие такого перераспределения крови

скрытая теплоотдача с поверхности тела значительно увеличивается. Нарушение теплового баланса вызывает заболевание, называемое **тепловой гипотермией, или перегревом**. Для организма человека опасно излучение лучистой энергии, поскольку оно легко поглощается и проникает в ткани, вызывая повышение температуры тела и внутренних органов, обильное потоотделение, учащение пульса и дыхания, слабость, головокружение, изменение зрительных ощущений и зачастую потерю сознания.

На терморегуляцию организма большое влияние оказывает влажность воздуха. Повышенная относительная влажность воздуха в помещении затрудняет терморегуляцию организма, так как отдача скрытого тепла путем испарения пота с поверхности кожи будет затруднена.

Какое количество тепла явного $Q_{\text{я}}$ и скрытого $Q_{\text{с}}$ может быть отдано человеком окружающей среде, зависит преимущественно от периода года (холодный, теплый, переходный), категории работ по уровню энерготрат и характера выполняемых работ.

Холодным (зимним) периодом считается период между датами наступления устойчивой нулевой среднесуточной температуры осенью и весной.

Теплый период года – период года, характеризуемый среднесуточной температурой наружного воздуха $> 10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Переходный период года – период года, характеризуемый среднесуточной температурой наружного воздуха $10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Разграничение работ по категориям осуществляют на основе интенсивности общих энерготрат организма в ккал/ч (Вт).

К категории Ia относят работы с интенсивностью энерготрат до 120 ккал/ч (до 139 Вт), производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением.

Категория Ib включает работы с интенсивностью энерготрат 121–150 ккал/ч (140–174 Вт), производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением.

К категории IIa относят работы с интенсивностью энерготрат 151–200 ккал/ч (175–232 Вт), связанные с постоянной ходьбой, перемещением мелких (до 1 кг) изделий или предметов в положении стоя или сидя и требующие определенного физического напряжения.

Категория IIб включает работы с интенсивностью энергозатрат 201–250 ккал/ч (233–290 Вт), связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением.

К категории III относят работы с интенсивностью энергозатрат более 250 ккал/ч (более 290 Вт), связанные с постоянными передвижениями, перемещением, переноской значительных тяжестей (свыше 10 кг) и требующие больших физических усилий.

Показателями теплового состояния человека являются температура тела и кожи, теплоощущения, теплосодержание в организме и его изменение, частота сердечных сокращений, минутный объем кровотока, пульсовое давление, частота дыхания, энергообмен, водно-солевой обмен, умственная и физическая работоспособность и др.

Тепловое состояние человека подразделяют:

- на оптимальное (комфортное) – характеризуется отсутствием дискомфортных теплоощущений, минимальным напряжением механизмов терморегуляции; является предпосылкой длительного сохранения высокой работоспособности;

- допустимое – характеризуется незначительными дискомфортными теплоощущениями, умеренным напряжением механизмов терморегуляции. При этом может иметь место временное (в течение рабочей смены) снижение работоспособности, но состояние здоровья не нарушается;

- предельно допустимое – характеризуется выраженными дискомфортными теплоощущениями (например, прохладно), значительным напряжением механизмов терморегуляции и ограничением работоспособности;

- недопустимое (например, холодно), характеризующееся чрезмерным напряжением механизмов терморегуляции.

Показатель комфортности микроклимата рабочей зоны S (в баллах) рассчитывают по формуле

$$S = 7,83 - 0,1 \cdot t - 0,0968 \cdot t_0 - 0,0372 \cdot P_{II} + 0,18 \cdot v (37,8 - t),$$

где t – температура воздуха, °С; t₀ – температура окружающих поверхностей, °С; P_{II} – парциальное давление водяного пара в насыщенном состоянии, МПа (табл. 1.20); v – скорость движения воздуха, м/с.

Таблица 1.20

**Параметры состояния насыщенного влажного воздуха
при $P = 100$ кПа полного давления**

Температура воздуха $t, ^\circ\text{C}$	Давление насыщения $P_{\text{НАС}}, \text{Па}$	Влагосодержание $d, \text{г/кг}$	Энтальпия, кДж/кг
1	2	3	4
-20	102,9	0,641	-18,534
-18	124,6	0,776	-16,187
-16	150,3	0,936	-13,778
-14	180,8	1,127	-11,290
-12	216,9	1,352	-8,717
-10	259,5	1,618	-6,041
-9	283,3	1,767	-4,663
-8	309,5	1,931	-3,247
-7	337,6	2,107	-1,799
-6	368,1	2,298	-0,315
-5	401,1	2,505	1,211
-4	436,8	2,729	2,780
-3	475,4	2,971	4,393
-2	517,2	3,233	6,059
-1	562,1	3,516	7,778
0	610,8	3,822	9,555
1	656,5	4,110	11,289
2	705,4	4,419	13,074
3	757,4	4,747	14,910
4	812,9	5,098	16,804
5	871,8	5,470	18,755
6	934,6	5,866	20,769
7	1001,3	6,290	22,8484
8	1072,1	6,741	24,998
9	1147,3	7,219	27,219
10	1224,797	7,727	29,519
11	1309,252	8,267	31,900
12	1398,894	8,841	34,368
13	1493,723	9,450	36,929
14	1594,271	10,097	39,587
15	1700,804	10,783	42,344
16	1813,332	11,511	45,212
17	1932,490	12,280	48,168
18	2058,441	13,096	51,281
19	2191,441	13,966	54,493
20	2331,889	14,884	57,882
21	2480,45	15,850	61,369
22	2636,991	16,879	65,019

1	2	3	4
23	2802,044	17,970	68,831
24	2976,141	19,188	72,791
25	3159,548	20,336	76,937
26	3352,797	21,626	81,266
27	3556,87	22,987	85,785
28	3770,417	23,422	90,496
29	3995,719	25,944	95,434
30	4232,592	27,520	100,517
32	4481,435	31,073	111,729
34	5318,0	34,936	123,758
36	5940,0	39,280	137,053
38	6624,0	44,124	151,670
40	7375,0	49,518	167,732

Если показатель комфортности микроклимата S составляет один балл, то теплоощущения оценивают как «холодно», два балла – «прохладно», три балла – «нормально», четыре балла – «тепло», пять баллов – «жарко».

Гигиенические требования к микроклимату регламентируют СанПиН 2.2.4.548–96, которыми установлены допустимые параметры для производственных помещений (табл. 1.21), а также в общественных и административных зданиях (табл. 1.22) в зависимости от периода года (холодный, теплый) и категории работ по уровню энергозатрат.

В производственных помещениях или при производстве работ на открытых площадках, в которых допустимые параметры микроклимата невозможно установить из-за технологических требований к производственному процессу, условия микроклимата рассматривают как вредные и опасные и предусматривают защитные мероприятия от их неблагоприятного воздействия (перегревания или переохлаждения).

В целях профилактики неблагоприятного воздействия микроклимата используют следующие защитные мероприятия:

- автоматизацию, механизацию производственных процессов и дистанционное управление;
- отопление, вентиляцию, системы кондиционирования воздуха;
- помещения для обогрева (при производстве работ на открытых площадках), регулирование режимов труда и отдыха (табл. 1.23);
- увеличение продолжительности отпуска;
- спецодежду, спецобувь, другие средства индивидуальной защиты для различных климатических регионов (поясов).

**Допустимые величины показателей микроклимата
на рабочих местах производственных помещений**

Период года	Категория работ по тяжести	Температура воздуха, °С		Температура поверхности, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		Диапазон ниже оптимальных значений	Диапазон выше оптимальных значений			Диапазон температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	Диапазон температур воздуха выше оптимальных величин, не более
Холодный	Ia	20,0–21,9	24,1–25,0	19,0–26,0	15–75	0,1	0,1
	Iб	19,0–20,9	23,1–24,0	18,0–25,0	15–75	0,1	0,2
	IIa	17,0–18,9	21,1–23,0	16,0–24,0	15–75	0,1	0,3
	IIб	15,0–16,9	19,1–22,0	14,0–23,0	15–75	0,2	0,4
	III	13,0–15,9	18,1–21,0	18,1–21,0	15–75	0,2	0,4
Теплый	Ia	21,0–22,9	25,1–28,0	20,0–29,0	15–75	0,1	0,2
	Iб	20,0–21,9	24,1–28,0	19,0–29,0	15–75	0,1	0,3
	IIa	18,0–19,9	22,1–27,0	17,0–28,0	15–75	0,1	0,4
	IIб	16,0–18,9	21,1–27,0	15,0–28,0	15–75	0,2	0,5
	III	15,0–17,9	20,1–26,0	14,0–27,0	15–75	0,2	0,5

Таблица 1.22

Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в обслуживаемой зоне общественных и административных зданий

Период года	Наименование помещения или категория	Температура воздуха, °С		Результирующая температура, °С		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
		оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая, не более	оптимальная, не более	допустимая, не более
Холодный	1	20–22	18–24	19–20	17–23	45–30	60	0,2	0,3
	2	19–21	18–23	18–20	17–22	45–30	60	0,2	0,3
	3а	20–21	19–23	19–20	19–22	45–30	60	0,2	0,3
	3б	14–16	12–17	13–15	13–16	45–30	60	0,3	0,5
	3в	18–20	16–22	17–20	15–21	45–30	60	0,2	0,3
	4	17–19	15–21	16–18	14–20	45–30	60	0,2	0,3
	5	20–22	20–24	19–21	19–23	45–30	60	0,15	0,2
	6	16–18	14–20	15–17	13–19	–	–	–	–
	Ванные, душевые	24–26	18–28	23–25	17–27	–	–	0,15	0,2
Теплый	Помещения с постоянным пребыванием людей	23–25	18–28	22–24	19–27	60-30	65	0,15	0,25

Примечания: 1. Помещения 1-й категории: помещения, в которых люди в положении лежа или сидя находятся в состоянии покоя и отдыха; 2-й категории: помещения, в которых люди заняты умственным трудом, учебой; помещения 3а категории: помещения с массовым пребыванием людей, в которых люди находятся преимущественно в положении сидя без уличной одежды; помещения 3б категории: помещения с массовым пребыванием людей, в которых люди находятся преимущественно в положении сидя в уличной одежде; помещения 3в категории: помещения с массовым пребыванием людей, в которых люди находятся преимущественно в положении стоя без уличной одежды; помещения 4-й категории: помещения для занятий подвижными видами спорта; 5-й категории: помещения, в которых люди находятся в полураздетом виде (раздевалки, процедурные кабинеты, кабинеты врачей и т. п.); 6-й категории: помещения с временным пребыванием людей (вестибюли, гардеробные, коридоры, лестницы, санузлы, курительные, кладовые); «–» – параметры микроклимата не нормируются.

Время на отдых в зависимости от температуры воздуха в рабочей зоне

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

Примечание. Оперативное время – длительность всех операций в смене, исключая отдых.

2. Порядок выполнения лабораторной работы

По устройству лабораторный стенд (рис. 1.31) соответствует требованиям ГОСТ 12.4.003-82 «Работы учебные лабораторные. Общие требования безопасности» и состоит из бытового электрокамина 1, модели производственного помещения 2 с вентиляционным зонтом 3, боковой стенки 4, четырех исследуемых экранов 5, стойки 6 гигрометра, термоанемометра, измерителя плотности тепловых потоков 7 и удлинителя.



Рис. 1.31. Лабораторный стенд

Боковая стенка 4 модели съемная, а передняя и задняя стенки 8 – глухие. На боковой поверхности модели помещения закреплены крючки 9, на которые устанавливаются сменные экраны 5. В стойке 6 могут быть закреплены измерительная головка 10 измерителя тепловых потоков 7 или термоанемометр.

Бытовой электрокамин 2 используется в качестве источника теплового излучения, вентиляционный зонт 3 – для создания вытяжной вентиляции и устанавливается сверху на модель производственного помещения 2. Внутри вентиляционного зонта установлена лампа накаливания, которая служит для освещения: модели производственного помещения, а также в качестве дополнительного источника тепла; для изменения теплового режима внутри модели.

Измерительная головка 10 с помощью винтов крепится к вертикальной стойке 6. Вся эта конструкция может вручную перемещаться по столешнице для изменения расстояния между источником теплового излучения и измерительной головкой.

Для измерения расстояния от источника теплового излучения (электрокамина 1) до измерительной головки 10 используется стандартная металлическая линейка.

Сменные экраны 5 имеют один типоразмер и выполнены из металла с темной и светлой окраской, брезента и набора параллельных цепей.

На задней стенке модели помещения установлен гигрометр для измерения влажности воздуха внутри модели. Для измерения скорости движения воздуха используется малогабаритный термоанемометр, закрепляемый в стойке 6.

На столешнице размещен удлинитель для подключения к сети переменного тока электрокамина 1 и вентиляционного зонта 3.

При выполнении лабораторной работы необходимо соблюдать следующие меры предосторожности:

- к работе допускаются студенты, ознакомленные с устройством лабораторного стенда, принципом действия и мерами безопасности при проведении лабораторной работы;

- не рекомендуется включать электрокамин на полную мощность 1 кВт (задействован один нагревательный элемент, второй – отключен);

- запрещается прикасаться к электронагревательному элементу электрокамина;

- не допускается работа с любым экраном более 7 минут;

- после проведения лабораторной работы необходимо отключить электропитание стенда.

Для исследования «вытяжной вентиляции» (количество уносимого вентилятором тепла):

- установите любой металлический экран и съемную боковую стенку. Закрепите термоанемометр так, чтобы измерительная головка находилась на расстоянии 250 мм от стойки. Стойку с термоанемометром расположите за моделью производственного помещения, а измерительную головку – внутри (через отверстие в боковой стенке). Стойку необходимо максимально приблизить к модели. Включите осветительную лампу внутри зонта, которая в данном случае будет использоваться в качестве источника тепла. В течение 10 мин замерьте изменения температуры. Включите вентилятор зонта и в течение 10 мин снова повторите измерения. По результатам измерений определите эффективность «вытяжной вентиляции». Параллельно с этим с помощью гигрометра замерьте влажность внутри модели помещения;

- замерьте скорость движения воздуха при включенном вентиляторе зонта при двух значениях скорости вращения двигателя вентилятора.

Результаты измерений параметров микроклимата сопоставьте с нормативными требованиями (табл. 1.21–1.22) и на этой основе дайте оценку параметров микроклимата (табл. 1.24), при необходимости разработайте рекомендации и мероприятия по обеспечению нормируемых параметров микроклимата.

Таблица 1.24

Анализ результатов измерений параметров микроклимата для производства работ категории тяжести _____

Период года	Параметр микроклимата	Измеренные значения	Нормативные значения		Соответствие нормам
			оптимальные	допустимые	
	Температура, °С				
	Относительная влажность, %				
	Скорость движения воздуха, м/с				
	Атмосферное давление, Па				

Контрольные вопросы и задания

1. Что такое терморегуляция?
2. Перечислите параметры микроклимата.
3. Назовите приборы для определения параметров микроклимата в воздухе рабочей зоны и расскажите о принципах их работы.
4. Перечислите методы и средства нормализации параметров микроклимата в рабочей зоне.
5. Определите показатель комфортности микроклимата при следующих исходных данных:
 - относительная влажность воздуха – 60 %;
 - температура воздуха – 24 °С;
 - температура окружающих поверхностей – 24 °С;
 - скорость движения воздуха – 0,2 м/с.

Лабораторная работа № 6

«Исследование эффективности теплозащитных экранов»

1. Краткие теоретические сведения

По физической природе инфракрасное излучение (ИК-излучение) представляют собой поток материальных частиц, обладающих волновыми и квантовыми свойствами, охватывая область спектра с длиной волны от 760 нм до 540 мкм.

Источники ИК-излучения в зависимости от температуры поверхности разделяют на четыре группы (табл. 1.25):

- первая – с температурой поверхности до 500 °С;
- вторая – с температурой поверхности 500–1300 °С;
- третья – с температурой поверхности 1300–1800 °С;
- четвертая – с температурой поверхности 1800–4000 °С.

Теплота может распространяться тремя способами: на основе теплопроводности, теплоизлучения и конвекции.

Теплопроводность – способность материальных тел проводить тепловую энергию от более нагретых частей тела к менее нагретым путем хаотического движения частиц тела.

Теплоизлучение возможно между двумя телами, не соприкасающимися друг с другом и не имеющими контакта через некий промежуточный материал. Например, солнечные лучи согревают Землю, хотя отделены от нее космосом.

Инфракрасное излучение от технологических процессов и оборудования

Источник излучения	Температура поверхности, °С	Длина волны, нм	Спектр излучения
Наружные поверхности печей, паропроводы, остывающий металл и др.	До 500	3700–9300	Длинноволновое инфракрасное
Внутренние поверхности печей, горнов, дымоходов, нагретые слитки, заготовки	500–1300	1900–3700	Длинноволновое инфракрасное, слабовидимое
Расплавленный металл, пламя, разогретые электроды	1300–1800	1200–1900	Инфракрасное, видимое, высокой яркости
Дуговые печи, сварочная дуга	1800–4000	800–1200	Коротковолновое инфракрасное, видимое, ультрафиолетовое

Конвекция достигается между двумя телами с опосредованным контактом, играющим роль проводника тепла. Например, распространение тепла по воздуху от радиатора отопления. Это происходит благодаря циркулирующим молекулам воздуха, которые, нагреваясь в зоне радиатора, распределяются по всей комнате, отдавая свое тепло.

Каждое излучающее тело создает в пространстве поле излучения. Поля излучений от нескольких тел, распространяясь в окружающей среде, нагревают пол, стены, перекрытия, оборудование, накладываются одно на другое, создавая некоторую определенную для каждой точки среды терморadiационную напряженность, характеризуемую значением интенсивности теплового облучения q в данной точке.

При скорости движения воздуха, не превышающей 1 м/с, и интенсивности теплового облучения до 1200 Вт/м² используют интегральный показатель тепловой нагрузки (ТНС), рассчитываемый на основе величин температуры смоченного термометра аспирационного психрометра $t_{ВЛ}$ и шарового термометра $t_{Ш}$

$$ТНС = 0,7 \cdot t_{ВЛ} + 0,3 \cdot t_{Ш}.$$

Интенсивность теплового облучения и интегральный показатель тепловой нагрузки используют при оценке класса и подкласса условий труда работника.

Воздействие ИК-излучения на организм человека может быть общим и локальным. Основная реакция на инфракрасное облучение – изменение температуры облучаемых и удаленных участков тела. Эффект теплового действия зависит от спектра излучения (см. табл. 1.25), который обуславливает глубину их проникновения в организм, облученности, длительности облучения, угла падения лучей. ИК-излучения подразделяют на три области:

- А – с длиной волны от 0,76 до 1,4 мкм;
- Б – от 1,4 до 3,0 мкм;
- С – более 3,0 мкм.

Излучение в области А обладает большой проникающей способностью через кожные покровы, поглощается кровью и подкожной жировой клетчаткой. В областях Б и С излучение поглощается большей частью в эпидермисе (наружном слое кожи). Действие ИК-излучения при поглощении их в различных слоях кожи сводится к ее нагреванию, что обуславливает переполнение кровеносных сосудов кровью и усиление обмена веществ.

Результатом действия интенсивного ИК-излучения на кожу век является обычный ожог, основными симптомами которого служат *эритема* (от греч. *erythema* – краснота) и образование пузырей. Повторное облучение в дозах ниже ожоговых может привести к хроническому воспалению век.

При воздействии ИК-излучения изменяется морфологический состав крови – уменьшается число лейкоцитов и тромбоцитов, происходит поляризация кожи человека. ИК-излучение влияет на функциональное состояние центральной нервной системы, приводит к изменениям в сердечно-сосудистой системе. При длительном пребывании человека в зоне ИК-излучения происходит резкое изменение теплового баланса в организме. Нарушается терморегуляция организма, усиливается деятельность сердечно-сосудистой и дыхательной систем, увеличивается потоотделение, происходят потери нужных организму солей. Обеднение организма водой вызывает сгущение крови, ухудшение питания тканей и органов. Потеря организмом солей лишает кровь способности удерживать воду, приводит к быстрому выведению из организма вновь выпитой жидкости.

Нарушение водно-солевого баланса вызывает так называемую *судорожную болезнь*, характеризующуюся появлением резких судорог, преимущественно в конечностях.

Нарушение теплового баланса вызывает повышение температуры тела, обильное потоотделение, учащение пульса, дыхания, слабость, головокружение, изменение зрительных ощущений и зачастую потерю сознания. При систематических перегревах отмечается повышенная восприимчивость к простудным заболеваниям. Наблюдается снижение внимания (нарастание ошибочных операций), наступает чувство расслабленности, резко повышается утомляемость и снижается производительность труда.

Интенсивное облучение длинноволновыми ИФ-лучами оказывает тепловое действие на роговицу глаза, а облучение в более коротковолновом (инфракрасном) диапазоне – на внутренние структуры глаза, например на радужную оболочку, хрусталик, а также отражается на сетчатке. Хроническое поражение хрусталика глаза приводит к *катаракте* (от греч. *katarrhakties* – *водопад*), клиническим проявлением которой является его помутнение.

2. Порядок проведения лабораторной работы

Цель лабораторной работы: ознакомиться с методами измерения плотности потока теплового излучения от нагретых поверхностей, а также оценить эффективность защитных экранов, %

$$\mathcal{E} = (q - q_3) 100/Q,$$

где q – плотность теплового потока без применения защитных экранов; q_3 – плотность теплового потока при использовании защитных экранов.

Плотность теплового потока ($\text{Вт}/\text{м}^2$) рассчитывают по формуле

$$q = 0,78 \cdot S (T^4 \cdot 10^{-8} - 110)/r^2,$$

где S – площадь излучающей поверхности, м^2 ; T – температура излучающей поверхности, К ; r – расстояние от источника излучения, м .

Работа выполняется на лабораторном стенде (рис. 1.32), представляющем лабораторный стол 1, на котором размещаются:

- бытовой электрокамин 2, являющийся источником теплового излучения;
- индикаторный блок 3;

- металлическая миллиметровая линейка 4, предназначена для измерения расстояния от источника теплового излучения (электрокамина 2) до измерительной головки 7 измерителя плотности тепловых потоков;

- стойка 5 служит для установки сменных защитных экранов 6, она может перемещаться по столешнице вдоль линейки 4;

- стойка 9 – для установки измерительной головки 7;

- воздушная помпа 8 – источник для создания воздушной завесы, устанавливается на стойке 12 с помощью хомута 13;

- стеклянный экран 6, душ 10, емкость с водой 11 и водяная помпа 14 служат для создания водяной завесы;

- удлинитель 18 используется для подключения к сети переменного тока электрокамина 2, воздушной помпы 8, измерителя плотности тепловых потоков и водяной помпы 14.

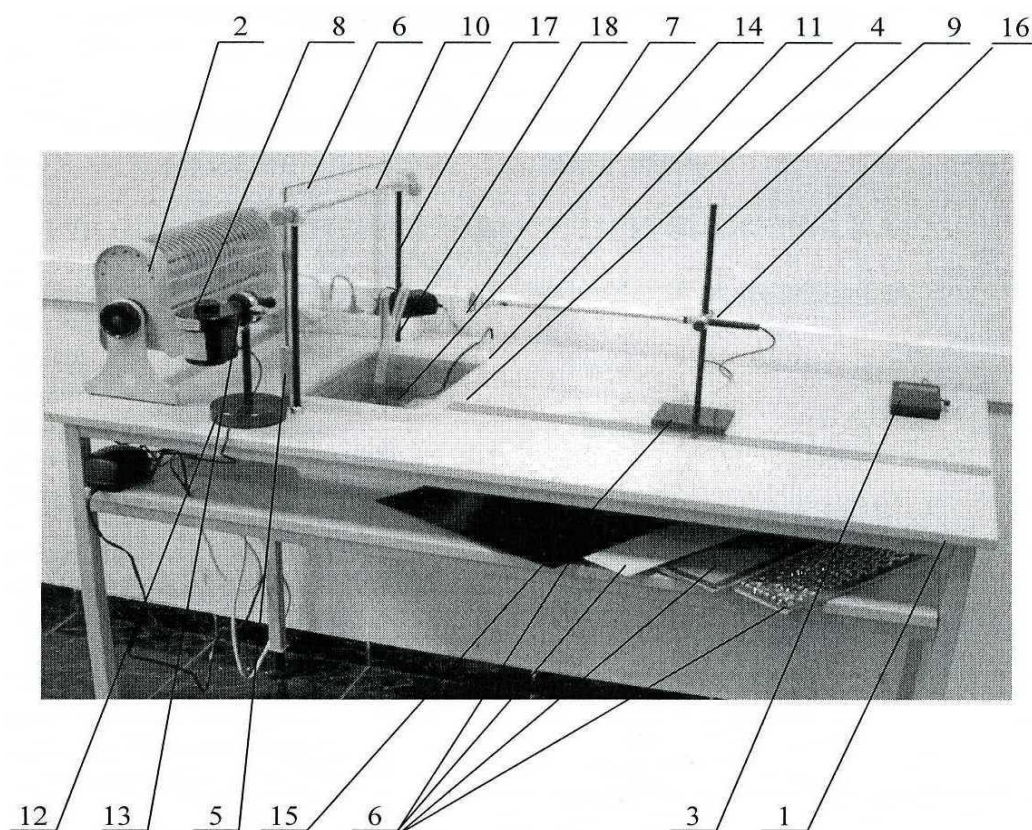


Рис. 1.32. Лабораторный стенд для исследования эффективности теплозащитных экранов

В качестве защитных экранов используются:

- экран металлический темный;
- экран металлический светлый;
- экран брезентовый;

- экран с цепями;
- экран стеклянный;
- экран стеклянный с водяной завесой.

Цепная завеса представляет собой цепи, подвешенные в три ряда на пути излучения. Поворотные кронштейны, на которых висят цепи, дают возможность устанавливать один, два или три ряда цепей.

Для создания водяной завесы в установке имеется ванночка с водосливом – отполированная отбортовка внутренней продольной стороны ванночки. Ниже нагревательного элемента под водосливом помещен резервуар для стекающей воды. Подвод воды из резервуара к ванночке осуществляется насосом с электрическим приводом. Для регулирования производительности насоса на нагревательной магистрали установлен кран 2. По бокам водослива подвешены резиновые отвесы, которые служат направляющими для водяной завесы. Толщину поглощающей водяной завесы регулируют краном 2.

Интенсивность облучения может быть измерена термоэлектрическим актинометром. Действие актинометра основано на различной поглотительной способности зачерненных и блестящих полосок алюминиевой пластинки. Из-за различия в температуре зачерненных участков алюминиевой пластинки и расположенных под ними спаев термобатареи в последней возникает электрический ток. Величина тока измеряется гальванометром.

В лабораторном стенде интенсивность теплового облучения регистрируется датчиками, установленными на выдвижных штангах 3. Каждый датчик содержит блестящую и зачерненную пластинки, под которыми установлены спаи хромель-алюминиевой дифференциальной термопары. Величину термоЭДС измеряют высокочувствительным световым гальванометром 4, шкала которого отградуирована в Вт/м². С помощью тумблера 5 подключают к гальванометру 4 левый и правый датчики. Вылет штанги может изменяться от 0 до 500 мм, для чего в штангах имеются отметки.

По устройству лабораторная установка соответствует требованиям ГОСТ 12.4.113 «ССБТ. Работы учебные лабораторные. Общие требования безопасности». К работе с лабораторным стендом допускаются студенты, ознакомленные с его устройством, принципом действия и следующими мерами безопасности:

- не использовать воздушную помпу более 30 мин;
- не работать с металлическим экраном более 5 мин;
- при смене экранов надевать теплоизоляционные перчатки;
- не включать водяную завесу на разогретый экран из стекла.

В связи с тем, что электропитание установки производится от сети переменного тока, при выполнении работы необходимо соблюдать следующее:

- во избежание ожогов не прикасаться к источнику излучения;
- обо всех нарушениях в работе стенда немедленно сообщить преподавателю;
- по окончании работы выключить стенд, привести в порядок рабочее место, а сменные экраны положить на полку стола.

Лабораторную работу необходимо выполнять последовательно с различными защитными экранами:

1) подключить удлинитель к сети переменного тока, электрокамин, воздушную помпу, измеритель плотности теплового потока к розеткам удлинителя;

2) водяную помпу подключить к розетке удлинителя непосредственно перед включением водяной завесы, так как водяная помпа не имеет собственного выключателя;

3) установить головку измерителя на расстоянии 100 мм от источника излучения и определить плотность теплового потока (среднее значение 3–4 замеров);

4) вручную переместить штатив вдоль линейки, установив головку измерителя на расстояниях от источника излучения, указанных в табл. 1.26, повторить измерения, занести данные в табл. 1.26;

5) повторить измерения с разными защитными экранами и занести данные в табл. 1.26;

6) построить график зависимости плотности теплового потока от расстояния до источника излучения;

7) провести оценку эффективности защитных экранов;

8) выключить стенд, привести в порядок рабочее место, а сменные экраны положить на полку стола.

Контрольные вопросы и задания

1. Какие факторы учитывают при классификации источников ИК-излучения?

2. Расскажите о действии ИК-излучения на человека.

3. Что такое интенсивность теплового облучения и от каких факторов она зависит?

4. Поясните, что такое ГНС-индекс.

5. Что такое эффективность теплозащитного экрана?

Таблица 1.26

Результаты исследования эффективности защитных экранов от теплового облучения

Температура $t_{и}, ^\circ\text{C}$	Расстояние от датчика до источника $l, \text{мм}$	Интенсивность теплового облучения, $\text{Вт}/\text{м}^2$						Допустимая интенсив- ность теплового облучения, $\text{Вт}/\text{м}^2$	
		при отсутствии экранов		при цепной завесе	эффективность защиты цепной завесой $\eta_{ц}$	при водяной завесе			эффективность защиты водяной завесой $\eta_{в}$
		расчет	эксперимент			расчет	эксперимент		
1000	500								
	400								
	300								
	200								
	100								
	0								

Лабораторная работа № 7 «Исследование производственной вибрации»

1. Краткие теоретические сведения

Вибрация – это движение точек или механической системы, при котором происходит то поочередное возрастание, то убывание во времени значений, по крайней мере одной координаты движения.

Источниками, вызывающими вибрацию в окружающей среде, могут быть твердые, жидкие и газообразные тела или их совокупности, например работающие машины, движущиеся транспортные средства, взрывы, волны, ветровые нагрузки.

Основные причины возникновения вибрации:

- неуравновешенные силовые воздействия, возникающие при работе машин и механизмов;
- несбалансированность вращающихся частей оборудования;
- сверхдопустимые зазоры в сочленениях;
- неравномерный износ узлов машин;
- неправильная центровка осей механизмов при передаче вращения соединительной муфты;
- ослабление крепления оборудования на фундаменте или его неустойчивость;
- применение масел, не отвечающих условиям работы оборудования;
- неудовлетворительное состояние подшипников и др.

Вибрацию классифицируют по следующим признакам:

- способ ее передачи от источника к объекту защиты (например, к рабочему месту);
- направление действия вибрации;
- временная характеристика (постоянная, непостоянная);
- источник возникновения и др.

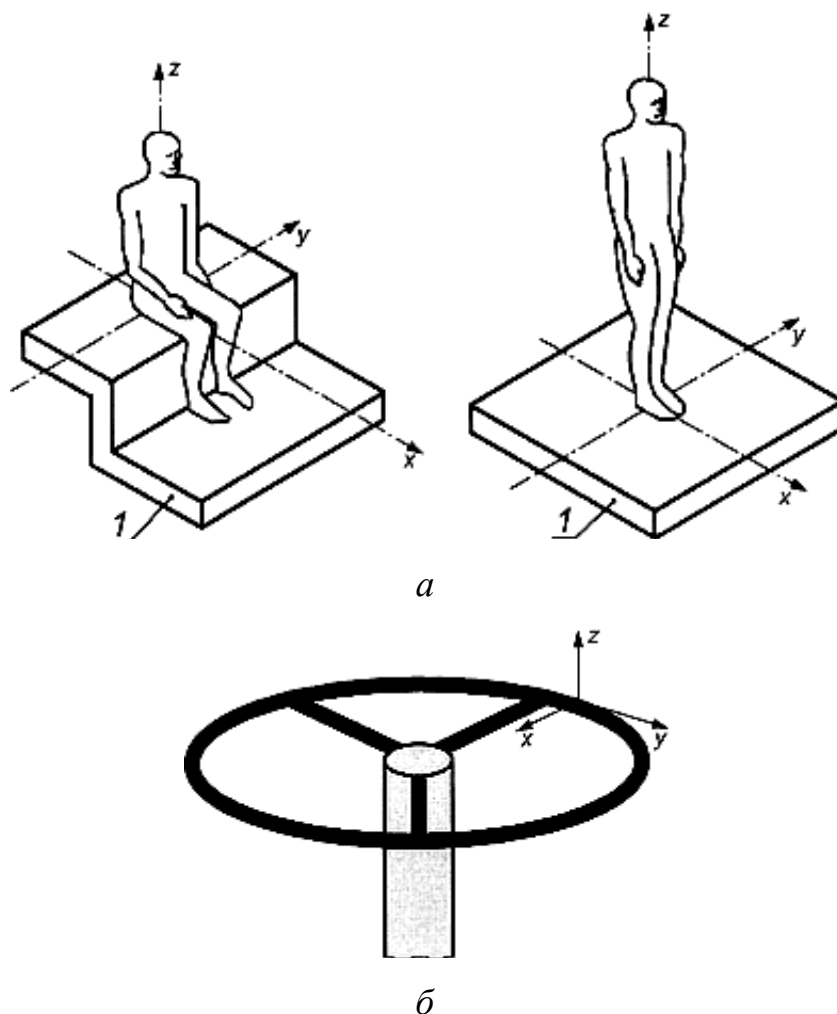
В зависимости от способа передачи на человека различают общую и локальную вибрации.

Общая вибрация передается через опорные поверхности I на тело сидящего или стоящего человека (рис. 1.33, *a*). Обычно при оценке воздействия вибрации на человека координатную систему связывают с его опорно-двигательным аппаратом в нормальном анатомическом положении по следующим направлениям осей:

- ось X – от спины к груди;

- ось Y – от правого бока к левому;
- ось Z – от ног (или ягодиц) к голове.

Локальная вибрация передается через руки, например при управлении транспортным средством, заготовительно-штамповочных и сборочных работах. Ее источниками являются одноударные или редкоударные ручные машины, оборудование и немеханизированные ручные инструменты (слесарные и медницкие молотки, зубила и т. п.), используемые при ковке, штамповке, рихтовке, правке, выколотке, доводке и других операциях.



*Рис. 1.33. Направления координатных осей при передаче:
 а – общей вибрации через опорные поверхности 1 на тело сидящего или стоящего человека; б – локальной вибрации через рулевое колесо*

По направлению действия локальную вибрацию подразделяют в соответствии с направлением осей ортогональной системы координат:

- ось X совпадает или параллельна оси места охвата источника вибрации (рукоятки, ложементы, рулевого колеса, рычага управления, обрабатываемого изделия, удерживаемого в руках);

- ось Z лежит в плоскости, образованной осью X и направлением подачи или приложения силы, и направлена вдоль оси предплечья;
- ось Y направлена от ладони.

В качестве примера на рис. 1.33, б показаны направления координатных осей при локальной вибрации от рулевого колеса.

Вибрация, воздействующая на ноги сидящего человека и на предплечья, контактирующие с вибрирующими поверхностями рабочих органов машин, может быть отнесена к локальной вибрации.

По временной характеристике различают:

- постоянную вибрацию, для которой контролируемый параметр на время наблюдения изменяется не более чем в два раза (на 6 дБ);
- непостоянную вибрацию, для которой эти параметры за время наблюдения изменяются более чем в два раза.

Непостоянную вибрацию подразделяют:

- на колеблющуюся во времени (уровни виброскорости или виброускорения непрерывно меняются во времени);
- прерывистую (контакт оператора с вибрацией в процессе работы прерывается, причем длительность интервалов, в течение которых имеет место контакт, составляет более 1 с);
- импульсную, состоящую из одного или нескольких вибрационных воздействий, каждый длительностью менее 1 с.

По характеру спектра вибрацию подразделяют на узко- и широкополосную. Контролируемые параметры узкополосной вибрации в одной 1/3 октавной полосе частот более чем на 15 дБ превышают значения в соседних 1/3 октавных полосах. Широкополосной считают вибрацию, параметры которой не отвечают указанным требованиям и имеют непрерывный спектр шириной более одной октавы.

Основными параметрами, характеризующими вибрацию, являются частота колебаний f , Гц; амплитуда смещения точек (вибросмещение) A , мм; скорость перемещения точек (виброскорость) V , мм/с; ускорение, с которым идет нарастание и убывание виброскорости (виброускорения) a , мм/с².

По частотному составу (преобладающему максимальному уровню в октавных полосах частот) вибрацию подразделяют на низко-, средне- и высокочастотную. Их параметры приведены ниже:

- низкочастотные – 8–16 Гц для локальной и 1–4 Гц – для общей вибрации;
- среднечастотные – 31,5–63 Гц для локальной и 8–16 Гц – для общей вибрации;

- высокочастотные – 125–1000 Гц для локальной и 31,5–63 Гц – для общей вибрации.

В практике оценки вибрации используют также и относительные значения виброскорости L_V , виброускорения L_a и вибросмещения в децибелах (дБ) по отношению к их пороговым значениям

$$L_V = 20 \lg(V/V_0); L_a = 20 \lg(a/a_0); L_A = 20 \lg(A/A_0),$$

где V_0 – пороговое значение виброскорости, $V_0 = 5 \cdot 10^{-8}$ м/с; a_0 – пороговое значение виброускорения, $a_0 = 3 \cdot 10^{-4}$ мм/с²; A_0 – пороговое значение амплитуды, $A_0 = 8 \cdot 10^{-12}$ м.

Организм человека обладает собственными частотами, которые находятся в диапазоне 6–9 Гц, поэтому колебания рабочих мест в указанном диапазоне наиболее опасны, так как могут вызвать механические повреждения или разрыв органов человека.

Под воздействием вибрации части тела человека перемещаются относительно друг друга с амплитудами в зависимости от источника колебаний и массы органов человека. Относительные перемещения частей тела приводят к напряжению в связках между частями тела, взаимному соударению и надавливанию.

Влияние вибрации на организм зависит от ее спектрального состава, места приложения, продолжительности и направления воздействия, частоты колебаний, амплитуды (табл. 1.27), виброускорения, индивидуальных особенностей человека, уровня шума, микроклиматических условий на рабочем месте и других сопутствующих факторов.

Таблица 1.27

Влияние вибрации на организм человека

Амплитуда колебаний, мм	Частота вибрации, Гц	Результат воздействия
До 0,015	Различная	Не влияет на организм
0,016–0,050	40–50	Нервное возбуждение с депрессией
0,051–0,100	40–50	Изменение в центральной нервной системе, сердце и органах слуха
0,101–0,300	50–150	Возможно заболевание
0,101–0,300	150–250	Вызывает виброболезнь

При малых амплитудах и больших частотах организм человека более чувствителен к скорости вибрации, а при больших амплитудах

и малых частотах – к виброускорению вибрации. Ниже приведены значения виброускорения, дающие приближенное представление о возможной реакции человека на различные значения полной вибрации в условиях общественного транспорта:

- менее $0,315 \text{ м/с}^2$ – дискомфорт не ощущается;
- от $0,315$ до $0,63 \text{ м/с}^2$ – легкое ощущение дискомфорта;
- от $0,5$ до 1 м/с^2 – приемлемое ощущение дискомфорта;
- от $0,8$ до $1,6 \text{ м/с}^2$ – отчетливое ощущение дискомфорта;
- от $1,25$ до $2,5 \text{ м/с}^2$ – ощущение сильного дискомфорта;
- свыше 2 м/с^2 – крайняя степень дискомфорта.

При воздействии общей вибрации разных параметров имеет место различная степень выраженности изменений в центральной и вегетативной нервной системе, сердечно-сосудистой системе, обменных процессах, вестибулярном аппарате.

Локальная вибрация оказывает влияние как в зоне контакта, так и на пути ее распространения, в основном по тканям тела человека. Систематическое воздействие локальной вибрации вызывает спазмы кровеносных сосудов рук, поражает нервные окончания, мышечные и костные ткани, что приводит к снижению чувствительности кожи, ухудшению, а в тяжелых случаях прекращению кровоснабжения мышц, окостенению сухожилий, отложению солей в суставах, деформации и потере подвижности суставов.

К факторам, усугубляющим воздействие на человека вибрации, относится шум высокой интенсивности (80–95 дБА), неблагоприятные условия микроклимата, пониженное и повышенное атмосферное давление и др. При работе с пневматическими ручными машинами имеет место охлаждение рук отработанным воздухом и холодным металлом корпуса машины. Особенно сказываются неблагоприятные климатические условия Крайнего Севера, Дальнего Востока и других регионов с преобладающим воздействием низких температур.

Совокупность болезненных изменений в организме, вызванных воздействием вибраций, называют **вибрационной болезнью (вибробольнью)**. Эти изменения проявляются в виде головных болей, головокружения, пониженной работоспособности, нарушений сердечной деятельности. Вибробольнь относится к группе профзаболеваний, эффективное лечение которых возможно только на ранних стадиях болезни.

Вероятность развития вибрационной болезни (ВБ) от локальной вибрации можно определить по табл. 1.28.

Таблица 1.28

Вероятность развития вибрационной болезни, %

Эквивалентный корректированный уровень виброскорости, дБ	Продолжительность работы, лет					
	5	10	15	20	25	30
112	0	2	5	9	13	17
118	2	8	15	23	29	36
124	7	18	28	36	44	49
130	25	48	60	68	75	80
136	52	76	88	–	–	–

Если дополнительно к локальной вибрации сопутствующими факторами на рабочем месте являются неудовлетворительные микроклиматические условия, повышенный уровень шума, тяжелый труд, то вероятность развития виброболезни определяют следующим образом. Из табл. 1.29 по эквивалентному корректированному уровню виброскорости и продолжительности работы находят вероятность заболевания ВБ в процентах (%).

Таблица 1.29

Вероятность развития вибрационной болезни при действии локальной вибрации, %

Эквивалентный корректированный уровень виброскорости, дБ	Продолжительность работы, лет							
	1	2	3	5	7	10	15	20
109	–	–	–	–	–	–	1,0	1,5
111	–	–	–	–	–	–	1,5	2,0
112	–	–	–	–	–	1,0	1,8	2,5
113	–	–	–	–	–	1,2	2,0	3,0
115	–	–	–	–	1,0	1,5	2,5	3,5
117	–	–	–	–	1,0	1,8	3,0	4,0
119	–	–	–	–	1,1	2,0	3,5	5,0
121	–	–	–	–	1,3	2,5	4,0	6,0
123	–	–	–	1,0	1,5	3,0	5,0	8,0
125	–	–	–	1,2	1,7	3,5	6,0	10,0
127	–	–	–	1,3	1,9	4,0	8,0	12,0
129	–	–	1,0	1,5	2,0	5,0	10,0	15,0

Затем по уровню сопутствующего шума, температуре воздуха в рабочей зоне и категории тяжести труда из табл. 1.30–1.32 определяют коэффициенты повышения риска виброболезни $K_{ш}$, K_t , K_T , кото-

рые перемножают между собой, затем умножают на показатель вероятности развития ВБ. Коэффициенты повышения риска виброболезни для шума $K_{ш}$ и температуры K_t находятся в линейной зависимости от величины изменения фактора, и промежуточные значения легко подсчитывают из следующих выражений:

$$K_{ш} = (L_{экв} - 80) \cdot 0,025 + 1; K_t = (20 - t) \cdot 0,08 + 1.$$

Таблица 1.30

Значения коэффициента повышения риска вибрационной болезни в зависимости от уровня шума

Уровень шума, дБА	80	90	100	110	120
Коэффициент $K_{ш}$	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0

Таблица 1.31

Значения коэффициента повышения риска вибрационной болезни в зависимости от температуры воздуха в рабочей зоне

Температура воздуха в рабочей зоне, °С	+20	+10	0	-10	-20	-30
Коэффициент K_t	1,0	1,8	2,6	3,4	4,2	5,0

Таблица 1.32

Значения коэффициента повышения риска вибрационной болезни в зависимости от категории тяжести труда

Категория тяжести труда	1	2	3.1	3.2	3.3
Коэффициент K_t	1,0	1,2	1,5	1,8	2,0

Вибрация оказывает неблагоприятное действие и на оборудование: понижает коэффициент полезного действия (КПД) машин и механизмов, вызывает ускоренный износ их деталей. Распространяясь в окружающей среде, вибрация может разрушить строительные конструкции, нарушить технологический процесс, показания контрольно-измерительной аппаратуры и др.

Вибрация может быть причиной:

- «усталости» грунтов, материалов, зданий, сооружений и их несущих конструкций;
- деформации и разрушения зданий и сооружений;
- активизации геоморфологических процессов: лавин, селей, камнепадов, разрушения склонов и др.

Различают гигиеническое и техническое нормирование производственной вибрации. В первом случае производят ограничение параметров вибрации рабочих мест и поверхности контакта с руками работающих исходя из физиологических требований, исключающих возникновение вибрационной болезни. Во втором случае осуществляют ограничение параметров вибрации с учетом не только указанных требований, но и технически достижимого на сегодняшний день для данного вида машин уровня вибрации.

Гигиенические требования при работах с источниками вибрации регламентируют:

- СанПиН 2.2.2.540-96 «Гигиенические требования к ручным инструментам и организации работ»;
- СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Санитарные нормы. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий»;
- ГОСТ 12.1.012-2004 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования».

Нормирование вибрации машин, технологического оборудования, транспортных средств и т. п., действующей на организм человека, служит для обеспечения вибробезопасных условий труда; оно заключается в ограничениях уровней вибрации элементов машин, с которыми соприкасается тело человека (сиденье, платформа, органы управления и др.) в зависимости от категории общей вибрации.

Общую вибрацию подразделяют на три категории (табл. 1.33):

- транспортная (общая вибрация 1-й категории);
- транспортно-технологическая (общая вибрация 2-й категории);
- технологическая (общая вибрация 3-й категории).

Основным методом, характеризующим вибрационное воздействие на руки работающих, является частотный анализ, при котором нормируемыми параметрами являются средние квадратические значения виброскорости V и виброускорения a или их логарифмические уровни L_v , L_a .

Нормируемый диапазон частот устанавливают:

- для общей вибрации (табл. 1.34–1.38) в виде октавных или 1/3 октавных полос со среднегеометрическими частотами 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10,0; 12,5; 16,0; 20,0; 25,0; 31,5; 40,0; 50,0; 63,0; 83,0 Гц;

- для локальной вибрации (табл. 1.39) в виде октавных полос со среднегеометрическими частотами 8; 16; 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000 Гц.

Таблица 1.33

Виды общей вибрации и машины, ее генерирующие

Вид общей вибрации и ее категория	Машины, генерирующие общую вибрацию
Транспортная (общая вибрация 1-й категории)	Тракторы сельскохозяйственные и промышленные, самоходные машины для обработки почвы, уборки и посева сельскохозяйственных культур (в том числе комбайны). Автомобили грузовые
Транспортно-технологическая (общая вибрация 2-й категории)	Экскаваторы (в том числе роторные). Путевые машины, бетоноукладчики. Напольный производственный транспорт
Технологическая (общая вибрация 3-й категории)	Станки металло- и деревообрабатывающие. Кузнечно-прессовое оборудование. Электрические машины. Насосные агрегаты и вентиляторы. Машины для животноводства, очистки и сортировки зерна

Таблица 1.34

Предельно допустимые значения виброускорения для рабочих мест (вибрация категории 1 – транспортная)

Среднегеометрическая частота октавных полос, Гц	Виброускорение, м/с ²				Виброускорение, дБ			
	в 1/3 окт.		в 1/1 окт.		в 1/3 окт.		в 1/1 окт.	
	Z ₀	X ₀ , Y ₀	Z ₀	X ₀ , Y ₀	Z ₀	X ₀ , Y ₀	Z ₀	X ₀ , Y ₀
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,8	0,70	0,22			117	107		
1,0	0,63	0,22	1,10	0,40	116	107	121	112
1,25	0,56	0,22			115	107		
1,6	0,50	0,22			114	107		
2,0	0,45	0,22	0,79	0,45	113	107	118	113
2,5	0,40	0,28			112	109		
3,15	0,35	0,35			111	111		
4,0	0,32	0,45	0,56	0,79	110	113	115	118
5,0	0,32	0,56			110	115		
6,3	0,32	0,70			110	117		
8,0	0,32	0,89	0,63	1,60	110	119	116	124
10,0	0,40	1,10			112	121		
12,5	0,50	1,40			114	123		
16,0	0,63	1,80	1,10	3,20	116	125	121	130
20,0	0,79	2,20			118	127		

Окончание табл. 1.34

1	2	3	4	5	6	7	8	9
25,0	1,00	2,80			120	129		
31,5	1,30	3,50	2,20	6,30	122	131	127	136
40,0	1,60	4,50			124	133		
50,0	2,00	5,60			126	135		
63,0	2,50	7,00	4,50	13,0	128	137	133	142
80,0	3,20	8,90			130	139		
Корректированные и эквивалентные корректированные значения и их уровни			0,56	0,40		115		112

Таблица 1.35

Предельно допустимые значения виброускорения и виброскорости для рабочих мест (вибрация категории 2 – транспортно-технологическая)

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	Виброускорение				Виброскорость			
	м/с ²		дБ		10 ⁻² м/с		дБ	
	в 1/3 окт.	в 1/1 окт.	в 1/3 окт.	в 1/1 окт.	в 1/3 окт.	в 1/1 окт.	в 1/3 окт.	в 1/1 окт.
1,6	0,25		108		2,50		114	
2,0	0,22	0,40	107	112	1,80	3,50	111	117
2,5	0,20		106		1,30		108	
3,15	0,18		105		0,98		105	
4,0	0,16	0,28	104	109	0,63	1,30	102	108
5,0	0,16		104		0,50		100	
6,3	0,16		104		0,40		98	
8,0	0,16	0,28	104	109	0,32	0,63	96	102
10,0	0,20		106		0,32		96	
12,5	0,25		108		0,32		96	
16,0	0,32	0,56	110	115	0,32	0,56	96	101
20,0	0,40		120		0,32		96	
25,0	0,50		114		0,32		96	
31,5	0,63	0,10	116	121	0,32	0,56	96	101
40,0	0,79		118		0,32		96	
50,0	1,00		120		0,32		96	
63,0	1,30	2,20	122	127	0,32	0,56	96	101
80,0	1,60		124		0,32		96	
Корректированные и эквивалентные корректированные значения и их уровни		0,28		109		0,56		

Таблица 1.36

**Предельно допустимые значения виброускорения и виброскорости
для рабочих мест (вибрация категории 3 – технологическая
типа «а»)**

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	Виброускорение				Виброскорость			
	м/с ²		дБ		10 ⁻² м/с		дБ	
	в 1/3 окт.	в 1/1 окт.	в 1/3 окт.	в 1/1 окт.	в 1/3 окт.	в 1/1 окт.	в 1/3 окт.	в 1/1 окт.
1,6	0,089		99		0,89		105	
2,0	0,079	0,14	98	103	0,63	1,30	102	108
2,5	0,070		97		0,45		99	
3,15	0,063		96		0,32		96	
4,0	0,056	0,10	95	100	0,22	0,45	93	99
5,0	0,056		95		0,18		91	
6,3	0,056		95		0,14		89	
8,0	0,056	0,10	95	100	0,11	0,22	87	93
10,0	0,070		97		0,11		87	
12,5	0,089		99		0,11		87	
16,0	0,110	0,20	101	106	0,11	0,20	87	92
20,0	0,140		103		0,11		87	
25,0	0,180		105		0,11		87	
31,5	0,220	0,40	107	112	0,11	0,20	87	92
40,0	0,280		109		0,11		87	
50,0	0,350		111		0,11		87	
63,0	0,450	0,79	113	118	0,11	0,20	87	92
80,0	0,560		115		0,11		87	
Корректированные и эквивалентные корректированные значения и их уровни		0,10		100		0,20		92

Таблица 1.37

**Предельно допустимые значения виброускорения и виброскорости
для рабочих мест (вибрация категории 3 – технологическая
типа «б»)**

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	Виброускорение				Виброскорость			
	м/с ²		дБ		10 ⁻² м/с		дБ	
	в 1/3 окт.	в 1/1 окт.	в 1/3 окт.	в 1/1 окт.	в 1/3 окт.	в 1/1 окт.	в 1/3 окт.	в 1/1 окт.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1,6	0,035		91		0,350		97	
2,0	0,032	0,056	90	95	0,250	0,500	94	100

Окончание табл. 1.37

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2,5	0,028		89		0,180		91	
3,15	0,025		88		0,130		88	
4,0	0,022	0,040	87	92	0,089	0,180	85	91
5,0	0,022		87		0,070		83	
6,3	0,022		87		0,056		81	
8,0	0,022	0,040	87	92	0,045	0,089	79	85
10,0	0,028		89		0,045		79	
12,5	0,035		91		0,045		79	
16,0	0,045	0,079	93	98	0,045	0,079	79	84
20,0	0,056		95		0,045		79	
25,0	0,070		97		0,045		79	
31,5	0,089	0,160	99	104	0,045	0,079	79	84
40,0	0,110		101		0,045		79	
50,0	0,140		103		0,045		79	
63,0	0,180	0,320	105	110	0,045	0,079	79	84
80,0	0,220		107		0,045		79	
Корректированные и эквивалентные корректированные значения и их уровни		0,040		92		0,079		84

Таблица 1.38

Предельно допустимые значения виброускорения и виброскорости для рабочих мест (вибрация категории 3 – технологическая типа «в»)

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	Виброускорение				Виброскорость			
	м/с ²		дБ		10 ⁻² м/с		дБ	
	в 1/3 окт.	в 1/1 окт.	в 1/3 окт.	в 1/1 окт.	в 1/3 окт.	в 1/1 окт.	в 1/3 окт.	в 1/1 окт.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1,6	0,0130		82		0,130		88	
2,0	0,0110	0,020	81	86	0,089	0,180	85	91
2,5	0,0100		80		0,063		82	
3,15	0,0089		79		0,045		79	
4,0	0,0079	0,014	78	83	0,032	0,063	76	82
5,0	0,0079		78		0,025		74	
6,3	0,0079		78		0,020		72	
8,0	0,0079	0,014	78	83	0,016	0,032	70	76
10,0	0,0100		80		0,016		70	
12,5	0,0130		82		0,016		70	

Окончание табл. 1.38

1	2	3	4	5	6	7	8	9
16,0	0,0160	0,028	84	89	0,016	0,028	70	75
20,0	0,0200		86		0,016		70	
25,0	0,0250		88		0,016		70	
31,5	0,0320	0,056	90	95	0,016	0,028	70	75
40,0	0,0400		92		0,016		70	
50,0	0,0500		94		0,016		70	
63,0	0,0630	0,110	96	101	0,016	0,028	70	75
80,0	0,0790		98		0,016		70	
Корректированные и эквивалентные корректированные значения и их уровни		0,014		83		0,028		75

Таблица 1.39

Предельно допустимые значения локальной вибрации

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	Виброускорение		Виброскорость	
	м/с ²	дБ	10 ² м/с	дБ
8	1,4	123	2,8	115
16	1,4	123	1,4	109
31,5	2,8	129	1,4	109
63	5,6	135	1,4	109
125	11,0	141	1,4	109
250	22,0	147	1,4	109
500	45,0	153	1,4	109
1000	89,0	159	1,4	109
Корректированные и эквивалентные корректированные значения и их уровни	2,0	126	2,0	112

Превышение допустимых уровней вибраций указывает на класс опасности условий труда.

При использовании виброопасных ручных инструментов работы следует производить в соответствии с разработанными режимами труда, согласно которым суммарное время контакта с вибрацией в течение рабочей смены устанавливается в зависимости от величины превышения санитарных норм СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий» (табл. 1.40).

Режимы труда следует разрабатывать в соответствии с методикой, указанной в приложении 2 СанПиН 2.2.2.540-96 «Гигиенические требования к ручным инструментам и организации работ» (табл. 1.41).

Таблица 1.40

**Допустимое суммарное за смену время действия
локальной вибрации**

Превышение ПДУ локальной вибрации		Допустимое суммарное время воздействия локальной вибрации за смену, мин
дБ	раз	
1	1,1	381
2	1,25	302
3	1,4	240
4	1,6	191
5	1,8	151
6	2,0	120
7	2,25	95
8	2,5	76
9	2,8	60
10	3,2	48
11	3,6	38
12	4	30

Таблица 1.41

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

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

Регламентированные перерывы продолжительностью 20–30 мин, являющиеся составной частью режимов труда, устраиваются через 1–2 ч после начала смены и через 2 ч – после обеденного перерыва (продолжительность которого должна быть не менее 40 мин) и используются для активного отдыха, проведения специального комплекса производственной гимнастики, физиотерапевтических процедур. Время регламентированных перерывов включается в норму выработки, а режимы труда – в сменно-суточные задания.

Запрещается проведение сверхурочных работ с виброопасными ручными инструментами.

2. Порядок выполнения лабораторной работы

Схема лабораторного стенда для измерения параметров вибрации и исследования эффективности виброизоляции представлена на рис. 1.34. Объектом исследования является действующая модель станка для испытания прочности абразивных кругов 1, жестко закрепленная на платформе 2. Платформа установлена на фундаменте 3 с помощью пружинных виброизоляторов 4. Прижимные винты 5 позволяют жестко соединять платформу с фундаментом. В этом случае станок, платформа и фундамент будут представлять единую колебательную систему (виброизоляция выключена). Если прижимные винты ослабить, то вибрация от станка с платформой будет передаваться на фундамент через пружинные виброизоляторы (виброизоляция включена).

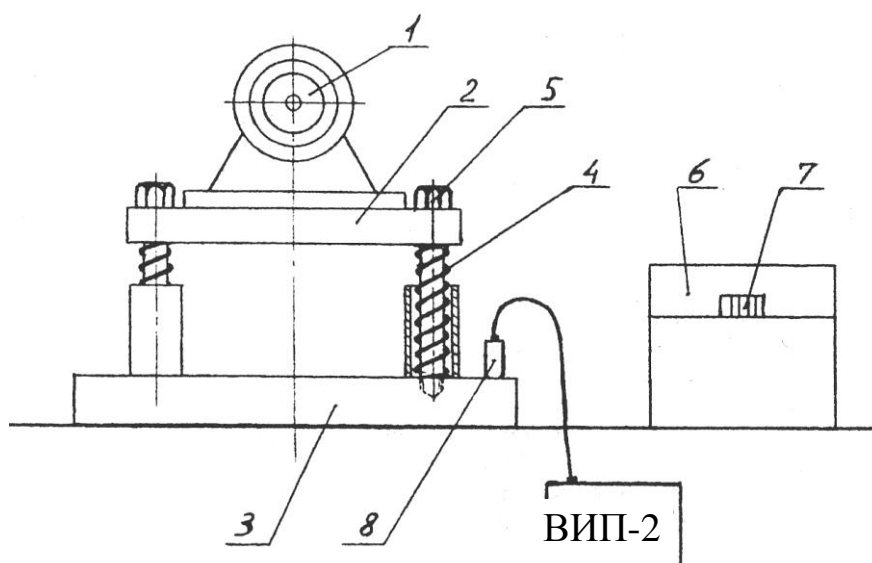


Рис. 1.34. Схема лабораторного стенда для измерения параметров вибрации и исследования эффективности виброизоляции

Включают стенд с помощью блока управления 6. Частота вращения шпинделя станка зависит от напряжения, которое устанавливают на ЛАТР 7.

Параметры вибрации определяют прибором ВИП-2 с помощью датчика 8, закрепленного на фундаменте 3. Принцип измерения параметров вибрации прибором ВИП-2 заключается в преобразовании

механической энергии в электрическую с помощью индукционного вибродатчика. На лицевой панели прибора имеется два переключателя: с правой стороны – переключатель рода измерений «mm/s– μm », позволяющий переключать прибор на измерение амплитуды (положение « μm ») или виброскорости (положение «mm/s»); с левой стороны – переключатель диапазонов, который позволяет выбрать необходимую чувствительность прибора и шкалу стрелочного индикатора.

Цифры, стоящие в числителе, указывают на то, что вся шкала прибора составляет 1, 3, 10, 30, 100 мм/с в зависимости от положения переключателя, а цифры, стоящие в знаменателе: 10, 30, 100, 300, 1000 мкм. Измерительный прибор имеет две шкалы. При положении переключателя 1 /10, 10/100, 100/1000 пользуются верхней шкалой, при положении 3/30, 30/300 – нижней.

Порядок проведения исследований

I. Измерение амплитуды колебаний:

- затянуть винты 5, тем самым выключить виброизоляцию;
- переключатель рода измерений прибора ВИП-2 установить в положение « μm » (измерение амплитуды);
- переключатель диапазонов прибора установить в крайнее правое положение (чувствительность прибора минимальная);
- включить установку тумблером 6;
- регулятором 7 установить напряжение, подаваемое на электродвигатель 100 В;
- переключатель диапазонов перевести в положение, при котором стрелка прибора отклонится на величину, удобную для отсчета. Результат измерения амплитуды занести в табл. 1.42;
- устанавливая поочередно напряжение на двигателе 110, 120, 130, 140, 150 В, измерить амплитуду колебаний при соответствующих режимах работы электродвигателя. Результаты занести в табл. 1.42;
- выключить установку.

II. Измерение виброскорости колебаний:

- переключатель рода измерений ВИП-2 установить в положение «mm/s» (измерение виброскорости);
- результаты занести в табл. 1.42.

III. Оценка эффективности виброизоляции:

- не ослабляя прижимных винтов 5, включить установку, переключатель рода измерений прибора установить в положение измерения виброскорости.

- установить режим работы двигателя (напряжение питания), при котором виброскорость платформы принимает максимальное значение. Результат измерения максимальной виброскорости занести в табл. 1.42;

- выключить установку;

- отпустить прижимные винты 5 (включена виброизоляция);

- включить установку. Не изменяя режима работы электродвигателя, в соответствии с п. II определить виброскорость при включенной виброизоляции;

- результат измерения занести в табл. 1.42 и сделать выводы об эффективности виброизоляции μ ;

- выключить установку.

Таблица 1.42

Результаты измерения вибрации и оценки эффективности виброизоляции

Напряжение, В	Амплитуда А, мм	Виброскорость V, мм/с	Виброскорость при включенной виброизоляции V_B , мм/с	Эффективность виброизоляции $\mu = V_B/V$
100				
110				
120				
130				
140				
150				

Контрольные вопросы и задания

1. Перечислите причины возникновения производственной вибрации.

2. Назовите виды и категории производственной вибрации.

2. Охарактеризуйте количественные параметры производственной вибрации.

4. Расскажите о причинах возникновения вибрационной болезни.

5. Работа с ручным инструментом ($L_{ЭКВ} = 128$ дБ) производится при температуре 4 °С и сопровождается шумом, уровень которого 116 дБА. Категория работ по тяжести – 3.1 (вредная первой степени).

6. Определите срок и вероятность развития вибрационной болезни работающих в этих условиях.

Лабораторная работа № 8 «Исследование производственного шума»

1. Краткие теоретические сведения

С физиологической точки зрения **шум** – это любой звук, который может вызвать потерю слуха или быть вредным для здоровья или опасным в другом отношении. Как физическое явление шум – это беспорядочные колебания различной физической природы, отличающиеся сложностью временных и спектральных характеристик. Шумы содержат звуки различных частот. Человек обладает неодинаковой чувствительностью к звукам различной частоты. Поэтому одной из важных характеристик шума является его частота f , измеряемая в герцах (Гц). Для гигиенической оценки шума используют звуковой диапазон частот от 45 до 11000 Гц, включающий девять октавных полос со среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000 и 8000 Гц.

Октавная полоса (октава) – это такая полоса частот, в которой верхняя граничная частота f_B в два раза превышает нижнюю граничную частоту f_H , т. е.

$$f_{CG} = (f_B \cdot f_H)^{1/2} = [2 \cdot (f_H)^2]^{1/2} \approx 1,4 \cdot f_H,$$

где f_{CG} – среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц.

Пространство, в котором распространяются звуковые волны, называют **звуковым полем**. Любая точка звукового поля имеет определенное давление, скорость и кинетическую энергию частиц воздуха. При прохождении звуковых колебаний в среде частички среды совершают колебания относительно своего первоначального положения. Скорость этих колебаний значительно меньше скорости распространения звука в воздухе. Во время прохождения звуковых колебаний в воздушной среде появляются области разряжения и области повышенного давления. Разность давления в возмущенной и невозмущенной воздушной среде определяет величину **звукового давления** P , которое измеряют в паскалях (Па).

Слуховой анализатор человека начинает воспринимать изменение звукового давления от $P_1 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па. Порогом болевого ощущения является звуковое давление, равное $2 \cdot 10^2$ Па.

Поток звуковой энергии в единицу времени, отнесенный к единице поверхности, перпендикулярной к направлению распространения звуковой волны, называют **интенсивностью звука** в данной точке J , измеряемой в Вт/м^2 . Минимальное значение интенсивности J_0 , едва различимое слуховым анализатором человека, равно $J_0 = 10^{-12} \text{ Вт/м}^2$.

Интенсивность звука и звуковое давление связаны между собой следующим соотношением:

$$J = P^2/(\rho \cdot C), \text{ Вт/м}^2,$$

где $\rho \cdot C$ – удельное акустическое сопротивление или акустическая жесткость среды, $\text{Н} \cdot \text{с/м}^3$, например, для воды – $\rho \cdot C = 1,5 \cdot 10^6$, воздуха – $\rho \cdot C = 410$, стали – $\rho \cdot C = 4,8 \cdot 10^7$.

Таким образом, величина звукового давления от порога слышимости до порога болевого ощущения изменяется в 10^8 раз, а интенсивность звука – в 10^{12} раз. Такой большой диапазон изменения звукового давления и интенсивности звука не оказывает негативного влияния на организм человека, так как его ощущения при восприятии звука пропорциональны не абсолютному, а логарифмическому изменению энергии звукового раздражителя, т. е. воспринимают не абсолютное изменение звукового давления и интенсивности звука, а их относительный прирост или уменьшение.

Указанная физиологическая особенность слухового анализатора человека позволяет избежать неудобства, связанные с использованием в инженерно-технических расчетах больших чисел. Уровень интенсивности звука L_I при пороге слышимости, равном $I_0 = 10^{-12} \text{ Вт/м}^2$, условно принят за «0» – бел (Б). При возрастании интенсивности звука в 10 раз $I_0 = 10^{-11} \text{ Вт/м}^2$, а $L_I = 1 \text{ Б}$, в 100 раз $I_0 = 10^{-10} \text{ Вт/м}^2$, $L_I = 2 \text{ Б}$, в 1000 раз $I_0 = 10^{-9} \text{ Вт/м}^2$, $L_I = 3 \text{ Б}$ и т. д.

Ухо человека способно фиксировать изменение уровня интенсивности звука на 0,1 Б, т. е. на 1 децибел – 1 дБ (деци означает 10^{-1}).

Логарифмические уровни L_P и L_J рассчитывают относительно порогово ощутимых значений P_0 и J_0 :

$$L_J = 10 \lg(J/J_0); \quad L_P = 20 \lg(P/P_0).$$

Логарифмическая шкала удобна для оценки шума, так как уровень интенсивности звука L_J и уровень звукового давления L_P укладываются в

пределах от 0 до 140 дБ. Например, если использовать логарифмическую шкалу, то уровень звука интенсивностью $I_0 = 10^{-8}$ Вт/м² составит

$$L_1 = \lg(10^{-8}/10^{-12}) = \lg 10^4 = 40 \text{ дБ.}$$

Когда в расчетную точку поступает шум от нескольких источников n , то суммарный уровень от действия шума оценивают суммой интенсивностей

$$\sum J = J_1 + J_2 + J_3 + \dots + J_n.$$

Разделим левую и правую части этого выражения на J_0 , прологарифмируем и получим

$$10 (\sum J/J_0) = 10 \lg[(J_1/J_0) + (J_2/J_0) + (J_3/J_0) + \dots + (J_n/J_0)].$$

Суммарный уровень интенсивности (дБ) для n одинаковых источников шума будет равен

$$L_J = 10 \lg(n \cdot 10^{0,1L_1}).$$

Любой источник шума характеризуется также звуковой мощностью, измеряемой в ваттах (Вт). **Звуковая мощность** W – это общее количество звуковой энергии, излучаемой источником шума в окружающее пространство в единицу времени. По аналогии с уровнем звукового давления, уровнем интенсивности звука в акустических расчетах принято использовать относительную величину L_W – уровень звуковой мощности

$$L_W = 10 \lg(W/W_0),$$

где W_0 – пороговая звуковая мощность, $W_0 = 10^{-12}$ Вт.

Источники шума излучают звуковую энергию неравномерно по всем направлениям, т. е. обладают направленностью излучения, которая характеризуется *фактором направленности*

$$\Phi = J_1/J_{\text{ср.}}$$

где $J_{\text{ср}}$ – средняя интенсивность звука, Вт/м².

На поверхности сферы радиусом r , окружающей точечный источник шума, размеры которого малы по сравнению с длиной звуковых волн, средняя интенсивность звука равна

$$J_{\text{СР}} = W/(4\pi \cdot r^2).$$

Поскольку интенсивность звука пропорциональна квадрату звукового давления, то фактор направленности Φ излучения шума составит

$$\Phi = P^2/(P_{\text{СР}})^2,$$

где $P_{\text{СР}}$ – среднее звуковое давление по направлениям излучения шума, Па.

При равномерном распространении звука во всех направлениях фактор направленности излучения шума $\Phi = 1$.

Пространственный угол излучения Ω зависит от местоположения источника шума. Если источник шума находится в открытом пространстве, то $\Omega = 4\pi$, на поверхности стены, перекрытия $\Omega = 2\pi$, в двухгранном углу, образованном ограждающими конструкциями, $\Omega = \pi$, а в трехгранном углу – $\Omega = \pi/2$.

Звуковая мощность W источника шума – величина постоянная. Уровни звукового давления в той или иной точке звукового поля зависят от места расположения источника шума (открытое пространство или помещение), путей проникновения шума на рабочее место. Процесс передачи энергии звуковых колебаний от источника их возникновения на рабочие места происходит как непосредственно по воздуху (воздушный шум) через неплотности в строительных конструкциях зданий, ограждающих поверхностях кабины и др., так и путем возбуждения колебательных движений ограждающих поверхностей (структурный шум).

Производственный шум классифицируют по спектральным, временным характеристикам и по происхождению.

По характеру спектра шум подразделяют:

- на широкополосный с непрерывным спектром шириной более одной октавы;
- тональный, в спектре которого имеются выраженные дискретные тона (четко прослушивается звук определенной частоты).

По временным характеристикам шум подразделяют на постоянный, уровень звука которого за восьмичасовой рабочий день (рабочую смену) изменяется во времени не более чем на 5 дБА при изме-

рениях по временной характеристике шумомера «медленно», и непостоянный, уровень звука которого за восьмичасовой рабочий день (рабочую смену) изменяется во времени более чем на 5 дБА при измерениях на той же характеристике шумомера.

Шумовое воздействие на работника является, как правило, непостоянным по уровню шума или времени его действия. Непостоянные шумы подразделяют:

- на прерывистые – уровень звука изменяется ступенчато (на 5 дБА и более, причем длительность интервалов в течение которых уровень звука остается постоянным, составляет 1 с и более);

- колеблющиеся во времени – уровень звука непрерывно изменяется во времени;

- импульсные – уровень состоит из одного или нескольких звуковых сигналов каждый длительностью менее 1 с, при этом уровни звука, измеренные шумомерами на временных характеристиках «медленно» и «импульс», отличаются не менее, чем на 7 дБ.

Для оценки непостоянного шума используют эквивалентный (по энергии) уровень $L_{ЭКВ}$ – уровень постоянного шума, создающий в течение определенного времени, например за рабочую смену, ту же дозу, что и данный непостоянный шум.

Дозу шума D применяют для оценки акустической энергии, воздействующей на человека за время действия непостоянного шума. Единица измерения дозы шума – $\text{Па}^2 \cdot \text{ч}$. В расчетах удобнее использовать относительное значение дозы шума ДШ в долях от допустимой:

$$\text{ДШ} = D/D_{\text{доп}},$$

где $D_{\text{доп}}$ – допустимая доза шума

$$D_{\text{доп}} = (P_{\text{Адоп}})^2 \cdot T_{\text{доп}},$$

где $P_{\text{Адоп}}$ – допустимое значение звукового давления, в расчетах принимают $P_{\text{Адоп}} = 0,35 \text{ Па}$; $T_{\text{доп}} = 8 \text{ ч}$.

Например, при $P_{\text{Адоп}} = 0,35 \text{ Па}$ и $T_{\text{доп}} = 8 \text{ ч}$ получаем допустимую дозу шума $D_{\text{доп}} = 1 \text{ Па}^2 \cdot \text{ч}$. При дозе шума $D = 2 \text{ Па}^2 \cdot \text{ч}$ – $\text{ДШ} = 2 \text{ Па}^2 \cdot \text{ч} / 1 \text{ Па}^2 \cdot \text{ч} = 2$, т. е. превышает допустимую дозу в два раза.

При измерении или расчете эквивалентного (по энергии) уровня используют правило «равной энергии» (параметр эквивалентности q) – число децибел, прибавляемых к уровню шума при уменьшении времени

его действия в два раза для сохранения той же дозы шума. Параметр эквивалентности $q = 3$. Например, шум с уровнем 85 дБА, действующий в течение 8 ч, энергетически эквивалентен шуму с уровнем 88 дБА, действующему в течение 4 ч, или 91 дБА – 2 ч, или 94 дБА – 1 ч и т. д.

Можно определить необходимое количество дней работы $N_{0,5}$ при 0,5 дозы шума (эквивалентный уровень 82 дБА) после выполнения работ

$$N_{0,5} = n \cdot \Delta ДШ^{1/2},$$

где n – количество дней работы в шумных условиях; $\Delta ДШ$ – превышение дозы шума за каждый день, раз.

Для оценки суммарного воздействия производственного и внепроизводственного шума используют среднесуточную дозу.

Суточная доза шума состоит из трех парциальных доз, соответствующих трем восьмичасовым периодам суток, отражающим основные виды жизнедеятельности человека: труд $ДШ_{ТР}$, деятельность и отдых в домашних условиях $ДШ_{ОТД}$ и сон $ДШ_{СОН}$.

Парциальные дозы определяют отдельно для каждого восьмичасового периода с учетом соответствующих им допустимых уровней шума.

Среднесуточную дозу определяют делением суммы парциальных доз на три (количество периодов суток)

$$ДШ_{СР,СУТ} = (ДШ_{ТР} + ДШ_{ОТД} + ДШ_{СОН})/3.$$

При средней суточной дозе не более единицы ($ДШ_{СР,СУТ} \leq 1$) для человека обеспечиваются приемлемые акустические условия на производстве и в быту.

По происхождению шум подразделяют:

- на шум аэродинамического происхождения – шум, возникающий вследствие стационарных или нестационарных процессов в газах (истечение сжатого воздуха или газа из отверстий, пульсация давления при движении потоков воздуха или газа в трубах или при движении в воздухе тел с большими скоростями, горение топлива в форсунках и др.);
- шум гидродинамического происхождения – шум, возникающий вследствие стационарных или нестационарных процессов в жидкостях (гидравлические удары, турбулентность потока, кавитация и др.);

- шум электромагнитного происхождения – шум, возникающий вследствие колебаний электромеханических устройств под влиянием переменных магнитных сил (колебания статора и ротора электрических машин, сердечника трансформатора и др.);

- шум механического происхождения – шум, возникающий в результате неправильной центровки и неуравновешенности вращающихся частей, некачественного проведения планово-предупредительного ремонта оборудования и др.

Шум даже небольших уровней оказывает значительное влияние на слуховой анализатор человека (рис. 1.35), включающий в себя наружное ухо, среднее (осуществляет передачу звуковых колебаний) и внутреннее ухо (в нем звуковые колебания преобразуются в электрические сигналы, которые поступают в корковый отдел анализатора).

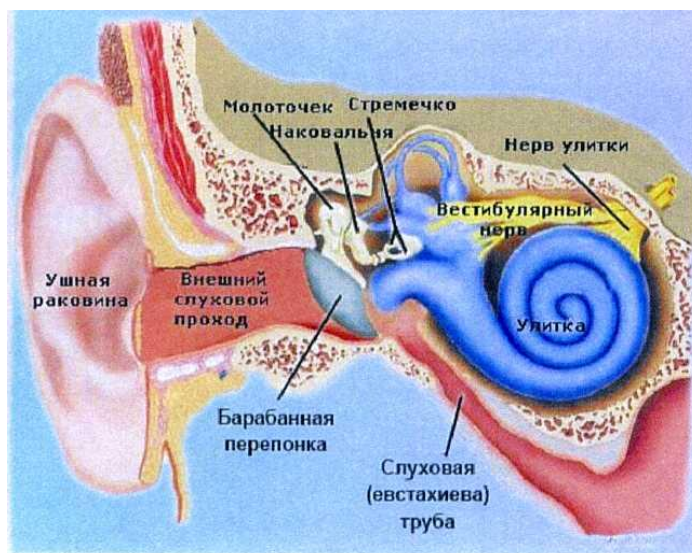


Рис. 1.35. Строение органа слуха человека

Ушная раковина концентрирует звуки и направляет их в слуховой проход к барабанной перепонке, разграничивающей наружное и среднее ухо. Ее колебания передаются слуховым косточкам (молоточку, наковальне и стремечку), а затем мембране овального окна. При этом давление звуковых волн увеличивается в 30 раз, что обеспечивает колебания жидкости во внутреннем ухе. Полость среднего уха соединена с носоглоткой, и давление в нем уравнивается с атмосферным давлением с помощью евстахиевой трубы. Овальное окно с мембраной ограничивает среднее ухо от внутреннего, в котором к органу слуха относится улитка, канал которой разделен как бы на два этажа мембраной, состоящей из отдельных волокон разной длины.

Самые длинные волокна расположены на вершине улитки, а самые короткие – у ее основания. На этих волокнах расположены слуховые волосковые клетки. Такие клетки на вершине улитки воспринимают низкие звуки, а у основания – высокие. Человек может воспринимать звуки с частотой от 16 Гц до 20 кГц (табл. 1.43).

Таблица 1.43

Среднегеометрические и граничные частоты октавных полос

Среднегеометрические частоты $f_{сг}$ октавных полос, Гц	Граничные частоты, Гц	
	нижние $f_{н}$	верхние $f_{в}$
31,5	22,4	45
63	45	90
125	90	180
250	180	355
500	355	710
1000	710	1400
2000	1 400	2800
4000	2 800	5600
8000	5 600	11200

Орган слуха через центральную нервную систему (ЦНС) связан с различными органами жизнедеятельности человека. Поэтому шум оказывает вредное влияние на весь организм. Длительное воздействие интенсивного шума на человека приводит к заболеваниям нервной и сердечно-сосудистой систем, внутренних органов и психическим расстройствам. Выраженные психологические реакции проявляются начиная с уровня шума 30 дБ. Нарушения вегетативной нервной системы и периферического кровообращения наблюдаются при шуме 40–70 дБ. Воздействие шума в 50–60 дБ на ЦНС проявляется в виде замедления реакций человека, нарушений биоэлектрической активности головного мозга с общими функциональными расстройствами организма и биохимическими в структурах головного мозга. Интенсивный шум (80 дБА и более) при длительном – более 10 лет воздействии приводит к снижению слуха, развитию профессионального заболевания – *сенсоневральной тугоухости*, снижению работоспособности и создает предпосылки для общих заболеваний и производственного травматизма. Вероятность повреждения органов слуха зависит от эквивалентного уровня звука и продолжительности воздействия (табл. 1.44).

Для оценки и прогноза отдаленных последствий влияния шума на человека используют *уровень стажевой дозы шума* – величину, характеризующую шумовое воздействие за рабочий стаж и учитывающую эквивалентный уровень шума $L_{ЭКВ}$, и логарифм стажа по формуле

$$L_{ДШ(T)} = L_{ЭКВ} - 10 \lg(T/T_0),$$

где T – стаж в годах; $T_0 = 1$ год.

Таблица 1.44

Вероятность повреждения органов слуха, %

Эквивалентный уровень звука, дБА	Продолжительность работы, годы			
	5	15	25	35
80	0	0	0	0
85	1	5	7	9
95	7	24	29	32
105	18	53	60	61
115	36	83	84	85

Ухудшение слуха или его полная потеря являются основным критерием воздействия шума при физических работах. Для напряженного умственного труда на первое место выступают нервно-психические нарушения, вызванные воздействием шума. Эти выводы и положены в основу санитарно-гигиенического нормирования, основанного на результатах физиологических исследований действия шума на человека при различной трудовой деятельности. Санитарно-гигиеническому нормированию подлежат следующие характеристики звукового поля:

- уровень звукового давления в октавных полосах частот (для постоянного шума);
- уровень звука – уровень звука постоянного широкополосного шума, который имеет то же самое звуковое давление, что и данный непостоянный шум в течение определенного времени;
- эквивалентные уровни звука (для непостоянного шума);
- длительность воздействия шума на человека в течение смены в зависимости от уровня и характера шума.

Санитарно-гигиенические требования к производственному шуму регламентируют:

- ГОСТ 12.1.003-83 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности»;
- СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки»;
- СанПиН 2.2.2.540-96 «Гигиенические требования к ручным инструментам и организации работ».

В табл. 1.45 приведены предельно допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука для основных наиболее типичных видов трудовой деятельности и рабочих мест. Допустимые уровни шума в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки установлены СН 2.2.4/2.1.8.562-96 в зависимости от времени суток (день, ночь) и назначения помещения или территории (табл. 1.46).

Наряду с санитарно-гигиеническим нормированием шума действует техническое нормирование – система ограничений шумовых характеристик оборудования, основанная на достижениях науки и техники по снижению шума. Результатом технического нормирования является выполнение санитарно-гигиенического нормирования. Техническому нормированию подлежат прежде всего уровни звуковой мощности в октавных полосах частот. Значения предельно допустимых шумовых характеристик (ПДШХ) рассчитывают методами:

- обратной задачи – при эксплуатации машин разных типов, произвольным образом расположенных в помещении;
- поправок – при эксплуатации однотипного оборудования, равномерно размещенного в помещении.

Цели установления ПДШХ оборудования:

- обеспечение условий труда, при которых шум, воздействующий на работника, не должен превышать предельно допустимых уровней, регламентированных нормативно-техническими документами;
- обеспечение требований охраны окружающей среды на расстоянии 700–1500 м от зоны жилой застройки в соответствии с СН 2.2.4/2.1.8.562-96.

Таблица 1.45

Предельно допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука для основных наиболее типичных видов трудовой деятельности и рабочих мест

Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБ(А)
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Теоретическая деятельность, руководящая работа с повышенными требованиями, научная деятельность, конструирование и проектирование, преподавание и обучение, врачебная деятельность. Рабочие места в помещениях дирекции, проектно-конструкторских бюро, расчетчиков, программистов вычислительных машин, в лабораториях для теоретических работ и обработки данных, приема больных в здравпунктах	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
Высококвалифицированная работа, требующая сосредоточенности, административно-управленческая деятельность, измерительные и аналитические работы в лаборатории; рабочие места в помещениях цехового управленческого аппарата, рабочих комнатах конторских помещений, лабораториях	93	79	70	68	58	55	52	50	49	60
Работа, выполняемая с частично полученными указаниями и акустическими сигналами; работа, требующая постоянного слухового контроля; операторская работа по точному графику с инструкцией; диспетчерская работа. Рабочие места в помещениях диспетчерской службы, кабинетах и помещениях наблюдения и дистанционного управления с речевой связью по телефону; машинописных бюро, на участках точной сборки, на телефонных станциях, в помещениях мастеров, залах обработки информации на вычислительных машинах	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65

Окончание табл. 1.45

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Работа, требующая сосредоточенности; работа с повышенными требованиями к процессам наблюдения и дистанционного управления производственными циклами. Рабочие места за пультами в кабинах наблюдения и дистанционного управления без речевой связи по телефону, в помещениях для размещения шумных агрегатов вычислительных машин	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
Выполнение всех видов работ (за исключением перечисленных выше и аналогичных рабочих мест в производственных помещениях и на территории предприятия)	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Таблица 1.46

**Предельно допустимые уровни шума в помещениях жилых, общественных зданий
и на территориях жилой застройки**

Назначение помещения или территории	Время суток	Предельно допустимые уровни звукового давления постоянного и прерывистого шума, дБ, на среднегеометрических частотах октавных полос, Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Жилые здания:									
а) жилые комнаты квартир	7–23 ч	63	52	45	39	35	32	30	28
	23–7 ч	55	44	35	29	25	22	20	18
б) жилые комнаты общежитий	7–23 ч	67	57	49	44	40	37	35	33
	23–7 ч	59	48	40	34	30	27	25	23
в) номера гостиниц	7–23 ч	67	57	49	44	40	37	35	33
	23–7 ч	59	48	40	34	30	27	25	23
г) территории жилой застройки	7–23 ч	75	66	59	54	50	47	45	43
	23–7 ч	67	57	49	44	40	37	35	33
Жилые помещения домов отдыха и пансионатов	7–23 ч	63	52	45	39	35	32	30	28
	23–7 ч	55	44	35	29	25	22	20	18
Места отдыха:									
а) площадки отдыха микрорайонов		67	57	49	44	40	37	35	33
б) сады, парки (зоны тихого отдыха)		67	57	49	44	40	37	35	33
в) зоны массового отдыха		71	61	54	49	45	42	40	38
Территории, непосредственно прилегающие к зданиям поликлиник, школ и других учебных заведений, детских дошкольных учреждений		75	66	59	54	50	47	45	44
Помещения офисов, рабочие помещения и кабинеты административных зданий, конструкторских, проектных и научно-исследовательских организаций	7–23 ч	71	61	54	49	45	42	40	38
Палаты больниц и санаториев	7–23 ч	59	48	40	34	30	27	25	23
	23–7 ч	52	39	32	24	20	17	14	13

2. Порядок выполнения лабораторной работы

Схема лабораторного стенда приведена на рис. 1.36. В качестве источников шума используют генераторы звука: высокочастотный – 2 и низкочастотный – 3. Генераторы и микрофон шумомера 4 помещены в шумоизмерительную камеру 1, изготовленную из древесностружечной плиты.

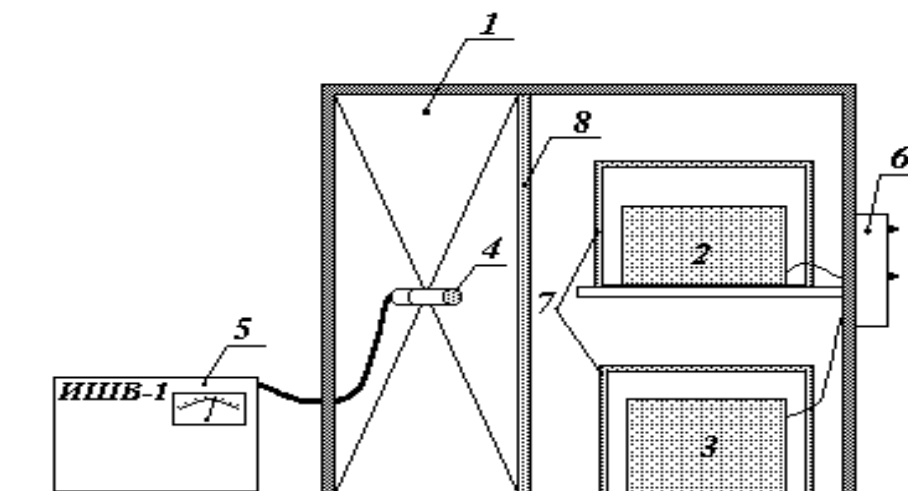


Рис. 1.36. Схема лабораторного стенда:

1 – шумоизмерительная камера; 2 – высокочастотный источник шума;
3 – низкочастотный источник шума; 4 – микрофон; 5 – измеритель шума;
6 – пульт управления лабораторным стендом; 7 – защитный кожух; 8 – экран

Для наглядности передняя панель выполнена из оргстекла. Шумоизмерительная камера позволяет создавать в лаборатории необходимые условия. Для измерения звукопоглощающих и звукоизолирующих способностей материалов в шумоизмерительную камеру 1 помещают экран 8 и защитные кожухи 7 из различных материалов.

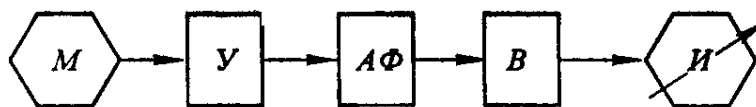
Измерительный микрофон 4 шумомера 5 состоит из микрофонного капсуля и предварительного усилителя. Микрофон (емкостного типа) преобразует звуковое давление в электрическое напряжение. Это напряжение поступает на усилительную часть шумомера и усиливается им до величины, необходимой для нормальной работы среднеквадратичного детектора, и затем поступает на стрелочный прибор, проградуированный в дБ.

Для оценки шума используется отечественный измеритель (рис. 1.37, а), структурная схема которого приведена на рис. 1.37, б. Микрофон M шумомера преобразует звуковые колебания в электрический ток, который усиливается в усилителе $У$, проходит через акустический фильтр (частотный анализатор) $АФ$, выпрямитель $В$ и фик-

сируется индикатором *И*. Работа индикатора шума основана на принципе интерференции колебаний или явлений резонансного усиления.



a



б

Рис. 1.37. Шумомер-анализатор (а) и его структурная схема (б)

Анализатор шума представляет собой электрический контур, который усиливает колебания только заданной частоты, не пропуская и, следовательно, не усиливая звуки других частот. Индикатор шумомера проградуирован в дБ действующих значений измеряемых уровней звукового давления. Значение измеряемой величины определяется суммированием положений ДЕЛИТЕЛЬ I, ДЕЛИТЕЛЬ II и показаниями по шкале прибора.

Измерение уровней звукового давления в октавных полосах частот осуществляется с помощью встроенных в прибор измерительных октавных фильтров. Октавные фильтры имеют коэффициент передачи, близкий к 1, и включаются в измерительный тракт в положении переключателя РОД ИЗМЕРЕНИЯ – ФИЛЬТРЫ. Для поддержания постоянного коэффициента усиления измерительного тракта предусмотрена электрическая калибровка измерительного прибора.

При выполнении лабораторной работы необходимо соблюдать следующие требования безопасности:

- к работе допускаются студенты, ознакомленные с устройством лабораторной установки;

- включать установку в работу только после разрешения преподавателя;

- перед измерениями необходимо знать смысл переключения каждого тумблера, при выполнении экспериментов запрещается трогать и открывать дверцы с источниками шума;

- после окончания экспериментов выключить установку и привести рабочее место в порядок.

Выполнение лабораторной работы производится в следующем порядке:

1) включить шумомер, для чего необходимо на панели прибора переключателя установить в следующие положения:

- ДЕЛИТЕЛЬ I – в положение «80», ДЕЛИТЕЛЬ II – в положение «40»;

- РОД ИЗМЕРЕНИЯ – в положение «ЛИН», РОД РАБОТЫ – «быстро»;

- ЗВУК, ВИБРАЦИЯ – «звук».

Если при измерениях стрелка прибора находится в левой части шкалы, она выводится в переднюю часть изменением положения переключателей ДЕЛИТЕЛЬ I, а затем – ДЕЛИТЕЛЬ II.

Отсчет показания по прибору производится суммированием показаний ДЕЛИТЕЛЬ I, ДЕЛИТЕЛЬ II, стрелочного индикатора с учетом коэффициента поправки на чувствительность микрофона K (для данной настройки $K = -2$).

Пусть при измерении получены показатели: ДЕЛИТЕЛЬ I – 80, ДЕЛИТЕЛЬ II – 20, шкала прибора – 7. Тогда результат измерений будет равен $80 + 20 + 7 - 2 = 105$ дБ;

2) измерить уровни звукового давления в октавных полосах частот, для чего переключатель РОД ИЗМЕРЕНИЯ установить в положение ФИЛЬТРЫ, переключатель ЧАСТОТА поочередно в положения 16, 32, ... 8000 Гц.

При измерении уровней звукового давления в октавных полосах частот пользуются только переключателем ДЕЛИТЕЛЬ II, устанавливая его в каждой октавной полосе частот в такое положение, при котором стрелка измерительного прибора устанавливается в правой

части шкалы. Пользоваться переключателем ДЕЛИТЕЛЬ I не допускается;

3) измерить уровень шума высокочастотного генератора 2 без средств защиты. Результаты измерений занести в табл. 1.47;

4) измерить уровень шума низкочастотного генератора 3 без средств защиты. Результаты измерений занести в табл. 1.47;

5) измерить суммарный уровень шума высокочастотного и низкочастотного генераторов без средств защиты. Результаты измерений занести в табл. 1.47. Построить спектры шума и, предварительно получив у преподавателя тип помещения или характеристику рабочего места, сравнить измеренные значения с нормируемыми параметрами (см. табл. 1.45–1.46);

6) измерить уровень шума высокочастотного генератора 2 с применением звукоизолирующего кожуха. Результаты измерений занести в табл. 1.47;

7) измерить уровень шума высокочастотного генератора 2 с применением экрана. Результаты измерений занести в табл. 1.47;

8) измерить уровень шума низкочастотного генератора 3 с применением звукоизолирующего кожуха. Результаты измерений занести в табл. 1.47;

9) измерить уровень шума низкочастотного генератора 3 с применением экрана. Результаты измерений занести в табл. 1.47;

10) измерить суммарный уровень шума высокочастотного и низкочастотного генераторов с применением звукоизолирующего кожуха. Результаты измерений занести в табл. 1.47;

11) измерить суммарный уровень шума высокочастотного и низкочастотного генератора с применением экрана. Результаты измерений занести в табл. 1.47.

Содержание отчета о выполненной лабораторной работе включает:

- характеристику (назначение) помещения или рабочего места;
- экспериментальные данные (табл. 1.47);
- графики спектров исследуемых шумов с нормируемыми кривыми предельного спектра;
- выводы об эффективности средств снижения шума.

Таблица 1.47

Результаты исследования производственного шума

Источник шума и средства защиты	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБ(А)
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Высокочастотный генератор 2 без средств защиты										
Низкочастотный генератор 3 без средств защиты										
Высокочастотный и низкочастотный генераторы без средств защиты										
Высокочастотный генератор 2 со звукоизолирующим кожухом										
Высокочастотный генератор 2 с экраном										
Низкочастотный генератор 2 со звукоизолирующим кожухом										
Низкочастотный генератор 2 с экраном										
Высокочастотный и низкочастотный генераторы со звукоизолирующим кожухом										
Высокочастотный и низкочастотный генераторы с экраном										

Контрольные вопросы и задания

1. Назовите источники шума и количественные параметры шума.
2. В чем состоит влияние шума на организм человека?
3. Расскажите о видах нормирования шума.
4. Что такое октава?
5. Оцените суточную дозу шума при следующих исходных данных: на служащего в проектном институте воздействует шум уровнем 50 дБА, в домашних условиях – днем 50 дБА, ночью – 35 дБА.

Лабораторная работа № 9

«Оценка эффективности действия защитного заземления»

1. Краткие теоретические сведения

Защитное заземление – это преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом (вода реки или моря, каменный уголь в пласте и т. п.) металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением вследствие замыкания на корпус или по другим причинам.

Замыканием на корпус называется случайное электрическое соединение токоведущей части с металлическими нетоковедущими частями электроустановки.

Назначение защитного заземления – устранение опасности поражения током в случае прикосновения человека к корпусу установки (рис. 1.38) и другим нетоковедущим металлическим частям, оказавшимся под напряжением вследствие замыкания на корпус.



Рис. 1.38. Прикосновение человека к корпусу электрооборудования, находящемуся под напряжением

Человек, прикоснувшийся к корпусу с поврежденной изоляцией, будет находиться под напряжением прикосновения $U_{пр}$ – разности потенциалов двух точек – точки касания $U_к$ и точки опоры $U_{оп}$

$$U_{пр} = U_к - U_{оп}, \text{ В.}$$

Если корпус электрооборудования не заземлен, то прикосновение человека к такому корпусу равносильно однофазному включению. Допустим, что человек имеет проводящую обувь, стоит на проводящем полу, т. е. сопротивление обуви $R_{об} = 0$, пола $R_п = 0$, тогда ток, проходящий через тело человека, при фазном напряжении $U_ф = 220 \text{ В}$, расчетном сопротивлении тела $R_h = 1000 \text{ Ом}$, будет равен

$$I_h = U_ф / R_h = 220 / 1000 = 0,22 \text{ А,}$$

а напряжение прикосновения

$$U_{пр} = I_h \cdot R_h = 0,22 \cdot 1000 = 220 \text{ В.}$$

Итак, прикосновение человека к корпусу незаземленного электрооборудования представляет смертельную опасность.

Напряжения прикосновения при нормальном режиме работы электроустановки для переменного напряжения до 1 кВ промышленной частотой $f = 50 \text{ Гц}$ не должны превышать 2 В.

Если же корпус электрооборудования заземлен, то ток, проходящий через тело человека в трехфазной трехпроводной сети с изолированной нейтралью напряжением 220/380 В, равен

$$I_ч = 3^{1/2} \cdot U_л / [3R_h + R_{из} + (R_h \cdot R_{из} / R_з)], \text{ А,}$$

где $R_{из}$ – сопротивление изоляции, Ом; $R_з$ – сопротивление защитного заземления, Ом.

После подстановки исходных данных получаем

$$I_ч = 3^{1/2} \cdot 380 / [3 \cdot 1000 + 0,5 \cdot 10^6 + (1000 \cdot 0,5 \cdot 10^6 / 4)] \approx 1,1 \text{ мА,}$$

т. е. ток, проходящий через тело человека, не превышает значение ощутимого, вызывающего раздражение.

Принцип действия защитного заземления (рис. 1.39) – снижение до безопасных значений напряжения прикосновения и шага, обусловленного замыканием на корпус или другими причинами. Это достигается уменьшением потенциала заземленного оборудования (сопротивления заземлителя), а также выравниванием потенциалов основания, на котором стоит человек, и заземленного оборудования.

Защитное заземление следует отличать от рабочего заземления – преднамеренного заземления с землей отдельных точек электрической цепи (например, нейтральных точек обмоток генераторов, трансформаторов), а также фазы при использовании земли в качестве фазного или обратного провода.

Защитному заземлению подлежат металлические нетоковедущие части электрооборудования, которые вследствие неисправности изоляции и других причин могут оказаться под напряжением и к которым возможно прикосновение людей и животных.

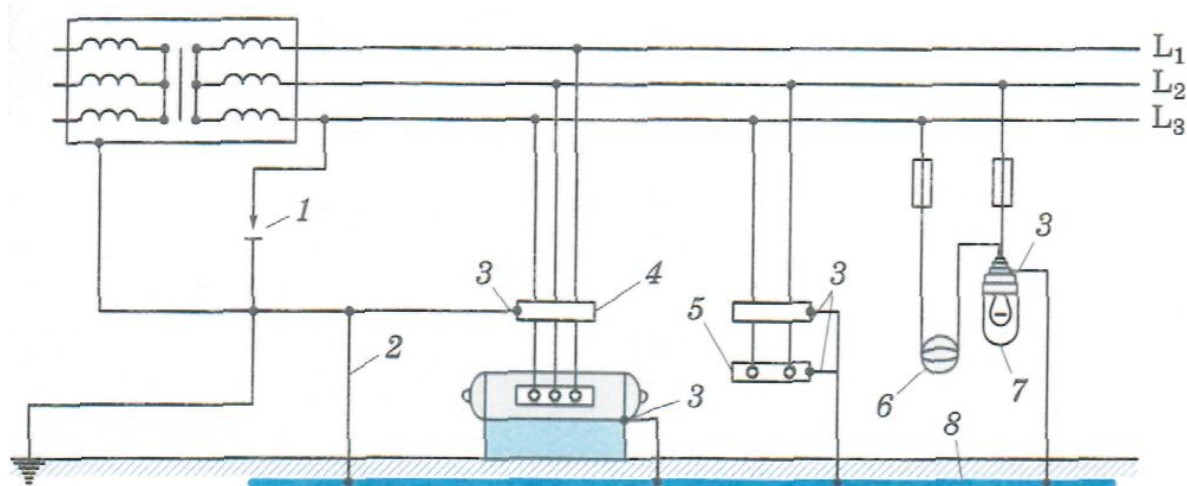


Рис. 1.39. Схема заземления в электросетях с изолированной нейтралью: 1 – пробивной предохранитель; 2 – магистраль заземления; 3 – болт присоединения заземления; 4 – защитный аппарат в металлическом корпусе; 5 – однофазный электроприемник; 6 – выключатель; 7 – светильник; 8 – заземляющая шина

Защитное заземление применяют в электроустановках с изолированной нейтралью до 1 кВ или в однофазных сетях глухозаземленным выводом источника тока (трансформатора), а также в электроустановках постоянного тока с изолированной средней точкой при повышенных требованиях безопасности.

В помещениях с повышенной опасностью и особо опасных, а также в наружных установках заземление обязательно при номинальном напряжении электроустановки (ЭУ) более 42 В переменного тока

и 110 В постоянного тока, в помещениях без повышенной опасности – при напряжении 380 В и более переменного тока и 440 В и более – постоянного тока.

Электробезопасность достигается применением *заземляющего устройства*, которое состоит из заземлителя, заземляющих проводников и главной заземляющей шины (магистраль заземления).

Металлический проводник или группа проводников, непосредственно соприкасающихся с землей, называется *заземлителем*. Заземлитель обеспечивает электрическую связь заземляющего устройства с землей.

Металлические проводники, соединяющие заземляемые части электроустановки с заземлителем, называются *заземляющими проводниками*. Заземляющий проводник соединяется с заземлителем и обеспечивает электрическую связь между заземлителем и главной заземляющей шиной, к которой, в свою очередь, присоединяются остальные защитные проводники электроустановки здания.

Заземлители могут быть естественными и искусственными.

К *естественным заземлителям* относят электропроводящие части коммуникаций, зданий и сооружений производственного или другого назначения, соприкасающиеся с землей или находящиеся в ней и используемые для заземления. В качестве естественных заземлителей используют:

- металлические и железобетонные конструкции зданий и сооружений, находящиеся в соприкосновении с землей, в том числе железобетонные фундаменты зданий и сооружений, имеющие защитные гидроизоляционные покрытия в неагрессивных, слабоагрессивных и среднеагрессивных средах;

- подъездные рельсовые пути при устройстве перемычек между рельсами в случае отсутствия автоблокировки на них и наличии изолированного стыка в начале подъездного пути (изоляция от станционных рельсовых цепей);

- металлические трубы водопровода, проложенные в земле;

- пути перекатки трансформаторов;

- металлические оболочки бронированных кабелей, проложенных в земле;

- другие находящиеся в земле металлические конструкции и сооружения.

Не рекомендуется использовать в качестве естественных заземлителей трубопроводы горючих жидкостей, горючих или взрывоопас-

ных газов и смесей и трубопроводов канализации и центрального отопления.

Искусственные заземлители – это специально устанавливаемые в земле металлические конструкции (например, стальные трубы, стержни) или горизонтальные электроды в виде полосовой стали, предназначенные для присоединения к ним заземляющих проводников.

Область грунта, лежащую вблизи заземлителя, где потенциалы не равны нулю, называют **полем растекания тока**.

Электрический ток, проходя через заземлитель в землю, преодолевает сопротивление металла, сопротивление между ним и грунтом и сопротивление грунта. В целом эти три сопротивления называют **сопротивлением растеканию тока**. Сопротивление заземлителя и переходное по сравнению с сопротивлением грунта незначительны, и поэтому в понятии сопротивления заземлителя растеканию тока учитывают лишь сопротивление грунта растеканию тока.

По расположению заземлителей относительно заземленных корпусов заземляющие устройства подразделяют на выносные и контурные.

В выносном заземляющем устройстве (рис. 1.40) заземлители расположены на некотором удалении от заземляемого оборудования, а заземленные корпуса находятся вне поля растекания тока в земле.

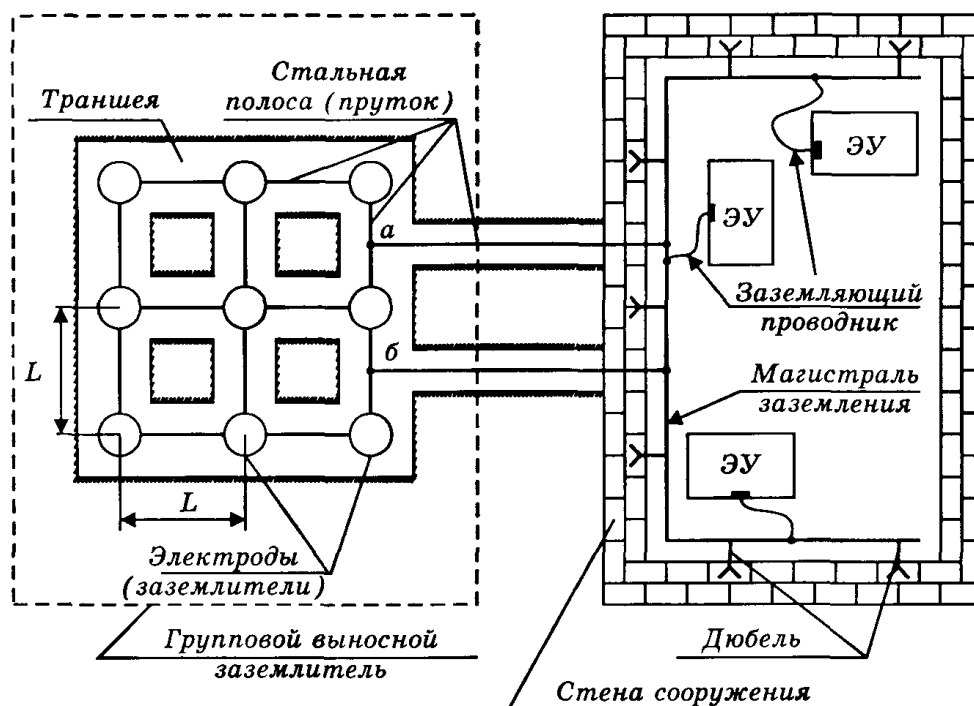


Рис. 1.40. Заземляющее устройство с групповым выносным заземлителем (L – расстояние между заземлителями)

В контурном заземляющем устройстве заземлители размещают по контуру вокруг заземляемого оборудования на небольшом (несколько метров) расстоянии друг от друга. Поля растекания токов заземлителей частично перекрываются, и в конечном счете увеличивается сопротивление растеканию тока. Внутри контура в земле, в полу или на их поверхности прокладывают горизонтальные полосы, которые дополнительно выравнивают потенциалы.

Кроме того, для обеспечения надежной работы охранной сигнализации и других устройств (например, видеонаблюдения), установленных по периметру ограждения объекта, и обеспечения безопасности людей и животных контур заземляющего устройства должен выходить за пределы ограждения объекта и располагаться в 1 м от него.

В соответствии с ПУЭ сопротивление R_3 заземляющего устройства должно быть не более:

- 4 Ом – в ЭУ до 1 кВ с изолированной нейтралью, если суммарная мощность источника питания не превышает $100 \text{ кВ} \cdot \text{А} - 10 \text{ Ом}$;
- 2, 4 и 8 Ом – в ЭУ до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью при линейных напряжениях 660, 380 и 220 В соответственно.

При удельном сопротивлении грунта ρ_0 более $100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ указанные значения сопротивлений увеличивают в отношении $\rho_0/100$, но не более десятикратного.

2. Порядок выполнения лабораторной работы

Цель лабораторной работы – оценить эффективность действия защитного заземления в электроустановках, питающихся от трехфазных трехпроводных сетей с изолированной нейтралью и от трехфазных пятипроводных сетей с заземленной нейтралью напряжением до 1 кВ.

Лабораторный стенд, представленный на рис. 1.41, позволяет моделировать защитное заземление и зануление. Он имеет три измерительных прибора: цифровой вольтметр (диапазон измерения – от 0 до 2000 В), цифровой амперметр (от 0 до 2000 А), цифровой миллисекундомер (от 0 до 999 мс).

Вольтметр включается в измерительные цепи через гнезда Х1–Х15, установленные в соответствующих точках схемы, с помощью гибких проводников, снабженных наконечниками.

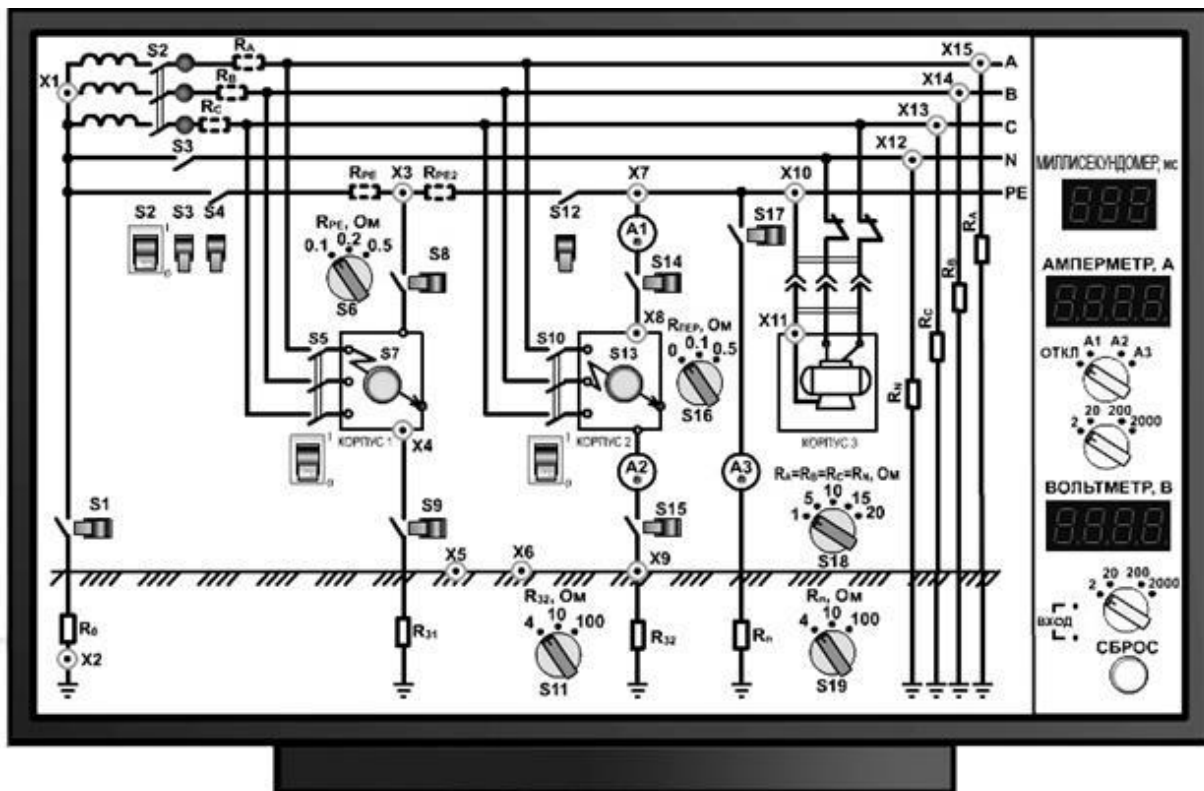


Рис. 1.41. Лабораторный стенд

Включение амперметра в цепь осуществляется с помощью переключателя, находящегося под индикатором. При соответствующем подключении загорается лампочка, указывающая на место подключения прибора. Положение «ОТКЛ» переключателя амперметра означает отсутствие амперметра в цепях стенда. В положении переключателя «А1» измеряется ток короткого замыкания, в положении «А2» – ток, стекающий с заземлителя «корпуса 2», в положении «А3» – ток замыкания на землю через повторное заземление РЕ-проводника.

Миллисекундомер запускается переключателем S13, а отключается при срабатывании автоматического выключателя S10. Лабораторный стенд позволяет в течение длительного времени сохранять режим, соответствующий периоду замыкания фазного провода на «корпус 1» и «корпус 2». Для возврата схемы в исходное состояние (после того как измерены все необходимые параметры) следует нажать кнопку «СБРОС».

При выполнении лабораторной работы необходимо соблюдать следующие требования безопасности:

- к работе допускаются студенты, ознакомленные с устройством лабораторного стенда;

- перед эксплуатацией лабораторный стенд должен быть заземлен, для чего используется элемент заземления с обозначением «земля». Присоединение к шине заземления должно быть выполнено медным проводом сечением не менее $2,5 \text{ мм}^2$;

- к работам по монтажу и проверке лабораторного стенда допускаются студенты, обученные методам безопасной работы с электрооборудованием напряжением до 1 кВ в соответствии с требованиями Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей и Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей;

- во избежание поражения электрическим током лабораторный стенд при вскрытии должен быть отключен от сети.

Оценку эффективности действия защитного заземления в сетях с изолированной нейтралью выполняют в следующем порядке:

1) изолировать нейтраль – перевести переключатель S1 в левое положение;

2) отключить N- и PE-проводники – перевести переключатели S3 и S4 в нижнее положение;

3) установить значения активных сопротивлений изоляции $R_A = R_B = R_C = R_N$ переключателем S18 в соответствии с заданием преподавателя (например, $R_A = R_B = R_C = R_N = 10 \text{ кОм}$);

4) убедиться в том, что переключатели S8, S14, S17, S9, S15 находятся в левом положении, а переключатель S12 – в нижнем положении;

5) включить стенд – перевести переключатель S2 в положение «1» (при этом загораются лампы);

6) подключить «корпус 2» к сети – автоматический выключатель S10 перевести в положение «I» («корпус 1» отключен – переключатель S5 находится в положении «O»);

7) произвести переключателем S13 замыкание фазного провода В на «корпус 2»;

8) вольтметром с помощью гибких проводников измерить:

- напряжение «корпуса 2» относительно земли ($U_{\text{пр}}$ – гнезда X8 и X2);

- напряжения фазных проводов относительно земли (U_A – гнезда X2 и X15, U_B – X2 и X14, U_C – X2 и X13). Результаты измерений записать в табл. 1;

9) кнопкой «СБРОС» устранить замыкание фазного провода на «корпус 2»;

10) выключить стенд – перевести переключатель S2 в положение «О»;

11) заземлить приемник через сопротивление (установить значение сопротивления $R_{32} = 4 \text{ Ом}$);

12) заземлить «корпус 2» – установить переключатель S15 в верхнее положение;

13) включить стенд – установить переключатель S2 в положение «1»;

14) произвести замыкание фазного провода В на «корпус 2» посредством переключателя S13;

15) вольтметром с помощью гибких проводников измерить:

- напряжение «корпуса 2» относительно земли ($U_{\text{пр}}$ – гнезда X8 и X2);

- напряжения фазных проводов относительно земли (U_A – гнезда X2 и X15, U_B – X2 и X14, U_C – X2 и X13). Результаты измерений записать в табл. 1.48;

16) последовательно устанавливая значения сопротивления $R_{32} = 4; 10; 100 \text{ Ом}$, измерить напряжение прикосновения при различных значениях расстояния до заземлителя ($U_{\text{пр1}}$ – гнезда X8 и X9, $U_{\text{пр2}}$ – X8 и X6, $U_{\text{пр3}}$ – X8 и X5). При измерении напряжения необходимо отключить амперметр (переключатель амперметра установить в положение «ОТКЛ»). Результаты измерений записать в табл. 1.48;

17) измерить ток замыкания на землю, установив переключатель амперметра в положение «А2», при этом загорается лампа, соответствующая данному подключению амперметра. При переходе с одного предела измерения амперметра на другой необходимо дождаться установившегося показания прибора. При измерениях с помощью цифровых приборов наблюдается дрейф последней цифры, поэтому в табл. 1.48 следует заносить среднее значение показаний;

18) переключатель амперметра установить в положение «ОТКЛ»;

19) отключить стенд – перевести переключатель S2 в положение «О»;

20) построить график зависимости напряжения прикосновения от расстояния до заземлителя $U = f(x)$.

Оценку эффективности действия защитного заземления в сети с изолированной нейтралью при двойном замыкании на заземленные корпуса выполняют в следующем порядке:

1) заземлить «корпус 1» – перевести переключатель S9 в правое положение;

2) подключить «корпус 1» к сети – установить автоматический выключатель S5 в положение «I»;

3) включить стенд – перевести переключатель S2 в положение «1»;

4) одновременно переключателями S7 и S13 произвести замыкание фазных проводов А и В и на «корпус 1» и «корпус 2» соответственно;

5) вольтметром с помощью гибких проводников измерить:

- напряжение «корпуса 1» относительно земли (U_{K1} – гнезда X4 и X2);

- напряжение «корпуса 2» относительно земли (U_{K2} – гнезда X8 и X2).

При измерении напряжения необходимо отключить амперметр, установив переключатель в положение «ОТКЛ». Результаты измерений записать в табл. 1.48;

6) измерить ток замыкания I_3 на землю – установить переключатель амперметра в положение «A2». Результат измерения записать в табл. 1.48;

7) переключатель амперметра установить в положение «ОТКЛ»;

8) отключить стенд – установить переключатель S2 в положение «O».

Оценку эффективности действия защитного заземления в сети с заземленной нейтралью выполняют в следующем порядке:

1) отключить «корпус 1» от сети – установить переключатель S5 в положение «O»;

2) заземлить нейтраль источника тока – перевести переключатель S1 в правое положение;

3) подключить N- и PE-проводник к источнику питания – перевести переключатели S3 и S4 в верхнее положение;

4) включить стенд – перевести переключатель S2 в положение «1»;

5) переключателем S13 замкнуть фазный провод В на «корпус 2»;

6) последовательно устанавливая значения сопротивления $R_{32} = 4; 10; 100$ Ом, вольтметром с помощью гибких проводников измерить напряжение:

- «корпуса 2» относительно земли (U_{K2} – гнезда X8 и X2);

- нейтральной точки относительно земли (U_0 – гнезда X1 и X2);

7) измерить ток замыкания на землю I_3 , установив переключатель амперметра в положение «А2». Результаты измерений записать в табл. 1.48;

8) заземлить «корпус 2» – перевести переключатель S15 в правое положение и повторить выполнение пп. 4–6 для сопротивления заземления R_{32} , равного 4, 10 и 100 Ом. Результаты измерений записать в табл. 1.48;

9) выключить стенд – установить переключатель S2 в положение «О»;

10) все переключатели перевести в исходное состояние;

11) построить графики зависимостей напряжения корпуса и тока замыкания на землю от сопротивления заземлителя $U_K = f(R_{32})$ и $I_3 = f(R_{32})$.

Контрольные вопросы и задания

1. Расскажите о классификации заземляющих устройств.
2. Назовите составляющие заземляющего устройства.
3. Объясните принцип работы и область применения защитного заземления.
4. Перечислите факторы, в зависимости от которых нормируется сопротивление защитного заземления.
5. Что такое сопротивление заземлителя растеканию тока?
6. В чем заключается отличие защитного заземления от рабочего заземления?
7. Определите величину тока, протекающего через тело человека при прикосновении его к одному проводу трехфазной сети с заземленной и изолированной нейтралью. Напряжение питающего трансформатора – 380/220 В. Сопротивление пола – 104 кОм, сопротивление изоляции – 500 кОм, сопротивление обуви – 1,5 кОм.

Оценка эффективности действия защитного заземления в сети с изолированной нейтралью

Наличие заземления	Напряжение, В							Ток замыкания на землю, А
	«корпуса 2» относительно земли U_{K2} (X8 и X2)	фазных проводов относительно земли			прикосновения при различных расстояниях до заземлителя			
		U_A (X2 и X15)	U_B (X2 и X14)	U_C (X2 и X13)	$U_{пр1}$ (X8 и X9)	$U_{пр2}$ (X8 и X6)	$U_{пр3}$ (X8 и X5)	
Корпус 2 не заземлен								
Корпус 2 заземлен								
$R_{32} = 4 \text{ Ом}$								
$R_{32} = 10 \text{ Ом}$								
$R_{32} = 100 \text{ Ом}$								

Лабораторная работа № 10 «Оценка эффективности действия зануления»

1. Краткие теоретические сведения

Зануление – это преднамеренное электрическое соединение металлических токоведущих частей электроустановки, которые могут оказаться под напряжением, с глухозаземленной нейтральной точкой обмотки источника тока в трехфазных сетях.

Принципиальная схема зануления представлена на рис. 1.42.

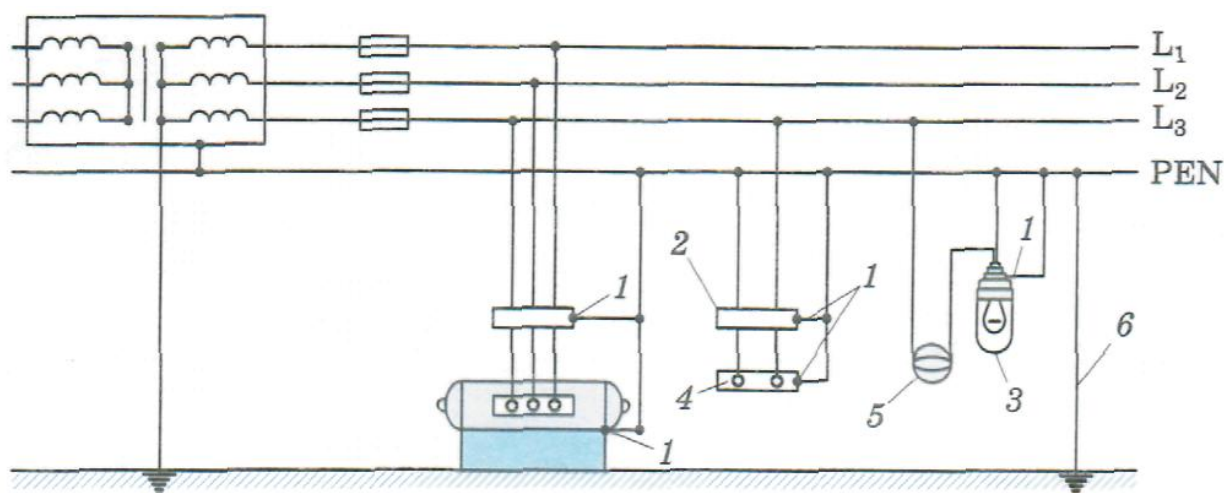


Рис. 1.42. Схема зануления в электросетях с глухозаземленной нейтралью:
1 – болт присоединения зануления; 2 – защитный аппарат в металлическом корпусе; 3 – светильник; 4 – однофазный электроприемник; 5 – выключатель;
6 – повторное заземление нулевого защитного проводника PEN

Проводник, обеспечивающий указанные соединения зануляемых частей с глухозаземленной нейтральной точкой, выводом и средней точкой обмоток источников тока, называется **нулевым защитным проводником** (РЕ-проводником). Нулевой защитный проводник следует отличать от так называемого нулевого рабочего проводника (N-проводника), который также соединен с глухозаземленной нейтральной точкой, выводом и средней точкой обмоток источников тока, но предназначен для питания током электроприемников, т. е. является частью цепи рабочего тока и по нему проходит рабочий ток.

Проводник в электроустановках напряжением до 1 кВ, совмещающий функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников, называется **совмещенным нулевым защитным и нулевым рабочим проводником** (PEN-проводником).

Назначение зануления – устранение опасности поражения током в случае прикосновения к корпусу электроустановки и к другим металлическим токоведущим частям, оказавшимся под напряжением относительно земли вследствие замыкания на корпус и по другим причинам.

Принцип действия зануления заключается в том, что при аварийном замыкании одной из фаз на корпус оборудования в электроустановках происходит короткое замыкание (через корпус) между поврежденной фазой и нулевым защитным проводником PEN. Защита человека от поражения электрическим током будет обеспечена, если значение тока $I_{кз}$ однофазного короткого замыкания удовлетворяет условию

$$I_{кз} \geq k \cdot I_{ном}, \text{ А,}$$

где k – коэффициент кратности номинального тока $I_{ном}$ плавкого предохранителя или автоматического выключателя (определяется по характеристикам указанных средств защиты).

В качестве такой защиты применяются:

- плавкие предохранители или автоматические выключатели максимального тока, устанавливаемые для защиты от тока короткого замыкания (КЗ);
- магнитные пускатели со встроенной тепловой защитой, осуществляющие защиту от перегрузки;
- автоматические выключатели с комбинированными расцепителями, обеспечивающие защиту одновременно от тока короткого замыкания и перегрузки.

Поскольку зануленный корпус (другие токоведущие металлические части) одновременно заземлен через нулевой защитный проводник, то в аварийный период, т. е. с момента возникновения замыкания на корпус и до автоматического отключения поврежденной электроустановки от сети, проявляется защитное свойство этого заземления, как при защитном заземлении. Иначе говоря, заземление корпусов через нулевой проводник снижает в аварийный период напряжение прикосновения между корпусом электроустановки (ЭУ) и землей.

Таким образом, зануление осуществляет два защитных действия – быстрое автоматическое отключение поврежденной установки от сети и снижение напряжения зануленных металлических токоведущих частей, оказавшихся под напряжением относительно земли. При этом отключение ЭУ осуществляется лишь при замыкании на корпус, а

снижение напряжения – во всех случаях возникновения напряжения на зануленных металлических токоведущих частях, в том числе при замыкании на корпус, при электростатическом и электромагнитном влиянии соседних цепей и т. п.

Область применения зануления – трехфазные четырехпроводные сети до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью, в том числе наиболее распространенные сети напряжением 380/220 В, а также сети 220/127 и 660/380 В.

Назначение нулевого защитного проводника – обеспечить необходимое для отключения установки значение тока однофазного КЗ путем создания для этого тока цепи с малым сопротивлением.

Назначение заземления нейтрали обмоток источника тока, питающего сеть до 1 кВ, – снижение напряжения зануленных корпусов (следовательно, и нулевого защитного проводника) относительно земли до безопасного значения при замыкании фазы на землю.

Назначение повторного заземления защитного проводника – снижение напряжения относительно земли зануленных конструкций в период замыкания фазы на корпус, как при исправной схеме зануления, так и в случае обрыва нулевого защитного проводника.

Зануление должно выполняться в помещениях с повышенной опасностью и в особо опасных в отношении поражения электрическим током, а также вне помещений при напряжении электроустановок, превышающем 42 В переменного тока и 110 В постоянного тока; в помещениях без повышенной опасности при напряжении электроустановок 380 В и свыше переменного тока и 440 В и выше постоянного тока; во взрывоопасных зонах всех классов независимо от напряжения электроустановок.

Согласно ПУЭ, для обеспечения безопасности:

- сопротивление заземления нейтрали должно быть не более 2, 4 и 8 Ом соответственно при линейных напряжениях 660, 380, 220 В источника трехфазного тока или 380, 220, 127 В – источника однофазного тока;

- общее сопротивление всех повторных заземлений нулевого провода каждой ВЛ должно быть не более 5, 10 и 20 Ом соответственно при линейных напряжениях 660, 360 и 220 В источника трехфазного тока или 380, 220, 127 В – источника однофазного тока. При этом сопротивление заземлений нулевых PEN проводников должно быть не более 15, 30 и 60 Ом соответственно при тех же напряжениях;

- полная проводимость нулевых защитных проводников должна быть не менее проводимости фазного провода;
- проводники для повторных заземлений нулевого провода должны иметь пропускную способность не менее 25 А.

2. Порядок выполнения лабораторной работы

Содержание лабораторной работы заключается в оценке эффективности:

- зануления в сети без повторного заземления нулевого защитного проводника;
- зануления в сети с повторным заземлением нулевого защитного проводника;
- повторного заземления при обрыве нулевого защитного проводника.

Лабораторный стенд представляет собой модель электрической сети с источником питания, электропотребителями, измерительными приборами и средствами защиты. Общий вид стенда представлен на рис. 1.43.

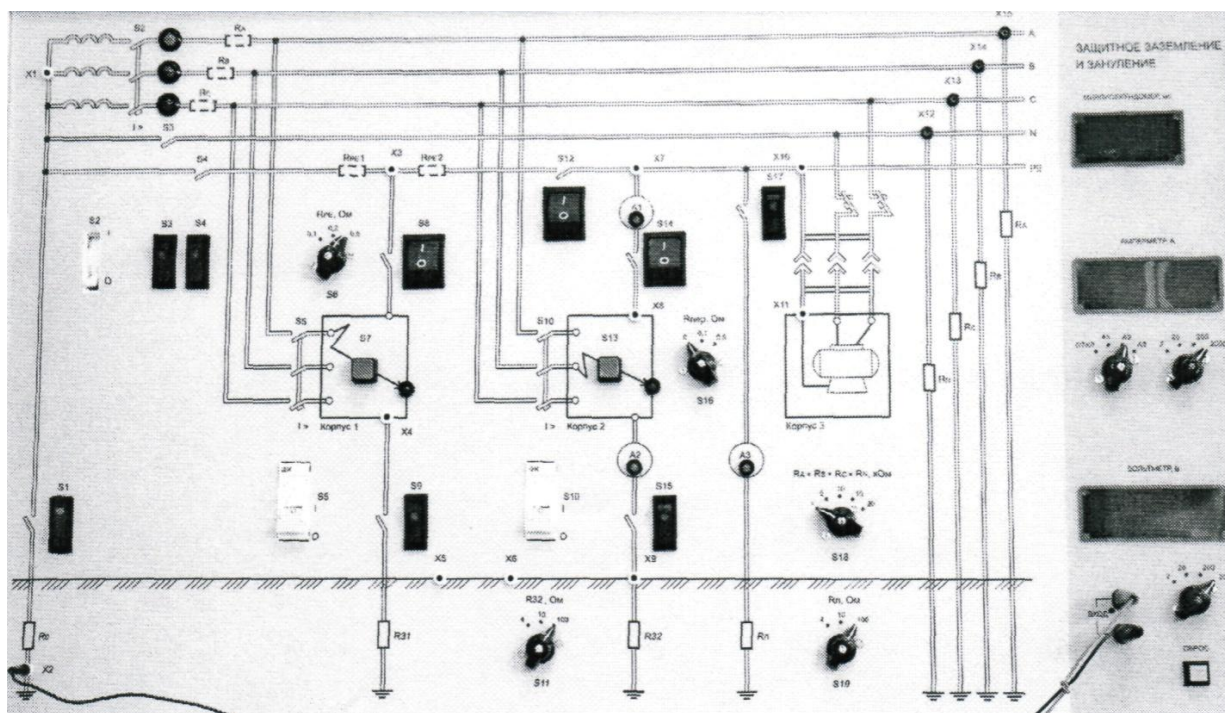


Рис. 1.43. Лабораторный стенд

В качестве источника напряжения используется трехфазный трансформатор. Стенд включается трехфазным автоматическим выключателем S2 при переводе его в положение «1». При этом загораются индикаторы желтого, зеленого и красного цветов, расположенные рядом с фазными проводами А, В, С. Режим нейтрали сети изменяется

переключателем S1, причем его правое положение соответствует режиму заземленной нейтрали, а левое – режиму изолированной нейтрали. Нейтральная точка заземляется через сопротивление $R_0 = 4 \text{ Ом}$. С помощью переключателя S3 подключается нулевой рабочий проводник (N-проводник). Переключатель S4 предназначен для подключения нулевого защитного проводника (PE-проводника). Верхнее положение переключателей S1 и S2 моделирует пятипроводную сеть, нижнее – трехпроводную.

Сопротивления фазных проводов сети и N-провода относительно земли смоделированы сосредоточенными сопротивлениями R_A, R_B, R_C, R_N . В данном стенде моделируется только активная составляющая полного сопротивления, причем изучается случай симметричной проводимости проводов относительно земли, т. е. $R_A = R_B = R_C = R_N$. Значения указанных на стенде сопротивлений (1; 5; 10; 15; 20 кОм) изменяются пятипозиционным переключателем S18 в зависимости от вариантов, задаваемых преподавателем.

Электропотребители на мнемосхеме показаны в виде их корпусов: «корпус 1» и «корпус 2», которые являются трехфазными и подключены к сети через автоматические выключатели S5 и S10 соответственно; «корпус 3» является однофазным, выполненным по первому классу защиты от поражения электрическим током.

Положение «1» означает включение автоматических выключателей S5 и S10, при этом напряжение подается на потребители.

Лабораторный стенд позволяет моделировать два способа защиты: защитное заземление и зануление. Подключение «корпуса 1» и «корпуса 2» к PE-проводнику осуществляется переключателями S8 и S14 соответственно. Правое положение этих переключателей означает, что «корпуса» занулены. Сопротивление фазного провода R_ϕ не изменяется и составляет 0,1 Ом, распределенное равномерно на двух участках:

- нейтральная точка – точка подключения «корпуса 1»;
- точка подключения «корпуса 1» – точка подключения «корпуса 2».

Сопротивление PE-проводника может изменяться с помощью трехпозиционного переключателя S6, причем сопротивления участков «нейтраль» – «корпус 1» и «корпус 1» – «корпус 2» равны между собой и принимают значения 0,1; 0,2; 0,5 Ом. Обрыв PE-проводника между точками подсоединения «корпуса 1» и «корпуса 2» имитируется с помощью переключателя S12, нижнее положение которого соответствует обрыву проводника. Повторное заземление с сопротивлением R_Π подключается к PE-проводнику с помощью переключателя S17. Значение сопротивления R_Π изменяется трехпозиционным переключателем S19 (4, 10, 100 Ом). Переходное сопротивление $R_{\text{пер}}$ между «корпусом 2» и

зануляющим проводником изменяется трехпозиционным переключателем S16 и может принимать значения 0; 0,1; 0,5 Ом.

Подключение «корпуса 1» и «корпуса 2» к заземляющим устройствам с сопротивлениями R_{31} и R_{32} осуществляется с помощью переключателей S9 и S15 соответственно. Сопротивление заземления R_{31} «корпуса 1» является постоянным, равным 4 Ом. Сопротивление заземления R_{32} «корпуса 2» устанавливается с помощью трехпозиционного переключателя S11 (4, 10, 100 Ом).

Замыкание фазных проводов на «корпус 1» и «корпус 2» осуществляется переключателями S7 и S13 соответственно, причем на «корпус 1» замыкается фазный провод А, а на «корпус 2» – фазный провод В.

Лабораторный стенд имеет три измерительных прибора: цифровой вольтметр (диапазон измерения – от 0 до 2000 В), цифровой амперметр (от 0 до 2000 А), цифровой миллисекундомер (от 0 до 999 мс).

Вольтметр включается в измерительные цепи через гнезда X1–X15, установленные в соответствующих точках схемы, с помощью гибких проводников, снабженных наконечниками.

Включение амперметра в цепь осуществляется с помощью переключателя, находящегося под индикатором. При соответствующем подключении загорается лампочка, указывающая на место подключения прибора. Положение «ОТКЛ» переключателя амперметра означает отсутствие амперметра в цепях стенда. В положении переключателя «А1» измеряется ток короткого замыкания, в положении «А2» – ток, стекающий с заземлителя «корпуса 2», в положении «А3» – ток замыкания на землю через повторное заземление РЕ-проводника.

Миллисекундомер запускается переключателем S13, а отключается при срабатывании автоматического выключателя S10. Лабораторный стенд позволяет в течение длительного времени сохранять режим, соответствующий периоду замыкания фазного провода на «корпус 1» и «корпус 2». Для возврата схемы в исходное состояние (после того как измерены все необходимые параметры) следует нажать кнопку «СБРОС».

При выполнении лабораторной работы необходимо соблюдать следующие требования безопасности:

- к работе допускаются студенты, ознакомленные с устройством лабораторного стенда;

- перед эксплуатацией лабораторный стенд должен быть заземлен, для чего используется элемент заземления с обозначением «земля». Присоединение к шине заземления должно быть выполнено медным проводом сечением не менее 2,5 мм²;

- к работам по монтажу и проверке лабораторного стенда допускаются студенты, обученные методам безопасной работы с электро-

оборудованием напряжением до 1 кВ в соответствии с требованиями Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей и Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей;

- во избежание поражения электрическим током лабораторный стенд при вскрытии должен быть отключен от сети.

Определение времени срабатывания автоматических выключателей и тока короткого замыкания при замыкании фазного провода на корпус при различном сопротивлении петли «фаза – нуль» выполняют в следующем порядке:

1) заземлить нейтраль источника тока – перевести переключатель S1 в положение «1»;

2) подключить N- и PE-проводники к источнику тока – перевести переключатели S3, S4 и S12 в положение «1»;

3) подключить «корпус 1» и «корпус 2» к PE-проводнику – перевести переключатели S8 и S14 в положение «1»;

4) убедиться в том, что переключатели S9, S15, S17 находятся в положении «0»;

5) подключить «корпус 1» и «корпус 2» к сети – перевести переключатели S5 и S10 в положение «1»;

6) установить переключателем S6 значение сопротивления $R_{PE} = 0,1$ Ом, а исходное положение переключателя шкалы амперметра – «2000»;

7) произвести кнопкой S13 замыкание фазного провода на «корпус 2»;

8) определить время срабатывания автоматических выключателей по показаниям миллисекундомера и тока короткого замыкания $I_{KЗ}$ по показаниям амперметра, при этом переключатель амперметра должен находиться в положении «A1». Результаты измерений записать в табл. 1.49;

9) поочередно установить значения сопротивления $R_{PE} = 0,2; 0,5$ Ом, измерить время и ток короткого замыкания аналогично заданиям пп. 7 и 8. Результаты измерений записать в табл. 1.49;

10) установить по заданию преподавателя фиксированное значение сопротивления R_{PE} ;

11) последовательно устанавливая значение переходного сопротивления $R_{пер} = 0; 0,1; 0,5$ Ом, измерить время срабатывания и ток короткого замыкания в соответствии с пп. 7 и 8. Результаты измерений записать в табл. 1.49;

12) отключить стенд – перевести переключатель S2 в положение «0».

Таблица 1.49

Результаты измерения времени срабатывания защиты t , тока короткого замыкания $I_{кз}$, распределения потенциалов при различных значениях сопротивления РЕ-проводника, режимах его работы, при наличии и отсутствии повторного заземления

Наличие повторного заземления и режим работы РЕ-проводника	Сопротивление, Ом			Ток, А		Напряжение относительно земли, В				Время срабатывания защиты t , мс
	$R_{П}$	$R_{РЕ}$	$R_{ПЕР}$	короткого замыкания $I_{кз}$	замыкания на землю I_3	U_0	U_1	U_2	U_3	
Без повторного заземления		0,1	0 0,1 0,5							
		0,2								
		0,5								
С повторным заземлением	4									
	10									
	100									
Обрыв РЕ-проводника	4									
	10									
	100									

Примечание. Напряжение относительно земли: U_0 – нейтральной точки источника; U_1 – корпуса 1; U_2 – корпуса 2; U_3 – точки нулевого проводника, находящейся за корпусом 2.

Распределение потенциалов вдоль РЕ-проводника без и при наличии повторного заземления выполняют в следующем порядке:

- 1) установить значения сопротивлений $R_{PE} = 0,1 \text{ Ом}$, $R_{пер} = 0$;
- 2) включить стенд – перевести переключатель S2 в положение «1»;
- 3) подключить «корпус 1» и «корпус 2» к сети – переключить автоматические выключатели S5 и S10 в положение «1»;
- 4) переключателем S13 произвести замыкание фазного провода на «корпус 2»;
- 5) вольтметром с помощью гибких проводников измерить напряжение нулевой точки относительно земли (гнезда X1 и X2) и корпусов относительно земли (гнезда X4 и X2, X8 и X2, X11 и X2). При измерении каждого параметра установить исходное положение переключателя шкалы вольтметра – «2000». При малом значении измеряемого параметра переключатель шкалы установить на «200», «20» или «2». При измерении напряжения переключатель амперметра должен находиться в положении «ОТКЛ»;
- 6) измерить ток короткого замыкания (положение переключателя амперметра – «A1») и время срабатывания автомата защиты. Результаты измерений записать в табл. 1.49;
- 7) выключить стенд – перевести переключатель S2 в положение «О»;
- 8) подключить повторное заземление РЕ-проводника – установить переключатель S17 в положение «1»;
- 9) установить значение сопротивления $R_{п} = 4 \text{ Ом}$;
- 10) включить стенд – перевести переключатель S2 в положение «1»;
- 11) в соответствии с заданиями пп. 4–6 измерить напряжение на корпусах, нулевой точки относительно земли, а также время срабатывания и ток короткого замыкания;
- 12) установить переключатель амперметра в положение «A3» и измерить ток замыкания на землю. Результаты измерений записать в табл. 1.49;
- 13) отключить стенд – установить переключатель S2 в положение «О»;
- 14) установить значения сопротивления $R_{п} = 10; 100 \text{ Ом}$, произвести измерения аналогично заданиям пп. 10–12;
- 15) выключить стенд – установить переключатель S2 в положение «О»;
- 16) результаты измерений записать в табл. 1.49.

Оценку эффективности повторного заземления при обрыве РЕ-проводника выполняют в следующем порядке:

- 1) отключить повторное заземление сопротивления R_{Π} от РЕ-проводника – установить переключатель S17 в положение «0»;
- 2) произвести обрыв РЕ-проводника между «корпусом 1» и «корпусом 2» – перевести переключатель S12 в положение «0»;
- 3) включить стенд – установить переключатель S2 в положение «1»;
- 4) включить автоматы защиты – перевести переключатели S5 и S10 в положение «1»;
- 5) кнопкой S13 произвести замыкание фазного провода В на «корпус 2»;
- 6) вольтметром с помощью гибких проводников измерить напряжение нулевой точки относительно земли (гнезда X1 и X2) и корпусов относительно земли (гнезда X4 и X2, X8 и X2, X11 и X2). При измерении напряжения переключатель амперметра должен находиться в положении «ОТКЛ»;
- 7) установив переключатель амперметра в положение «А3», измерить ток замыкания на землю. Результаты измерений записать в табл. 1.49.
- 8) выключить стенд – установить переключатель S2 в положение «0»;
- 9) подключить повторное заземление к РЕ-проводнику – перевести переключатель S17 в положение «1»;
- 10) установить значение сопротивления $R_{\Pi} = 4 \text{ Ом}$;
- 11) включить стенд – установить переключатель S2 в положение «1»;
- 12) в соответствии с заданиями пп. 5–8 измерить напряжение на корпусах, нулевой точки относительно земли, а также ток замыкания на землю;
- 13) установить значения сопротивления $R_{\Pi} = 10; 100 \text{ Ом}$, измерить напряжение на «корпусе 1» и «корпусе 2» – U_{K1} и U_{K2} , короткого замыкания U_{K3} и тока замыкания на землю I_{Π} . Результаты измерений записать в табл. 1.49;
- 14) выключить стенд – установить переключатель S2 в положение «0»;
- 15) все переключатели перевести в исходное состояние.

Контрольные вопросы и задания

1. Объясните действие и область применения защитного зануления.
2. В чем заключается принципиальное отличие защитного заземления от зануления?
3. Объясните назначение нулевого защитного проводника.
4. Расскажите о назначении заземления нейтрали.
5. В чем состоит назначение повторного заземления защитного проводника?

Лабораторная работа № 11 «Анализ и оценка работоспособности устройства защитного отключения»

1. Краткие теоретические сведения

Устройство защитного отключения (УЗО) – это механический коммутационный аппарат или совокупность элементов, которые при достижении (превышении) дифференциальным током заданного значения при определенных условиях эксплуатации должны вызвать размыкание контактов (рис. 1.44). УЗО может состоять из различных отдельных элементов, предназначенных для обнаружения, измерения (сравнения с заданной величиной) дифференциального тока, замыкания и размыкания электрической цепи (разъединителя).



Рис. 1.44. Внешний вид устройства защитного отключения производства

Широкое применение также получили комбинированные устройства, совмещающие в себе УЗО и устройство защиты от сверхтока, такие устройства называются УЗО-Д со встроенной защитой от сверхтоков либо просто дифавтомат. Часто дифавтоматы снабжаются специальной индикацией, позволяющей определить, по какой причине произошло срабатывание (от сверхтока или от дифференциального тока).

УЗО обеспечивают защиту от поражения электрическим током:

- при косвенном прикосновении, т. е. при прикосновении человека к открытым проводящим нетоковедущим частям электроустановки, оказавшимся под напряжением в случае повреждения изоляции;
- прямом прикосновении, т. е. при непосредственном прикосновении человека к токоведущим частям электроустановки, находящимся под напряжением.

Кроме того, специальные УЗО могут выполнять функции противопожарной защиты, контролируя токи утечки в электрической сети и отключая электропитание при недопустимом снижении сопротивления изоляции.

УЗО может значительно улучшить безопасность электроустановок, но оно не может полностью исключить риск поражения электрическим током или пожара. УЗО не реагирует на аварийные ситуации, если они не сопровождаются утечкой из защищаемой цепи. В частности, УЗО не реагирует на короткие замыкания между фазами и нейтралью. УЗО также не срабатывает, если человек оказался под напряжением, но утечки при этом не возникло, например при прикосновении пальцем одновременно и к фазному, и к нулевому проводнику. Предусмотреть электрическую защиту от таких прикосновений невозможно, так как нельзя отличить протекание тока через тело человека от нормального протекания тока в нагрузке. В подобных случаях используют механические защитные меры (изоляция, непроводящие кожухи и т. п.), а также отключение электроустановки перед ее обслуживанием.

Наибольшее распространение получили УЗО с дифференциальным трансформатором тока (ДТТ), в котором первичной обмоткой являются токоведущие проводники питающей линии, проходящие через окно тороидального магнитопровода либо образующие на нем несколько витков. Принцип работы УЗО основан на измерении баланса токов I_1 , I_2 между входящими в него токоведущими проводниками с помощью ДТТ (рис. 1.45).

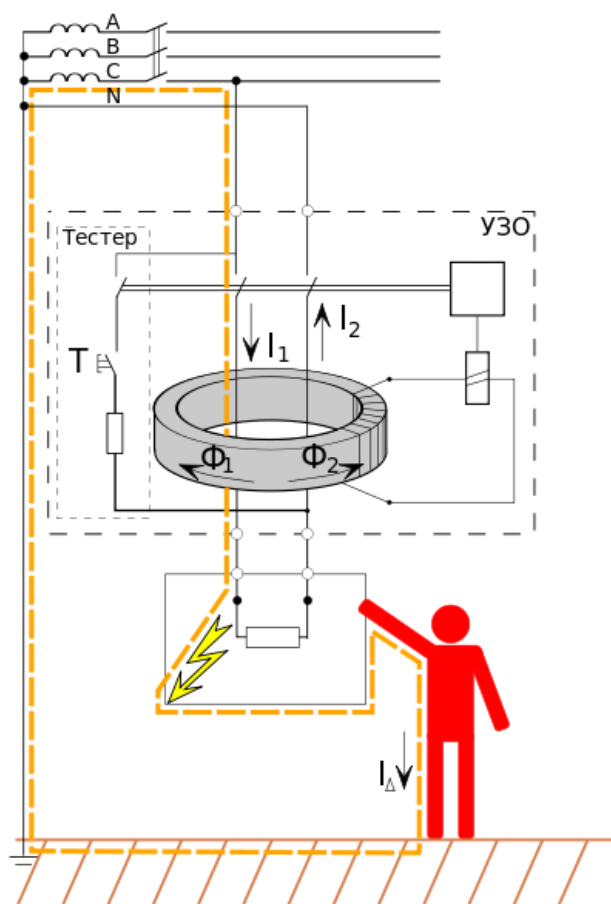


Рис. 1.45. Принцип работы устройства защитного отключения

В нормальном режиме ток, «втекающий» по одним проводникам, должен быть равен току, «вытекающему» по другим, то есть сумма токов, проходящих через УЗО, равна нулю (точнее, сумма не должна превышать допустимое значение), а наводимые ими магнитные потоки взаимно скомпенсированы: $\Phi_1 = \Phi_2$.

В случае прикосновения человека к корпусу электроприемника с поврежденной изоляцией через него будет протекать ток I_h , т. е. в точке прикосновения баланс токов будет нарушен: $I_2 = I_1 + I_h$. Магнитные потоки в этом случае также не будут равны между собой: $\Phi_1 \neq \Phi_2$, и во вторичной обмотке наведется ток, пропорциональный току через человека

$$I_{ВТ} = k_T \cdot I_h,$$

где k_T – коэффициент трансформации.

УЗО немедленно размыкает все входящие в него контактные группы, отключая таким образом неисправную нагрузку. Если же сумма превышает допустимое значение, то это означает, что часть тока проходит помимо УЗО, то есть контролируемая электрическая цепь неисправна – в ней имеет место утечка.

Такой же результат будет при соединении корпуса электроприемника с защитным проводником. В этом случае ДТТ будет реагировать на появление тока утечки из-за снижения сопротивления изоляции вне зависимости от прикосновения человека. Разность рабочих токов из-за появления тока утечки называют дифференциальным током

$$I_{\Delta} = I_2 - I_1.$$

Значение дифференциального тока, которое вызывает отключение УЗО при заданных условиях эксплуатации, называют **номинальным отключающим дифференциальным током** $I_{\Delta n}$; его выбирают из следующего ряда: 6, 10, 30, 100, 300, 500 мА (есть УЗО с током $I_{\Delta n} = 1, 1,5$ А и более).

Согласно ПУЭ, номинальный отключающий дифференциальный ток $I_{\Delta n}$ должен не менее чем в три раза превышать суммарный ток утечки защищаемой цепи электроустановки I_{Δ} , т. е. $I_{\Delta n} \geq 3 I_{\Delta}$.

В соответствии с требованиями ПУЭ принимают ток утечки электроприемников из расчета 0,4 мА на 1 А тока нагрузки, а ток утечки цепи – из расчета 10 мкА на 1 м длины фазного провода.

Значение дифференциального тока, которое не вызывает отключение УЗО при заданных условиях эксплуатации, называют **номинальным неотключающим дифференциальным током** $I_{\Delta n0}$

$$I_{\Delta n0} = 0,5 I_{\Delta n}.$$

На рис. 1.46 показано внутреннее устройство одного из типов УЗО, предназначенное для установки в разрыв шнура питания; его отключающий дифференциальный ток равен 30 мА.

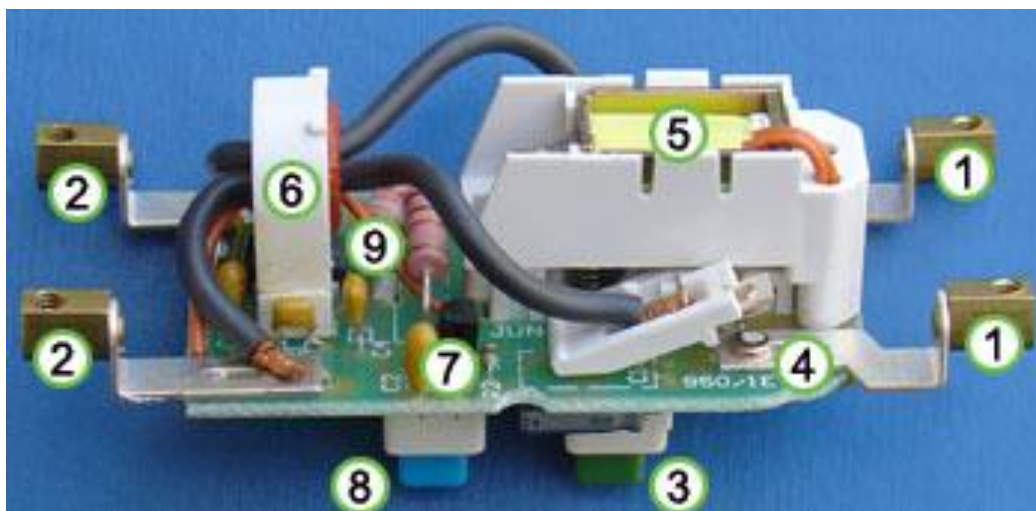


Рис. 1.46. Внутреннее устройство одного из типов УЗО

Данное устройство является УЗО со вспомогательным источником питания, выполняющим автоматическое отключение при отказе вспомогательного источника. Это означает, что УЗО может быть включено только при наличии питающего напряжения, при пропадании напряжения оно автоматически отключается (такое поведение повышает безопасность устройства). Фазный и нулевой проводники от источника питания подключаются к контактам 1, нагрузка УЗО подключается к контактам 2. Проводник защитного заземления (РЕ-проводник) к УЗО никак не подключается. При нажатии кнопки 3 контакты 4, а также еще один контакт, скрытый за узлом 5, замыкаются, и УЗО пропускает ток. Соленоид 5 удерживает контакты в замкнутом состоянии после того, как кнопка отпущена. Катушка 6 на тороидальном сердечнике является вторичной обмоткой дифференциального трансформатора тока, который окружает фазный и нулевой проводники. В нормальном состоянии ток, текущий по фазному проводнику, точно равен току, текущему по нулевому проводнику, однако эти токи противоположны по направлению. Таким образом, токи взаимно компенсируют друг друга и в катушке дифференциального трансформатора тока ЭДС отсутствует.

Любая утечка тока из защищаемой цепи на заземленные проводники приводит к нарушению баланса в трансформаторе тока: через фазный проводник «втекает больше тока», чем возвращается по нулевому (часть тока утекает через тело человека, то есть помимо трансформатора). Несбалансированный ток в первичной обмотке трансформатора тока приводит к появлению ЭДС во вторичной обмотке. Эта ЭДС сразу же регистрируется следящим устройством 7, которое отключает питание соленоида 5. Отключенный соленоид больше не удерживает контакты 4 в замкнутом состоянии, и они размыкаются под действием силы пружины, обесточивая неисправную нагрузку. Устройство спроектировано таким образом, что отключение происходит за доли секунды, что значительно снижает тяжесть последствий от поражения электрическим током. Кнопка проверки 8 позволяет проверить работоспособность устройства путем пропуска небольшого тока через оранжевый тестовый провод 9. Тестовый провод проходит через сердечник трансформатора тока, поэтому ток в тестовом проводе эквивалентен нарушению баланса токнесущих проводников, то есть УЗО должно отключиться при нажатии на кнопку проверки. Если УЗО не отключилось, следовательно, оно неисправно и должно быть заменено.

УЗО классифицируют по способу установки, числу полюсов, виду защиты от сверхтоков и перегрузок по току, способу действия и функционирования, возможности регулирования отключающего дифференциального тока.

По способу установки УЗО бывают:

- стационарные с монтажом стационарной электропроводкой;
- переносные с монтажом гибкими проводами с удлинителями.

По числу полюсов различают УЗО:

- однополюсные;
- двухполюсные с двумя защищенными полюсами;
- двухполюсные трехпроводные;
- трехполюсные с защитой от сверхтоков;
- трехполюсные четырехпроводные;
- четырехполюсные с четырьмя защищенными полюсами.

По виду защиты от сверхтоков и перегрузок по току:

- без встроенной защиты от сверхтоков (выключатели дифференциального тока);
- со встроенной защитой от сверхтоков (дифференциальные автоматические выключатели, дифференциальные автоматы).

По способу действия УЗО бывают:

- без вспомогательного источника питания
- со вспомогательным источником питания:

По условиям функционирования при наличии составляющей постоянного тока:

- УЗО типа АС – УЗО, реагирующее на переменный синусоидальный дифференциальный ток, возникающий внезапно либо медленно возрастающий;

- УЗО типа А – УЗО, реагирующее на переменный синусоидальный дифференциальный ток и пульсирующий постоянный дифференциальный ток, возникающие внезапно либо медленно возрастающие.

УЗО должен срабатывать до того, как электрический ток, проходящий через организм человека, вызовет фибрилляцию сердца – наиболее частую причину смерти при поражении электрическим током. Максимально допустимое время отключения УЗО типа АС и А не должно превышать значений, приведенных в табл. 1.50;

- УЗО типа В (УЗО реагирует на переменный, постоянный и выпрямленный дифференциальные токи).

Таблица 1.50

Максимально допустимое время отключения УЗО

Кратность отключающего дифференциального тока	$I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$	$5 I_{\Delta n}$	500
Время отключения, с	0,3	0,15	0,04	0,04

По возможности регулирования отключающего дифференциального тока УЗО бывают нерегулируемые и регулируемые.

По наличию задержки во времени различают:

- УЗО без выдержки времени;
- УЗО типа S – селективное (с выдержкой по времени отключения должно обеспечивать селективную работу УЗО, установленного в многоуровневой схеме).

Допустимое время отключения и неотключения для УЗО типа S не должно превышать значений, приведенных в табл. 1.51.

Таблица 1.51

Максимально допустимое время отключения и неотключения УЗО, с

Дифференциальный ток	$I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$	$5 I_{\Delta n}$	500
Максимальное время отключения	0,5	0,2	0,15	0,15
Максимальное время неотключения	0,13	0,06	0,05	0,04

УЗО создаются на различных принципах действия и имеют несколько модификаций, различающихся основными параметрами. Обозначение модификации состоит из буквы и четырех цифр.

Буква (К или Ф) указывает на материал и особенности конструкции корпуса, а также термическую стойкость устройства: К – 6 кА, Ф – 10 кА.

Первая цифра обозначает номинальный ток устройства:

- 1 – 16 А; 2 – 25 А; 3 – 40 А; 4 – 63 А.

Вторая цифра – уставка срабатывания по току утечки:

- 1 – 10 мА; 2 – 30 мА; 3 – 100 мА.

Третья цифра указывает на род тока (1 – переменный, 2 – выпрямленный).

Четвертая цифра обозначает число полюсов устройства (1 – двухполюсное, 2 – четырехполюсное).

Например, устройство защитного отключения модификации Ф-3211 означает: УЗО с номинальным током 40 А, уставкой срабатывания 30 мА, для переменного тока, двухполюсное, термическая стойкость 10 кА.

2. Порядок выполнения лабораторной работы

Цель лабораторной работы – ознакомление с принципом действия УЗО.

Содержание лабораторной работы:

- определить уставку, время срабатывания УЗО и сделать выводы об их соответствии первичным критериям электробезопасности в соответствии с ПУЭ;

- определить работоспособность УЗО совместно с занулением.

Лабораторный стенд, представленный на рис. 1.47, позволяет моделировать источник питания сети, трехфазный потребитель электроэнергии, подключенный к сети с использованием УЗО, реагирующего на остаточный ток.

Лабораторный стенд включается автоматом S2 – положение переключателя автомата «1», при этом загораются индикаторы желтого, зеленого и красного цветов, расположенные на линиях фазных проводов А, В и С соответственно.

Значения активных сопротивлений («R_{AE}», «R_{BE}», «R_{CE}», «R_{PEN}») и емкостей («C_{AE}», «C_{BE}», «C_{CE}», «C_{PEN}») фазных проводов А, В, С и PEN-провода относительно земли могут изменяться с помощью переключателей S4–S10 в зависимости от вариантов, задаваемых преподавателем.

Переключатели предназначены:

- S1 – для изменения режима нейтрали исследуемой сети: нижнее положение – изолированная нейтраль, правое – заземленная нейтраль;

- S3 – для подключения PEN-провода;

- S12, S14 – для моделирования аварийных режимов работы исследуемой сети (положение «0» переключателя S12 соответствует нормальному режиму работы сети).

Положения «А», «В», «С» переключателя S12 соответствуют замыканию фазных проводов А, В, С на землю; при этом сопротивление растеканию тока в месте замыкания на землю R_{ЗМ} может принимать различные значения.

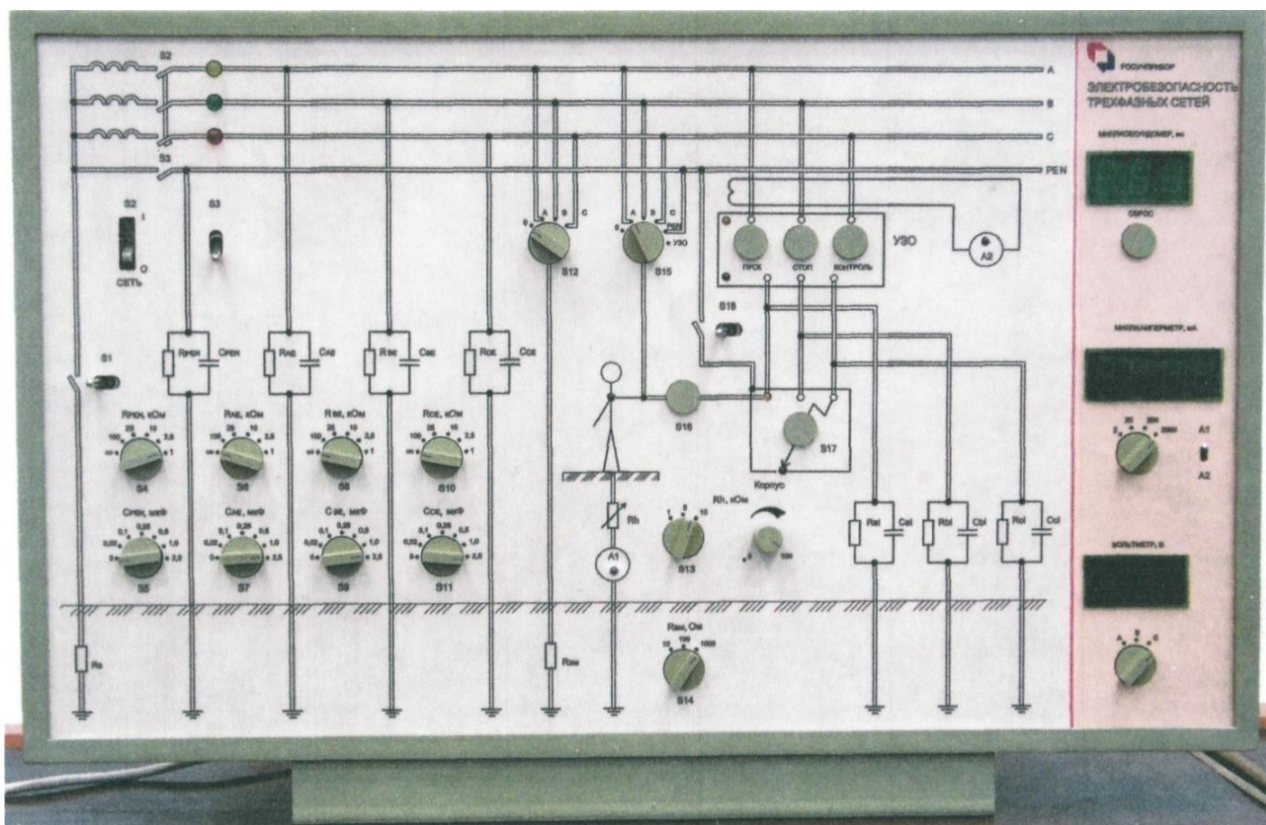


Рис. 1.47. Лабораторный стенд

Изменяя положение переключателя S14, можно выставить различные значения (10, 100 и 1000 Ом) сопротивления R_{3M} растеканию тока.

Тело человека имитируется в схеме лабораторного стенда резистором R_h , который может подключаться к каждому проводу сети или к каждому проводу на стороне трехфазного потребителя электроэнергии, подключенного к сети через УЗО.

Переключатель S15 предназначен для прямого прикосновения человека к токоведущей части (проводу исследуемой сети). Положение «0» переключателя – человек не касается фазного провода сети.

Положения «А», «В», «С» PEN-переключателя S15 – человек касается соответственно фазных проводов сети А, В, С или PEN-провода. Положение «УЗО» переключателя S15 – человек касается фазного провода сети на стороне трехфазного потребителя электроэнергии при нажатой кнопке S16, при этом на лицевой панели УЗО загорается желтый индикатор.

Значение сопротивления цепи человека может быть задано дискретно (1,5 или 10 кОм) с помощью переключателя S13 либо плавно в

пределах от 0 до 100 кОм с помощью резистора R_h . Установка дискретных значений производится переключателем при установке ручки резистора в фиксированное положение «0».

Трехфазный потребитель электроэнергии показан на лицевой панели лабораторного стенда в виде корпуса, подключенного к сети с помощью УЗО, реагирующего на остаточный ток. Корпус трехфазного потребителя электроэнергии может быть занулен с помощью переключателя S18 (положение «1»).

С помощью кнопки S17 моделируется замыкание фазного провода на корпус. При нажатой кнопке загорается красный индикатор на корпусе трехфазного потребителя электроэнергии.

На лицевой панели УЗО расположены кнопки:

- «ПУСК» – при нажатой кнопке трехфазный потребитель подключается к сети и загорается зеленый индикатор на панели УЗО;
- «СТОП» – отключение трехфазного потребителя от сети;
- «КОНТРОЛЬ» – оперативный контроль УЗО.

Значения активных сопротивлений (« R_{A1} », « R_{B1} », « R_{C1} ») и емкостей (« C_{A1} », « C_{B1} », « C_{C1} ») фазных проводов А, В, С относительно земли в зоне защиты УЗО установлены в стенде и не меняются в процессе выполнения лабораторной работы.

В правой части лицевой панели УЗО размещены индикаторы трех цифровых приборов:

- миллисекундомера для измерения времени срабатывания УЗО, мс (срабатывает при нажатой кнопке S16, кнопка «СБРОС» отключает аварийные режимы и обнуляет показания прибора);
- миллиамперметра для измерения тока в цепи человека – положение «А1» и уставки УЗО – положение «А2»;
- вольтметра – для измерения напряжений фазных проводов А, В, С относительно земли (подключение прибора к фазным проводам осуществляется с помощью переключателя А, В, С).

При выполнении лабораторной работы необходимо соблюдать следующие требования безопасности:

- к работе допускаются студенты, ознакомленные с его устройством;
- перед эксплуатацией лабораторный стенд должен быть заземлен, для чего используется элемент заземления с обозначением «зем-

ля». Присоединение к шине заземления должно быть выполнено медным проводом сечением не менее $2,5 \text{ мм}^2$;

- к работам по монтажу и проверке лабораторного стенда допускаются студенты, обученные методам безопасной работы с электрооборудованием напряжением до 1 кВ в соответствии с требованиями Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей и Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей;

- во избежание поражения электрическим током лабораторный стенд при вскрытии должен быть отключен от сети.

Определение установки и времени срабатывания УЗО производится в такой последовательности:

1) установите значение параметров сети с заземленной нейтралью – переключатели S6–S11. Переключатель S1 установите в положение – «1», S12 – в положение «0»;

2) установите переключатель S15 в любое из трех положений «А», «В», «С»;

3) установите переключатель S13 в положение «1» кОм, а ручку резистора R_h – в положение «100»;

4) включите лабораторный стенд – переведите S2 в положение «1»;

5) измерьте длительно допустимый ток через тело человека. Для этого плавно вращайте против часовой стрелки ручку резистора R_h , увеличивая ток I_h . Зафиксируйте значение тока I_h , соответствующее загоранию индикатора, расположенного на схематичном изображении человека. Ток через тело человека измеряется с помощью миллиамперметра с пределом измерения 20 мА. Положение переключателя миллиамперметра – «А1»;

6) отключите лабораторный стенд – переведите S2 в положение «0»;

7) установите переключатель S15 в положение «УЗО», переключатель S18 – в положение «0»;

8) включите лабораторный стенд – переведите S2 в положение «1», при этом загорается желтый индикатор на панели УЗО;

9) включите УЗО нажатием кнопки «ПУСК», при этом загорается зеленый индикатор на панели УЗО. После нажатия кнопки S16 плавным вращением ручки резистора R_h увеличивайте значение дифференциального тока, являющегося входным сигналом для заданного

типа УЗО. Значение дифференциального тока, при котором произойдет срабатывание УЗО, будет соответствовать току уставки. Значение тока уставки измеряется на пределе 200 мА по миллиамперметру – положение переключателя «А2». При срабатывании УЗО зеленый индикатор на его панели погаснет;

10) включите УЗО нажатием кнопки «ПУСК»;

11) измерьте значение времени срабатывания УЗО по миллисекундомеру, нажав кнопку S16, имитируя при этом прикосновение человека к фазному проводу в зоне защиты УЗО;

12) отключите лабораторный стенд – переведите S2 в положение «0».

Определение работоспособности УЗО совместно с занулением производится следующим образом:

1) занулите корпус трехфазного потребителя электроэнергии (переключатель S18 в положение «1»);

2) включите лабораторный стенд – переведите S2 в положение «1»;

3) включите УЗО нажатием кнопки «ПУСК» на его лицевой панели;

4) замкните фазный провод на корпус трехфазного потребителя электроэнергии, нажав кнопку S17. При этом загорается красный индикатор на корпусе. УЗО должно сработать, отключив потребителя электроэнергии от сети, за определенное время;

5) отключите лабораторный стенд – переведите S2 в положение «0»;

6) сделайте выводы об эффективности защитного отключения сети при заданных параметрах УЗО в сети в зависимости от типа применяемого оборудования и условий поражения человека электрическим током.

Контрольные вопросы и задания

1. Объясните принцип действия УЗО.
2. В чем заключается отличие УЗО от защитного зануления?
3. Расшифруйте обозначение модификации УЗО – К-4311.
4. Поясните область применения УЗО.
5. Какие факторы влияют на классификацию УЗО?
6. Расскажите, в каких случаях УЗО выполняют противопожарную функцию.
7. Поясните, что такое дифференциальный ток.

Лабораторная работа № 12
«Исследование электромагнитного поля,
создаваемого телефонами сотовой связи»

1. Краткие теоретические сведения

В отличие от ионизирующих излучений, которые создают электрические заряды, электромагнитные излучения (ЭМИ) не обладают такой способностью, они воздействуют на уже имеющиеся в организме человека заряды и диполи.

Впервые механизм влияния ЭМИ радиочастотного диапазона на слуховой анализатор объяснил американский нейрофизиолог Алан Фрей. По его мнению, микроволновые излучения воздействуют на участки вокруг улитки и поглощаются тканями внутреннего уха, вызывая его термальное расширение. При этом возникают ударные волны, воспринимаемые человеком как звук, который больше никому не слышен.

Мобильный (сотовый) телефон – это устройство, которое генерирует и принимает высокочастотные электромагнитные волны в диапазоне от 450 до 1800 МГц. Излучение электромагнитных волн во всех направлениях в мобильном телефоне происходит антенной.

Воздействие электромагнитной волны на биологический организм характеризуется такими физическими величинами, как длина волны, частота колебаний, интенсивность, мощность энергии излучения, а также глубиной их проникновения в ткани.

Электромагнитные волны переносят энергию электромагнитного поля. Поток энергии электромагнитной волны, проходящей через поверхность площадью S за время t , называется мощностью излучения

$$P = \Delta W / \Delta t, \quad (1.1)$$

где ΔW – поток энергии электромагнитной волны.

Разделив обе части выражения на величину площади S , получим плотность потока энергии электромагнитной волны

$$\omega = P / (S \cdot C), \quad (1.2)$$

где C – скорость света в вакууме.

Общая плотность потока энергии (ППЭ) электромагнитной волны представляется как сумма электрической и магнитной ее составляющих

$$\omega = \omega_{\text{Э}} + \omega_{\text{М}} = (\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot E^2) + [B^2/(2 \cdot \mu \cdot \mu_0)] = \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot E^2. \quad (1.3)$$

Усредненное во времени значение величины плотности потока энергии называется интенсивностью волны

$$I = \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot (E^2)_{\text{СР}} \cdot C, \quad (1.4)$$

где ε_0 – электрическая постоянная; ε – диэлектрическая проницаемость среды, для воздуха $\varepsilon = 1,05$; E – напряженность электрического поля

$$E = U/L, \quad (1.5)$$

где U – напряжение, создаваемое в проводнике под действием электромагнитной волны, B ; L – длина проводника, м.

Подставляя выражение (1.5) в (1.4), получим величину интенсивности излучения электромагнитной волны

$$I = 0,5 \cdot C \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot U^2/L^2, \text{ Вт/м}^2. \quad (1.6)$$

Глубину проникновения электромагнитной волны в биологический организм можно оценить по формуле

$$d = C \cdot (2 \cdot \pi \cdot \mu \cdot f \cdot \delta)^{-1/2}, \text{ м}, \quad (1.7)$$

где δ – проводимость ткани организма; μ – магнитная проницаемость материала ткани организма; f – частота электромагнитной волны, Гц.

Исследования в области биологического воздействия ЭМП позволили определить наиболее чувствительные к нему системы организма человека: нервная, иммунная, эндокринная и половая.

Результатом продолжительного воздействия ЭМП даже относительно слабого уровня могут быть онкологические заболевания, изменение поведения, склонность к стрессу, бессонница, потеря памяти, болезни Паркинсона и Альцгеймера, бронхит, астма, синдром внезапной смерти ребенка, угнетение половой функции, аритмия, мигрень, хроническая усталость и многие другие состояния, включая повышение уровня самоубийств в крупных городах. Доказано, что воздействие ЭМП негативно сказывается на кровообращении головного мозга. Особую опасность воздействие ЭМП представляют для развивающегося организма в утробе матери (эмбриона) и детей, а также для людей, подверженных аллергическим заболеваниям, поскольку они обладают исключительно большой чувствительностью к ЭМП.

При использовании сотовых телефонов излучение в мозгу поглощается неравномерно, поэтому могут образоваться «горячие точки». При использовании телефона с пиковой мощностью $P = 2$ Вт и рабочей частотой 900 МГц напряженность поля в головном мозге составляет от 20 до 30 В/м, а плотность мощности – от 120 до 230 мкВт/см².

Для всех диапазонов частот сотовой связи нормируемая ППЭ составляет 100 мкВт/см².

2. Порядок выполнения лабораторной работы

Цель лабораторной работы – овладеть знаниями, умениями и навыками, связанными с определением интенсивности ЭМП, создаваемыми сотовыми телефонами, научиться измерять и объективно оценивать уровень электромагнитного поля.

При выполнении лабораторной работы используется магнитометр учебный (рис. 1.48).

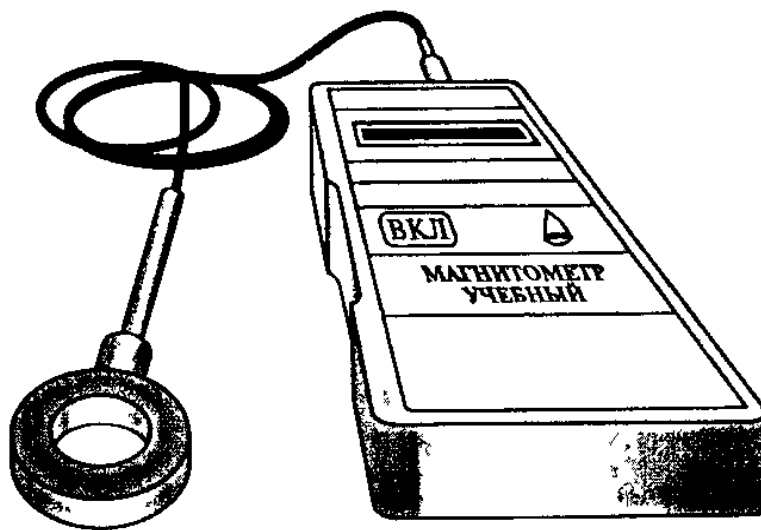


Рис. 1.48. Магнитометр учебный

Сигнал, принятый дипольной антенной, детектируется диодным мостиком, и получившийся постоянный ток поступает на измерительный прибор. От выбора диодов зависит чувствительность измерительного прибора (чувствительный стрелочный вольтметр).

Для получения максимальной чувствительности измерительный прибор подключен непосредственно к выводам моста. В случае, когда стрелка измерительного прибора зашкаливает, последовательно с ним надо включить добавочный резистор. Например, с микроамперметром

на 10 мкА и резистором 100 кОм получаем вольтметр, рассчитанный на измерение напряжений до 1 В, с резистором 1 МОм – до 10 В.

Порядок выполнения лабораторной работы:

- 1) изучите принцип действия измерительного прибора;
- 2) снимите показание прибора приемника U не менее чем для трех фиксированных расстояний для разных моделей сотовых телефонов. Результаты измерений занесите в табл. 1.52;
- 3) рассчитайте длину волны излучения, м:

$$\lambda = C/f.$$

Таблица 1.52

Результаты измерения

Модель сотового телефона	U , В	λ , м	f , Гц	L , м	I , Вт/м ²	d , м	Расстояние до излучателя R , м	Безопасное расстояние $R_{БЕЗ}$, м

- 4) определите интенсивность излучения по формуле (1.6);
- 5) вычислите глубину проникновения электромагнитного излучения в головной мозг человека по формуле (1.7);
- 6) сравните полученные результаты с санитарно-гигиеническими нормативами воздействия электромагнитного излучения на организм человека;
- 7) сделайте выводы.

Контрольные вопросы и задания

1. Расскажите о том, что представляет собой мобильная связь.
2. Поясните, каково влияние электромагнитных полей на здоровье человека.
3. Перечислите количественные параметры, характеризующие электромагнитное излучение от сотового телефона, и единицы их измерения.
4. В чем заключается принцип работы магнитометра?

Лабораторная работа № 13
«Исследование температуры вспышки
легковоспламеняющихся и горючих жидкостей»

1. Краткие теоретические сведения

В ряде технологических процессов применяют легковоспламеняющиеся и/или горючие жидкости, которые в соединении с воздухом способны сформировать взрывоопасную среду смеси и поддерживать распространение пламени. Эта потенциальная опасность, связанная с взрывоопасной средой, возникает при появлении активного источника воспламенения, таких, например, как:

- нагретые поверхности. Если взрывоопасная среда входит в контакт с нагретой поверхностью, может произойти воспламенение. Источником воспламенения может быть и слой пыли или горючее твердое вещество, находящееся во взаимодействии с горячей поверхностью и воспламеняемое горячей поверхностью;

- пламя, горячие газы, горячие частицы;

- искры, образованные механическим путем, например в результате процессов трения, соударения или истирания;

- электрооборудование (может быть источником искр из-за блуждающих токов, при замыкании, размыкании электрических цепей и др.);

- статическое электричество;

- атмосферное электричество;

- электромагнитные волны с диапазоном частот от 10^4 до $3 \cdot 10^{12}$ Гц.

Все электропроводящие части, расположенные в поле излучения, действуют как принимающие антенны. Если электромагнитное поле имеет достаточную мощность и если принимающая антенна будет достаточно большой, то такие электропроводящие части могут вызывать воспламенение взрывоопасных сред. Полученная электромагнитная энергия может, например, накалять тонкие провода или производить искры при замыкании или размыкании электропроводящих частей;

- электромагнитные волны с диапазоном частот от $3 \cdot 10^{11}$ до $3 \cdot 10^{15}$ Гц. Излучение в этом диапазоне, особенно если оно сфокусировано (например, как при лазерном излучении), может стать источником воспламенения через его поглощение взрывоопасными средами или твердыми поверхностями;

- ионизирующее излучение, генерируемое, например, рентгеновскими трубками и радиоактивными веществами, может привести к воспламенению взрывоопасных сред (особенно взрывоопасных сред с частицами пыли) в результате поглощения энергии. Сам источник радиоактивного излучения может нагреваться вследствие внутреннего поглощения лучевой энергии до такой степени, что минимальная температура воспламенения окружающей взрывоопасной среды будет превышена;

- ультразвуковые волны (значительная доля энергии поглощается твердыми или жидкими веществами, и вещество, подвергнутое воздействию ультразвуковых волн, нагревается настолько, что может произойти воспламенение) и др.

Основным параметром, который характеризует опасность жидкостей, является *температура вспышки* – наименьшая температура, при которой внесенный извне в паровое пространство над жидкостью источник зажигания вызывает быстрое сгорание паров, но при удалении источника зажигания горение прекращается. В зависимости от температуры вспышки жидкости подразделяют на легковоспламеняющиеся (ЛВЖ) с температурой вспышки менее 61 °С и горючие жидкости (ГЖ) – с температурой вспышки выше 61 °С.

Температуру вспышки используют при категорировании помещений по взрывопожарной и пожарной опасности и для обеспечения пожарной безопасности технологических процессов.

Для обеспечения безопасности устанавливают пожароопасные и взрывоопасные зоны.

Пожароопасная зона – это пространство внутри и вне помещений, в пределах которого постоянно или периодически обращаются горючие вещества и в котором они могут находиться при нормальном технологическом процессе или при его нарушениях.

Условное обозначение таких зон – «П» (пожароопасная).

Пожароопасные зоны классифицируют:

- на зоны класса П-I – зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше 61 °С;

- зоны класса П-II – зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются горючие пыль или волокна с нижним концентрационным пределом воспламенения более 65 г/м³ к объему воздуха;

- зоны класса П-III – зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества;

- зоны класса II-III – расположенные вне помещения зоны, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше 61 °С или твердые горючие вещества.

В пожароопасных зонах допускается использовать только пожарозащищенное электрооборудование.

Взрывоопасная зона – это часть замкнутого или открытого пространства, в пределах которого постоянно или периодически обращаются горючие вещества и в котором они могут находиться при нормальном режиме технологического процесса или его нарушении (аварии).

Взрывоопасные зоны подразделяются на классы 0, 1, 2 в зависимости от частоты и длительности присутствия взрывоопасной газовой смеси и на классы 20, 21, 22 – в зависимости от частоты и длительности присутствия облака горючей пыли, волокон и летучих частиц в воздухе:

- 0-й класс – зоны, в которых взрывоопасная газовая смесь присутствует постоянно или хотя бы в течение одного часа;

- 1-й класс – зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальном режиме работы оборудования выделяются горючие газы или пары ЛВЖ, образующие с воздухом взрывоопасные смеси;

- 2-й класс – зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальном режиме работы оборудования взрывоопасные смеси горючих газов или паров ЛВЖ с воздухом не образуются, а возможны только в результате аварии или повреждения технологического оборудования;

- 20-й класс – зоны, в которых взрывоопасные смеси горючей пыли с воздухом имеют НКПВ менее 65 г/м³ и присутствуют постоянно;

- 21-й класс – зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальном режиме работы оборудования выделяются переходящие во взвешенное состояние горючие пыли или волокна, способные образовывать с воздухом взрывоопасные смеси при концентрации 65 г/м³ и менее;

- 22-й класс – зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальном режиме работы оборудования не образуются взрывоопасные смеси горючих пылей или волокон с воздухом при концентрации 65 г/м³ и менее, но возможно образование такой взрывоопасной смеси горючих пылей или волокон с воздухом только в результате аварии или повреждения технологического оборудования.

Во взрывоопасных зонах допускается использовать только взрывозащищенное электрооборудование.

2. Порядок выполнения лабораторной работы

Лабораторная работа выполняется на анализаторе ТВО-ЛАБ-01 (рис. 1.49), который состоит из основания, тигеля, камеры нагрева, мешалки с приводом, газовой горелки и дисплея.

При выполнении лабораторной работы необходимо соблюдать следующие требования безопасности:

- к работе допускаются студенты, ознакомленные с устройством анализатора ТВО-ЛАБ-01;
- включать установку в работу только после разрешения преподавателя;
- после окончания экспериментов необходимо выключить анализатор ТВО-ЛАБ-01 и привести рабочее место в порядок.



Рис. 1.49. Внешний вид анализатора ТВО-ЛАБ-01

Порядок работы на анализаторе ТВО-ЛАБ-01:

- выбирается одна из заданных испытательных программ, соответствующая анализируемой жидкости;

- тигель с образцом помещается в камеру нагрева, привод мешалки устанавливается в рабочее положение, поджигается тестовое пламя газовой горелки;

- нажатием клавиши «ПУСК» начинается процесс нагрева пробы анализируемой жидкости.

В ходе измерений проба нагревается автоматически с требуемой скоростью 5–6 °С/мин по ГОСТ 4333 и вводит в тигель испытательное пламя от газовой горелки по выбранной программе. Каждый раз перед внесением горелки в пары анализируемой жидкости, для привлечения внимания студента, прибор подает звуковой сигнал. Температура вспышки исследуемой анализируемой жидкости отображается на дисплее.

Момент вспышки анализируемой жидкости определяется визуально, при этом студент нажимает кнопку «СТОП».

При нажатии кнопки «СТОП» на дисплее отображается температура вспышки анализируемой жидкости.

Содержание отчета:

- описание лабораторной установки;
- название анализируемой жидкости;
- экспериментальное значение температуры вспышки анализируемой жидкости;
- определение анализируемой жидкости с точки зрения ее взрывопожарной и пожарной опасности.

Контрольные вопросы и задания

1. Для промывки изделий вручную в качестве растворителя используется бензин Б-70, параметры которого составляют: температура пламени – 1200 °С; температура вспышки – -34 °С; плотность – 745 кг/м³.

Определите класс взрывоопасной зоны.

2. Источником утечки паров ацетона (СН₃)₂СО в помещение является поврежденный фланец. Температура вспышки ацетона – менее -20 °С.

Охарактеризуйте ацетон с точки зрения взрывопожарной и пожарной опасности.

3. Поясните, как утечки ЛВЖ и ГЖ влияют на классы взрывоопасных и пожароопасных зон.

Лабораторная работа № 14

«Исследование процесса тушения пламени в зазоре и выбор взрывозащищенного электрооборудования»

1. Краткие теоретические сведения

В ряде технологических процессов применяют легковоспламеняющиеся и/или горючие жидкости, которые в соединении с воздухом способны сформировать взрывоопасную среду смеси и поддерживать распространение пламени.

В ряде технологических процессов применяют горючие газы, жидкости и твердые дисперсные материалы, которые в соединении с воздухом образуют горючие смеси, способные воспламеняться от искр замыкания и размыкания электрических цепей и нагретых частей электрооборудования.

Для обеспечения безопасности устанавливают взрывоопасные зоны – часть замкнутого или открытого пространства, в пределах которого постоянно или периодически обращаются горючие вещества и в котором они могут находиться при нормальном режиме технологического процесса или его нарушении (аварии).

Взрывоопасные зоны подразделяют на классы 0, 1, 2 в зависимости от частоты и длительности присутствия взрывоопасной газовой смеси и на классы 20, 21, 22 – в зависимости от частоты и длительности присутствия облака горючей пыли, волокон и летучих частиц в воздухе:

- 0-й класс – зоны, в которых взрывоопасная газовая смесь присутствует постоянно или хотя бы в течение одного часа;

- 1-й класс – зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальном режиме работы оборудования выделяются горючие газы или пары ЛВЖ, образующие с воздухом взрывоопасные смеси;

- 2-й класс – зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальном режиме работы оборудования взрывоопасные смеси горючих газов или паров ЛВЖ с воздухом не образуются, а возможны только в результате аварии или повреждения технологического оборудования;

- 20-й класс – зоны, в которых взрывоопасные смеси горючей пыли с воздухом имеют НКПВ менее 65 г/м^3 и присутствуют постоянно;

- 21-й класс – зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальном режиме работы оборудования выделяются переходящие во взвешенное состояние горючие пыли или волокна, способ-

ные образовывать с воздухом взрывоопасные смеси при концентрации 65 г/м^3 и менее;

- 22-й класс – зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальном режиме работы оборудования не образуются взрывоопасные смеси горючих пылей или волокон с воздухом при концентрации 65 г/м^3 и менее, но возможно образование такой взрывоопасной смеси горючих пылей или волокон с воздухом только в результате аварии или повреждения технологического оборудования.

Во взрывоопасных зонах допускается использовать только взрывозащищенное электрооборудование.

В узких каналах взрывозащищенного электрооборудования вследствие потерь тепла через стенки понижается температура в зоне реакции и уменьшается скорость распространения пламени. С уменьшением диаметра канала увеличивается отношение поверхности теплообмена к объему зоны реакции. Когда потери тепла достигнут критической величины, распространение пламени делается невозможным.

Ориентировочно тушащий зазор рассчитывают по формуле

$$\delta = \lambda \cdot P_B / (U_H \cdot C_P \cdot \rho), \text{ м,}$$

где λ – теплопроводность исходной смеси, Вт/(м·град.); P_B – критерий Пекле (постоянен и равен ≈ 65); U_H – нормальная скорость распространения пламени, м/с; C_P – удельная теплоемкость горючей смеси, Дж/(кг·град.); ρ – плотность горючей смеси, кг/м³.

Более точное значение величины тушащего зазора δ определяют экспериментально для каждой горючей смеси.

2. Порядок выполнения лабораторной работы

Лабораторную работу выполняют на установке (рис. 1.50), состоящей из корпуса 1 – толстостенного сосуда (бомбы), рассчитанного на давление 10,0 МПа (100 кгс/см^2), системы 2 для продувания полостей сосуда воздухом и предохранительного щитка 3, системы зажигания горючей смеси 2.

Бомба состоит из двух полостей – правой и левой (4, 5), каждая – объемом $V_{\Pi} = 1,0 \text{ л}$. В перегородке 6, разделяющей бомбу на полости, установлена коническая пробка 8 с резьбой на хвостовике 9. Хвостовик пробки ввернут в гайку 10 с лимбом, на который нанесены деления. Градуировка лимба – в миллиметрах. Выхлопной штуцер 13 имеет приспособление для установки разрывных мембран 15 из бумаги (кальки) или другого плотного материала.

Каждая полость через клапан 16 соединена с вентилятором 2 для продувки бомбы от продуктов сгорания. Продувка включается нажатием кнопки 22, при этом открываются клапаны в обе камеры и одновременно включается вентилятор 2 посредством микропереключателя. Поворотом гайки 10 с лимбом изменяют величину зазора между полостями бомбы. Методом проб определяют зазор, при котором горение смеси в левой полости бомбы не вызывает воспламенения горючей смеси в правой полости.

Зажигание горючей смеси происходит от искрового разряда между электродами свечей, установленными в левой и правой полостях – 25 и 26.

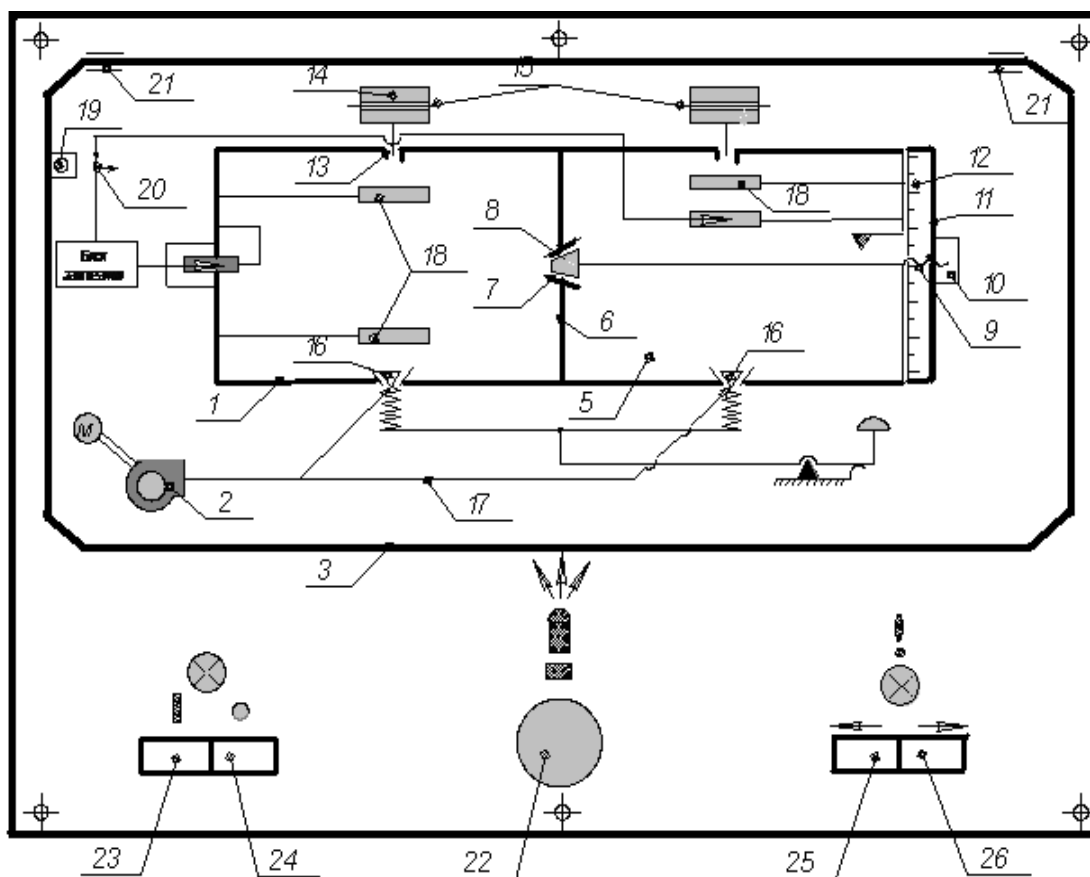


Рис. 1.50. Схема лабораторной установки:

1 – корпус бомбы; 2 – вентилятор; 3 – предохранительный щиток; 4 – полость, имитирующая электроустановку; 5 – полость, имитирующая помещение; 6 – перегородка; 7 – втулка; 8 – коническая пробка; 9 – хвостовик; 10 – гайка; 11 – диск; 12 – деления; 13 – выхлопной штуцер; 14 – пластинка; 15 – разрывная мембрана; 16 – клапан; 17 – трубопровод; 18 – выступ; 19 – стержень; 20 – конечный выключатель; 21 – фрикционная шайба; 22 – кнопка вентилятора; 23 – кнопка включения питания; 24 – кнопка выключения питания; 25 – кнопка зажигания в полости 4; 26 – кнопка зажигания в полости 5

При выполнении лабораторной работы существует опасность удара электрическим током и ожога продуктами сгорания, выбрасываемыми через отверстие предохранительного щитка. С целью предупреждения удара электрическим током запрещается прикасаться к токоведущим частям (клеммам). Ожог продуктами сгорания предупреждается блокировкой зажигания и предохранительным щитком.

Объем горючей жидкости (V , мл), заливаемый в каждую полость бомбы для получения стехиометрической смеси, рассчитывают по формуле

$$V = C_{СТ} \cdot M \cdot V_{П} / (\rho_{ГЖ} \cdot V_{ГЖ}),$$

где $C_{СТ}$ – стехиометрическая концентрация горючей жидкости в воздухе, %

$$C_{СТ} = 100 / (1 + 4,84 \beta), \%$$

где β – стехиометрический коэффициент кислорода в реакции горения

$$\beta = n_C + [n_H - n_X] / 4 - n_O / 2,$$

где n_C , n_H , n_X , n_O – число атомов углерода, водорода, галоидов и кислорода в молекуле горючей жидкости; M – молекулярная масса горючей жидкости; $\rho_{ГЖ}$ – плотность горючей жидкости, г/л; $V_{ГЖ}$ – объем грамм-молекулы горючей жидкости, л.

Порядок проведения лабораторной работы:

- 1) рассчитать стехиометрическую концентрацию $C_{СТ}$ горючей жидкости в воздухе;
- 2) определить объем горючей жидкости V , необходимой для образования в полостях бомбы стехиометрической концентрации;
- 3) включить установку в сеть, нажав кнопку 24 включения питания;
- 4) продувать бомбу воздухом в течение 2 минут, нажав кнопку 22;
- 5) установить по лимбу рассчитанный зазор между полостями бомбы;
- 6) в каждую полость бомбы залить через выхлопные штуцера расчетный объем горючей жидкости;
- 7) закрыть отверстия выхлопных штуцеров мембранами из кальки;

8) для образования смеси горючей жидкости и воздуха в полостях бомбы дать выдержку 3 минуты;

9) опустить предохранительный щиток;

10) через 3 минуты после заливки горючей жидкости включить зажигание в левой полости 4 бомбы, нажав кнопку 25. При этом должен произойти взрыв горючей смеси в левой полости (регистрируется по разрыву мембраны из кальки). При величине зазора больше тушащего зажигание смеси в левой полости приводит к зажиганию смеси в правой полости (происходит разрыв мембраны из кальки в правой полости).

Если величина зазора между полостями меньше тушащего, то взрыва смеси в правой полости не произойдет (мембрана на правом штуцере не разрушится). В этом случае, нажав кнопку 26, инициируйте контрольный взрыв в правой полости;

11) если эксперимент покажет, что расчетный зазор больше тушащего, необходимо следующий опыт провести с зазором на 0,05 мм меньше расчетного. Уменьшая зазор в каждом опыте на 0,05 мм, нужно найти такой зазор, при котором взрыва не произойдет при повторении опыта 10 раз.

Результаты расчетов и эксперимента занесите в табл. 1.53. Сравните теоретическое и экспериментальное значение тушащего зазора.

Таблица 1.53

Результаты эксперимента

Горючая жидкость		Стехиометрическая концентрация $C_{ст}$, %		Результаты контрольного взрыва
Номер опыта	Величина зазора	Полость левая	Полость правая	
1				
2				
3				

Контрольные вопросы и задания

1. Для промывки изделий вручную в качестве растворителя используется бензин Б-70.

Характеристики бензина: температура вспышки – $-34\text{ }^{\circ}\text{C}$; температура пламени – $1200\text{ }^{\circ}\text{C}$; плотность – 745 кг/м^3 .

Определите класс взрывоопасной зоны.

2. Источником утечки паров ацетона $(\text{CH}_3)_2\text{CO}$ в помещение является поврежденный фланец. Температура вспышки ацетона – менее -20°C .

Охарактеризуйте ацетон с точки зрения взрывопожарной и пожарной опасности.

3. Помещение насосной подсолнечного масла. Температура вспышки подсолнечного масла – 204°C .

Поясните, присутствует ли в помещении взрывоопасная зона.

Лабораторная работа № 15

«Первичные средства пожаротушения, расчет грозозащиты объекта и пожарного запаса воды»

Цель работы. Изучить принципы работы и устройство огнетушителей, порядок их проверки, ознакомиться с пожарной классификацией производственных процессов и зданий в зависимости от огнестойкости, методикой расчетов пожарного запаса воды и молниеотводов.

Задания

1. Изучить принципы действия, конструкции и методы проверки огнетушителей различных типов, имеющих в лаборатории.

2. Испытать предохранительный клапан огнетушителя ОВП-100 на стенде и определить взвешиванием сохранность заряда огнетушителя ОУ-2.

3. Ознакомиться с методикой расчета пожарного запаса воды и выполнить этот расчет для индивидуального варианта исходных данных.

4. Ознакомиться с методикой определения высоты стержневых молниеотводов и рассчитать их для индивидуального варианта исходных данных.

Общие положения

Огнетушители – первичные технические средства тушения пожаров. По виду огнегасительного состава огнетушители подразделяются на 4 группы: жидкостные, пенные, газовые, порошковые.

В жидкостных применяют воду с добавками поверхностно-активных веществ или водные растворы различных химических соединений. В пенных химических используют водные растворы щелочи и кислоты, в воздушно-пенных – водные растворы пенообразова-

телей. В газовых углекислотных применяют жидкую углекислоту, в аэрозольных – парообразующие огнегасительные вещества на основе галоидированных углеводородов. В порошковых применяют сухой порошок.

Любые жидкостные и пенные огнетушители не применяются для тушения электроустановок, находящихся под напряжением, а также веществ, горящих при воздействии на них водой (карбида кальция и щелочных металлов).

При выполнении лабораторно-практической работы в дополнение к общей инструкции по охране труда необходимо соблюдать следующие меры безопасности.

1. Запрещается разбирать огнетушители и приводить их в действие, срывать пломбы с огнетушителей и предохранительного клапана.

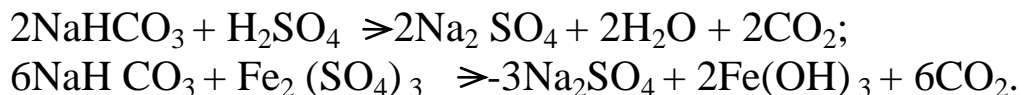
2. Не допускать падения огнетушителей, особенно при взвешивании. Нельзя оставлять в неустойчивом положении огнетушители, а также снятые детали и инструмент.

3. Запрещается превышать давление свыше 1 МПа при регулировке предохранительного клапана и вывинчивать предохранительный клапан из стенда при наличии давления в нем.

Химический пенный огнетушитель ОХП-10 (или ОХВП-10) описан в учебнике [2]. Пенный огнетушитель в разрезе имеется и в лаборатории. Он состоит из сварного баллона, изготовленного из листовой углеродистой стали, переходника с горловиной, нижнего сферического днища, крышки, пластмассового стакана, закрывающегося резиновым кислотощелочестойким клапаном под действием пружины, штока, пропущенного через крышку огнетушителя. К штоку крепится рукоятка с профильным кулачком на конце. При помощи рукоятки клапан поднимается и опускается. Спрыск (сопло) огнетушителя расположен на горловине и закрыт специальной мембраной, предотвращающей выход заряда (кислоты и раствора щелочи) до их полного смешивания. Мембрана выдерживает гидравлическое давление 80–140 кПа.

Щелочная часть заряда представляет собой водный раствор двууглекислой соды (бикарбонат натрия NaHCO_3) и солодкового экстракта. Кислотная часть заряда – это смесь серной кислоты H_2SO_4 с сернокислым окисным железом, сернокислым алюминием. Для приготовления раствора щелочной части заряда огнетушителя, не замерзающей при температуре $-20\text{ }^\circ\text{C}$, щелочную часть заряда растворяют в

5 л воды, добавляют к полученному раствору 3 л этиленгликоля и тщательно перемешивают. Для кислотной части заряда берут 320 см³ технической серной кислоты H₂SO₄ плотностью 1,42 г/см³. При соединении щелочной и кислотной частей происходит следующая реакция:



Техническая характеристика огнетушителя ОХП-10

Производительность по пене, л	43,5
Полезная вместимость корпуса, л	8,7
Дальность пенной струи, м	6–8
Продолжительность действия, с	60±5
Кратность выхода пены к полезной вместимости	5
Масса огнетушителя с зарядом, кг	14
Масса огнетушителя без заряда, кг	4

Образовавшийся углекислый газ интенсивно перемешивает, вспенивает щелочной раствор и выталкивает его через спрыск наружу. Солодковый экстракт и образующаяся в ходе реакции гидроокись железа Fe(OH)₃ повышают стойкость пены.

Корпус огнетушителя периодически подвергают гидравлическим испытаниям в течение 1 мин под давлением 2 МПа. Корпус бракуют при появлении течи, разрывов и отдельных капель.

Осматривают огнетушители не реже одного раза в месяц. В процессе осмотра проверяют наличие пломб, прочищают спрыски, протирают корпуса огнетушителей. Состояние огнетушителей отражают в специальном журнале.

Для приведения в действие огнетушителя ОХП-10 необходимо снять огнетушитель с подвеса, прочистить спрыск и поднести к месту загорания; повернуть рукоятку клапана на 180°; перевернуть огнетушитель вверх дном; направить струю пены в огонь.

Углекислотные огнетушители (табл. 1.54) предназначены для тушения небольших загораний всех горючих и тлеющих материалов, а также электроустановок, находящихся под напряжением. В качестве заряда в углекислотных огнетушителях применяют жидкую углекислоту CO₂, которая в момент приведения огнетушителя в действие быстро испаряется, образуя твердую углекислоту (снег) с температурой -72 °С.

Углекислотный огнетушитель описан в учебнике [7]. Он состоит из стального баллона, в горловину которого ввинчивается запорно-пусковое приспособление – латунный вентиль с сифонной трубкой. Сифонная трубка не доходит до дна баллона на 3–4 мм. В огнетушителях ОУ-2 и ОУ-5 вентиль соединен с диффузором поворотным устройством, а у огнетушителя ОУ-8 – гибким бронированным шлангом длиной 0,8 м.

Таблица 1.54

Технические характеристики ручных углекислотных огнетушителей

Марка огнетушителя	Вместимость, л	Масса заряда углекислоты, кг	Масса огнетушителя без заряда и кронштейна, кг	Длина снежной струи, м	Продолжительность интенсивного выхода углекислоты через диффузор (при 120°C), с
ОУ-2	2,0	1,45	5,0	1,5	25–30
ОУ-5	5,0	3,55	10,5	2,0	30–35
ОУ-8	8,0	5,5	15,0	3,5	35–40

Вентиль-запор снабжен предохранительной мембраной, рассчитанной на разрыв при температуре 50 °С, что предотвращает чрезмерное повышение давления углекислоты в корпусе огнетушителя (выше 18–21 МПа).

Первичную зарядку углекислотных огнетушителей выполняют заводы-изготовители. На каждом баллоне около горловины штампуют наименование или марку завода-изготовителя, массу баллона, рабочее и испытательное давление (6 и 25,5 МПа), вместимость, номер и клеймо ОТК завода-изготовителя. Вентиль и колпачок огнетушителя пломбируют.

Углекислотные огнетушители, поступившие в эксплуатацию, регистрируют в учетном журнале, где указывают номер огнетушителя, его паспортные данные, дату последней зарядки и массу заряда.

Каждые 3 месяца углекислотные огнетушители взвешивают для проверки на утечку углекислоты. Массу после взвешивания сопоставляют с первоначальной массой заряда, при уменьшении которой на 10 % и более огнетушитель следует подзарядить или перезарядить на специальной зарядной станции. Наружный осмотр огнетушителей

следует проводить не реже двух раз в месяц. Не реже одного раза в 5 лет баллоны всех огнетушителей, находящихся в эксплуатации, необходимо освидетельствовать на зарядных станциях для определения пригодности их к эксплуатации, осмотреть наружную и внутреннюю поверхности баллонов, провести гидравлические испытания и проверить состояние вентиля.

Для приведения огнетушителя в действие необходимо освободить запор кронштейна и за рукоятку поднести огнетушитель к очагу пожара; вращать маховичок вентиля против часовой стрелки, предварительно направив диффузор так, чтобы выбрасываемая из него струя снега попадала в огонь. Наклонять баллон нельзя, иначе продолжительность действия уменьшается.

Нельзя касаться диффузора при работе огнетушителя, чтобы не обморозить руки.

Углекислотно-бромэтиловые и жидкостные огнетушители ОУБ-3А, РУБ-7А, ОЖ-7 (табл. 1.55) предназначены для тушения небольших очагов горения волокнистых и других твердых материалов, а также электроустановок, находящихся под напряжением не выше 380 В (кроме жидкостных).

Таблица 1.55

Характеристики углекислотно-бромэтиловых и жидкостных огнетушителей

Марка огнетушителя	Вместимость, л	Масса заряда, кг	Продолжительность действия, с	Дальность струи, м	Масса без заряда и кронштейна, кг
ОУБ-3А	3,2	3,5	40	3–4	2,6
ОУБ-7А	7,4	8,0	40	3–4	4,3
ОЖ-7	7,0	5,0	30–35	6–8	–

Эти огнетушители эффективнее углекислотных в 4 раза, но непригодны для тушения щелочных и щелочноземельных металлов и сплавов на их основе, так как могут усилить горение, вызвав взрыв. Нельзя ими тушить киноплёнки и те вещества, которые горят без доступа воздуха.

Эти огнетушители представляют собой цилиндрические стальные баллоны сварной конструкции, состоящие из обечайки и двух штампованных днищ. В верхней части корпуса вварена горловина, в которую ввернута запорная головка с распыливающей насадкой.

Головка состоит из корпуса, клапана, пружины, штока, накидной гайки, при помощи которой головка присоединяется к корпусу огнетушителя, рычага, ушка и штуцера, в который ввернута сифонная трубка. Сифонная трубка не доходит до дна баллона на 1,5–3 мм, что обеспечивает практически полный выход заряда из огнетушителя.

Схема огнетушителей ОУБ-3А, ОУБ-7А, ОЖ-7 приведена на рис. 1.51.

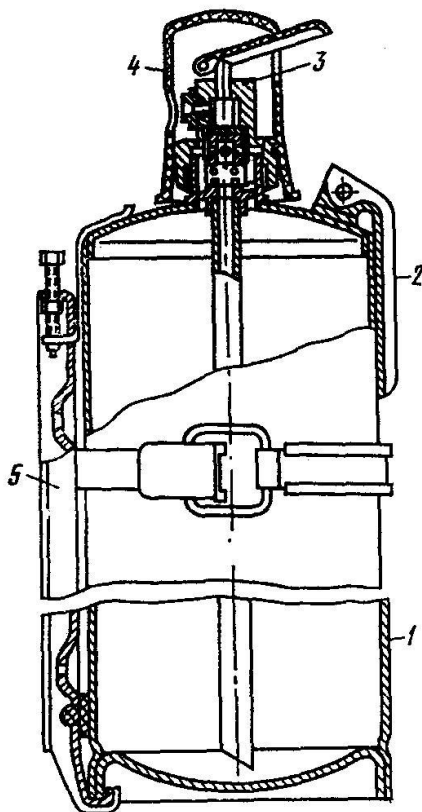


Рис. 1.51. Схема углекисотно-бромэтилового огнетушителя:

1 – корпус; 2 – рукоятка; 3 – головка; 4 – колпак; 5 – кронштейн для подвески

Углекисотно-бромэтиловый огнетушитель (ОУБ-3А, ОУБ-7А) имеет огнегасительный заряд на основе галоидированных углеводородов. Он состоит из 98 % (по массе) бромистого этила и 2 % углекислоты с добавкой воздуха до давления 0,86 МПа при 20 °С.

Углекислота применяется как выталкивающее вещество. Вместо углекислоты можно применять воздух или инертные газы. Бромистый этил не электропроводен и обладает высокой смачивающей способностью. Он является летучей жидкостью, так как имеет низкую температуру кипения (38 °С). Работа заряда обеспечивается в диапазоне температур от -60 до 55 °С.

В качестве смачивателя жидкостного заряда огнетушителя ОЖ-7 могут быть использованы различные поверхностно-активные веществ-

ва: сульфонат (керосиновый), сульфонол, некаль, детергент ДС-РАС, пенообразователь ПО-1, а также вещества ОП-7 и ОП-10, применяемые для тушения загораний спирта, ацетона и других гидрофильных горючих жидкостей.

Чтобы обеспечить выброс заряда в любых температурных условиях, в огнетушители ОЖ-7 нагнетают воздух под давлением до 0,9 МПа, что усложняет условия их эксплуатации и является существенным недостатком. При изменении температуры окружающей среды давление в баллоне ОЖ-7 и ОУБ изменяется. Кроме того, пары бромистого этила обладают токсичностью, а в смеси с воздухом могут образовывать взрывоопасные концентрации. Поэтому при работе с такими огнетушителями необходимы меры предосторожности и применять их безопаснее в открытых установках, а не в помещении. Огнетушители следует периодически испытывать на прочность гидравлическим давлением.

Порошковые огнетушители ручные ОП-1 («Момент»), «Турист-2», ОПС-6, ОПС-10, передвижной ОППС-100 применяют для тушения щелочных и щелочноземельных металлов и их сплавов, малых очагов разлившегося горючего, электроустановок, находящихся под напряжением до 380 В.

Схема огнетушителя ОП-1 («Момент») приведена на рис. 1.52.

В качестве огнегасительного заряда используют порошок ПСГ-2, П-1А или ПСБ. Первый порошок предназначен для тушения легковоспламеняющихся жидкостей и газов, второй – тлеющих материалов.

Состав ПСБ нетоксичен и не оказывает вредного воздействия на материалы. Он состоит из кальцинированной соды, графита, стеаратов железа, алюминия и стеариновой кислоты.

Благодаря этому его можно применять в сочетании с распыленной водой и пенами для тушения на всех видах транспорта.

Подача порошкового состава ПСБ может осуществляться под давлением углекислоты, воздуха, других инертных газов, а также за счет гравитационных сил.

При работе ОП-1 образуется плотное порошковое облако, которое быстро подавляет пламя. При тушении загорания огнетушитель следует взять за корпус у днища, снять с кронштейна, поднести ближе к очагу, но не далее 1 м, ударить головкой о твердую поверхность и направить струю порошка на горящий предмет под основание пламени, чтобы обеспечить наилучшие условия тушения. Во время тушения держать огнетушитель в вертикальном положении (вверх

дном) или близком к нему. При работе огнетушителя необходимо предохранять органы дыхания и глаза от попадания порошка. Продолжительность действия огнетушителя не менее 10 с.

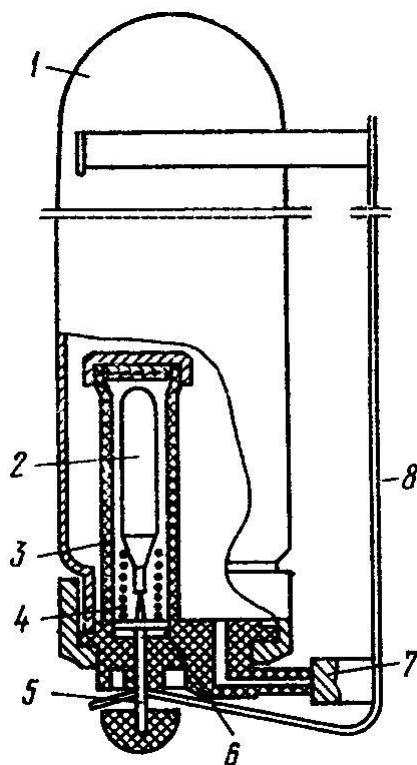


Рис. 1.52. Схема огнетушителя ОП-1 «Момент»:

- 1 – пластмассовый корпус; 2 – баллончик с углекислотой; 3 – стакан;
- 4 – пружина; 5 – запорно-ударный механизм; 6 – резиновое кольцо;
- 7 – насадка с полиэтиленовым колпачком; 8 – кронштейн

Огнетушитель воздушно-пенный типа ОВП-100.01 предназначен для тушения очагов пожаров классов А (горение твердых материалов органического происхождения: дерева, бумаги, ветоши и т. д., при горении которых образуются угли) и В (горение жидкостей или твердых тел; нефтепродуктов, масел, красок и т. п., превращающихся в жидкости).

Огнетушитель не может быть применен для тушения веществ, горение которых происходит без доступа воздуха (хлопок и т. п.), горящих металлов (щелочных – натрий и др. и легких – магний и др.), а также электроустановок, находящихся под напряжением.

Техническая характеристика ОВП-100

Объем корпуса полный, л.....	100+2
Количество огнетушащего состава (заряда), л	90±2
Количество пенообразователя ПО-1, л.....	5+0,4
Дальность струи пены, м.....	6

Продолжительность действия (при температуре от 5 до 50 °С), с.....	60–90
Производительность огнетушителя по пене, м ³	6,3
Масса огнетушителя с зарядом, кг.....	160
Рабочее давление в корпусе огнетушителя (при работе), МПа.....	0,8
Предохранительное устройство корпуса огнетушителя:	
Тип	пружинный
Предел срабатывания, МПа	0,85–0,95
Вместимость баллона с двуокисью углерода, л	2±0,1
Габарит (длина, ширина, высота), мм.....	800×650×1150

Принцип работы огнетушителя ОВП-100 (рис. 1.53) основан на создании избыточного давления в его корпусе двуокисью углерода, которая подается из баллона с рабочим газом. Под этим давлением заряд поступает в пеногенератор, где распыленная струя, эжектируя воздух, образует на сетке воздушно-механическую пену, которая выбрасывается на очаг пожара. При попадании пенообразователя или пены в глаза их следует немедленно промыть большим количеством чистой воды.

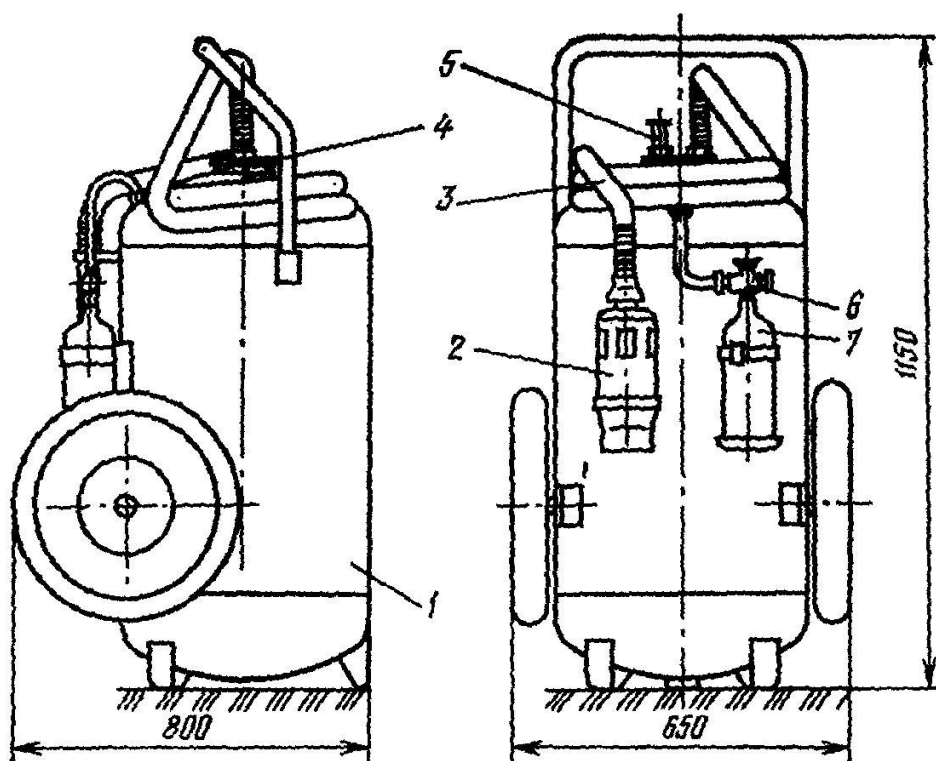


Рис. 1.53. Воздушно-пенный огнетушитель ОВП-100:
 1 – корпус; 2 – пеногенератор; 3 – резиновый шланг; 4 – крышка;
 5 – предохранительный клапан; 6 – запорное устройство;
 7 – баллон с углекислым газом

При возникновении пожара следует подвезти огнетушитель к очагу пожара на расстояние 5–6 м и установить его наклонно или вертикально, размотать резиновый шланг и направить пеногенератор на очаг пожара, открыть запорное устройство баллона с рабочим газом до отказа, направить струю пены на ближайший край огня, постепенно углубляясь по мере тушения.

Предохранительный клапан (рис. 1.54) предназначен для сброса газа из сосуда, когда давление в нем превышает допустимое. Предохранительный клапан 5 (см. рис. 1.53) установлен в крышке сосуда и должен быть опломбирован.

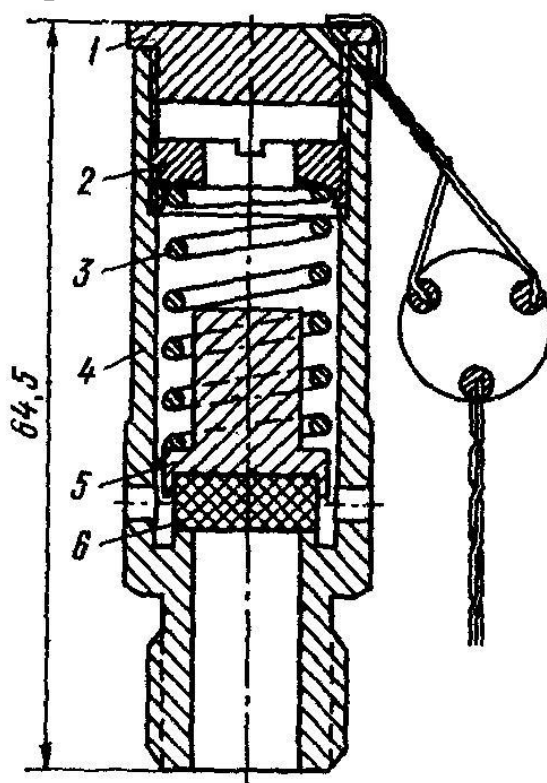


Рис. 1.54. Предохранительный канал огнетушителя ОВП-100:
1 – крышка; 2 – фиксатор; 3 – пружина; 4 – корпус; 5 – шток; 6 – прокладка

Клапан проверяют не реже одного раза в 6 месяцев. Испытание и тарировку клапана проводит лицо, прошедшее специальный инструктаж по безопасности обслуживания стенда и тарировке клапана. Для испытания нужно вывернуть клапан из крышки огнетушителя и кисточкой прочистить прокладку, вернуть его в испытательный стенд; отвернуть крышку клапана; подать воздух под клапан; путем вкручивания или выкручивания отверткой фиксатора регулировать сжатие пружины по показанию манометра из расчета срабатывания клапана при давлении 0,8–0,9 МПа.

В сельской местности противопожарный и хозяйственный водопроводы обычно объединяют. Расчетный расход воды Q (в кубометрах или тоннах) из гидрантов на тушение одного пожара подсчитывают по формуле

$$Q = 3,6(q_H + q_B),$$

где 3,6 – коэффициент перевода литров в кубометры и часов в секунды; q_H и q_B – удельный расчетный расход воды соответственно на наружное и внутреннее тушение пожара, определяемый по табл. П.24 и П.25 учебника [2], л/с; $t = 3$ ч – расчетная продолжительность пожара.

Расчетное число пожаров на промышленном или сельскохозяйственном предприятии зависит от занимаемой им площади (до 150 га – 1, более 150 га – 2). При этом расчетный расход надо брать для каждого из пожаров по зданию, требующему наибольшего расхода воды на наружное тушение. Когда большое здание делится на части противопожарными стенками, удельный расход на наружное тушение пожара принимают по той части, для которой он получается наибольшим, если считать эту часть за самостоятельное здание.

Группу огнестойкости здания и пожарную категорию производства, необходимые для пользования табл. П.24 и П.25, определяют в соответствии с табл. П.26 и параграфом 17.2 учебника [2].

Пример 1. Определить расчетный расход воды на тушение пожара в цехе сеной муки объемом $ABh_{СТЕН} = 15 \text{ м} \times 10 \text{ м} \times 7 \text{ м} = 1050 \text{ м}^3$, который помещается в отдельном здании с несгораемыми основными элементами.

Решение. По табл. П.26 и параграфу 17.2 учебника [2] определяем, что здание I-й степени огнестойкости, производство в нем категории Б. По табл. П.24 и П.25 находим удельный расход на наружное и внутреннее тушение пожара: $q_H = 10$ л/с; $q_B = 2-2,5$ л/с = 5 л/с. Как указывалось выше, $t = 3$ ч. Тогда

$$Q = 3,6(10 + 5) \cdot 3 = 152 \text{ м}^3.$$

Высоту одиночного стержневого молниеотвода определяют по формуле [3]

$$h \geq r_x \sqrt[2]{3} + \frac{h_x}{0,92}, \quad (1.8)$$

где h_x – высота защищаемого объекта в самой удаленной от молниеотвода точке, м; r_x – расстояние от молниеотвода до самой удаленной от него точки объекта на высоте h_x , м.

Если молниеотвод установлен на коньке защищаемого здания, прямоугольного в плане (в середине здания), то расчет по этой формуле делают дважды: один раз – при r_{x1} , равном половине длины здания $A/2$ и высоте h_{x1} , равной высоте конька над землей (полагаем, что конек вдоль всего здания имеет одинаковую высоту), а второй раз – при r_{x2} , равном расстоянию до угла здания в плане.

$$r_{x2} = \sqrt{\left(\frac{B}{2}\right)^2 + r_{x1}^2},$$

где B – ширина крыши здания) высоте угла крыши (стены) над землей h_{x2} , м. Из двух полученных результатов надо принять больший.

Если здание длинное, на нем целесообразнее разместить вместо одного длинного 2 или более стержневых молниеотводов покороче, каждая соседняя пара которых образует двойной стержневой молниеотвод. Расчет высоты таких молниеотводов начинают с использования формулы (1.8) по условию защиты конца конька и угла здания ближайшим к ним стержнем. Если тот расположен на некотором расстоянии r_{x1} от конца конька, то формулу (1.8) используют так же два раза, как и при одиночном молниеотводе, и берут большее из полученных значений. Если же последний молниеотвод расположен на конце конька (у торца здания), то $r = 0$, а $r_{x1} = 0$, $r_{x2} = B/2$ и формулой (1.8) пользуются только при r_{x2} и h_{x2}

Затем проверяют, соблюдается ли соотношение $L/h < 1,5$, где L – расстояние между соседними молниеотводами, м. Обычно L берут одинаковым для каждой пары ближайших один к другому стержней, оно зависит от числа стержней n и от r_{x1} , а определяется по формуле

$$L = (A - 2 r_{x1}) / (n - 1).$$

Если соотношение соблюдается, то h определено. Если же $L/h < 1,5$, то надо определить h еще по двум условиям:

$$h \geq 0,9h_C + L/8 \quad (1.9)$$

и

$$h \geq L/8 + h_{x2}/1,13 + 2r_{CX}/3^*, \quad (1.10)$$

где h_c – наименьшая допустимая высота зоны защиты посередине между стержнями двойного молниеотвода на оси между ними. Она равна высоте конька или высоте вентиляционных и дымовых труб, если они выше конька вблизи середины расстояния между стержнями молниеотвода; r_{CX} – наименьший допустимый радиус зоны защиты посередине между парой молниеотводов (это половина ширины крыши в плане, если стержни на коньке); h_{x2} определено выше.

Пример 2. Здание длиной $L = 25$ м, шириной $B = 16$ м, высотой конька $h_{x1} = 9$ м и стен $h_{x2} = 15$ м защищено двумя молниеотводами, расположенными на коньке крыши на расстоянии $r_{x1} = 1$ м от торца здания (конек имеет одинаковую высоту вдоль всего здания). Можно принять $h_c = h_{x1}$. Определить высоту h стержней молниеотвода.

Решение

$$r_{x2} = \sqrt{16/2^2 + 1^2} = 8,06 \text{ м}.$$

$$L = \frac{25 - 2 \cdot 1}{2 - 1}.$$

$$h_3 \geq 0,9 \cdot 9 + \frac{23}{8} = 11,0 \text{ м}.$$

$$h_4 \geq \frac{23}{8} + \frac{5}{1,13} + 2 \cdot \frac{8}{3} = 12,6 \text{ м}.$$

Принято $h = 10,8$ м $L/h = 23/10,8 > 1,5$.

Определяем h по формулам (1.9) и (1.10)

$$h_1 \geq r_{x1} \cdot \frac{2}{3} + \frac{h_{x1}}{0,92} = 1 \cdot \frac{2}{3} + \frac{9}{0,92} = 10,4 \text{ м}.$$

$$h_2 \geq r_{x2} \cdot \frac{2}{3} + \frac{h_{x2}}{0,92} = 8,06 \cdot \frac{2}{3} + \frac{15}{0,92} = 10,8 \text{ м}.$$

Окончательно принимаем $h = 12,6$ м, то есть над коньком

$$\Delta h = h - h_{x1} = 12,6 - 9 = 3,6 \text{ м}$$

Порядок выполнения работы

Изучить по описанию и имеющимся в лаборатории образцам принцип работы и устройство огнетушителей. Проверить взвешива-

нием сохранность заряда двух образцов огнетушителя ОУ-2 и сделать заключение.

Испытать предохранительный клапан огнетушителя ОВП-100 на испытательном стенде при помощи автомобильного насоса и результаты зарегистрировать по форме табл. 1.56.

Таблица 1.56

Результаты испытания предохранительного клапана

Дата освидетельствования	Что проверено и результаты освидетельствования	Разрешенное давление, МПа	Срок следующего освидетельствования

Изучить методику расчета пожарного запаса воды, пожарную классификацию зданий по степени огнестойкости (табл. П.26 учебника [2]), а также методику определения высоты молниеотводов по настоящему описанию и выполнить расчеты для исходных данных, помещенных в таблице вариантов 12.4.

Контрольные вопросы и задания

1. Как подразделяются огнетушители по виду огнегасительного заряда?
2. Покажите на разрезе основные части огнетушителя ОХП-10.
3. В каких случаях нельзя пользоваться огнетушителем ОХП-10?
4. Как привести в действие огнетушители ОХП-10, ОУ-2, ОП-1, ОБП-100?
5. Как проверить сохранность заряда огнетушителя ОУ-2?
6. Каково назначение огнетушителя ОП-1 («Момент»), огнетушителя ОВП-100?
7. Как испытывают предохранительный клапан огнетушителя ОВП-100?
8. Как определить пожарный запас воды?
9. К какой пожарной категории относится производственный процесс на мельнице, в гараже, в электрическом распределительном устройстве напряжением выше 1000 В?
10. Чем характеризуются I и V группы зданий по огнестойкости?
11. От чего зависит удельный расход воды на тушение пожара?
12. Как определить высоту стержневого молниеотвода?

Лабораторная работа № 16 **«Оказание первой доврачебной помощи** **при поражении электрическим током»**

Цель работы. Научиться быстро и квалифицированно оказывать первую доврачебную помощь человеку, пораженному электрическим током. Приобрести практические навыки в оценке состояния пострадавшего и оживлении человека из состояния клинической смерти методом искусственного дыхания и наружного массажа сердца с использованием манекена-тренажера.

Содержание работы

Ознакомиться с общими положениями и устройством манекена-тренажера. Изучить методы освобождения пострадавшего от электрического тока. Оценить состояние пострадавшего и выбрать метод оказания первой помощи. Произвести практические действия по оживлению-реанимации человека, пораженного электрическим током, на манекене-тренажере методом искусственного дыхания, способом «изо рта в рот» с наружным массажем сердца.

Общие положения

Первая помощь при поражениях электрическим током состоит из двух этапов: освобождение пострадавшего от действия тока и оказание ему доврачебной медицинской помощи. При этом основными условиями успеха являются быстрота и правильность действий, что зависит от знания и умения, спокойствия и находчивости оказывающего помощь. Такие навыки вырабатываются специальной подготовкой.

Первую помощь следует оказывать немедленно и по возможности на месте происшествия. Наилучший эффект достигается в тех случаях, когда с момента остановки сердца прошло менее 4 мин, промедление может привести к гибели пострадавшего. При поражениях электрическим током смерть часто бывает клинической (мнимой), поэтому никогда не следует отказываться от оказания помощи пострадавшему и считать его мертвым, даже если у него отсутствуют видимые признаки жизни: дыхание, сердцебиение, пульс. Процесс жизнедеятельности может проходить на очень низком уровне, до полной остановки сердца. Первую помощь следует оказывать пострадавшему всегда, а вынести заключение о его смерти имеет право только врач.

Известны случаи, когда пострадавшие были возвращены к жизни через 3–4 и даже 11–20 ч после проведения непрерывных мер – искусственного дыхания и массажа сердца.

При своевременном и правильном оказании первой помощи около 90 % пораженных электрическим током с нарушением дыхания и кровообращения оживают. Однако из-за промедлений и ошибочных действий в практике только около одной трети пострадавших возвращают к жизни. Каждый работник предприятия должен уметь правильно оказывать первую помощь пострадавшим, обучение которой наиболее эффективно с использованием манекенов-тренажеров.

Основные данные о манекене-тренажере

Манекен-тренажер предназначен для обучения практическим навыкам проведения искусственного дыхания способом «изо рта в рот» и наружного массажа сердца при оказании первой медицинской доврачебной помощи в случаях поражения электрическим током, отравления, утопления и других несчастных случаев.

Габаритные размеры – 170х500х350 мм, масса – 20 кг.

Напряжение питания пульта управления – 220 В, цепей управления – 12; 24 В.

Мощность, потребляемая пультом управления, – не более 50 ВА.

Сопротивление изоляции электрических цепей – не менее 0,5 МОм.

Манекен имеет следующие механизмы: дыхания, непрямого массажа сердца, поворота головы и глаз (изменение величины зрачка), подъема грудной клетки, пульса в груди, пульса на шее, пульса на руке, ритм дыхания.

Требования безопасности. Металлический корпус пульта перед включением в сеть должен быть заземлен через клемму «Земля». Для обеспечения электробезопасности выбрано напряжение 12 В. Полость рта манекена должна дезинфицироваться с применением марлевой повязки.

Подготовка к работе. Манекен и пульт должны находиться на ровной твердой поверхности на высоте 0,4–0,7 м от пола. После наружного осмотра манекена и пульта при отсутствии механических повреждений заземлить пульт, соединить штепсельный разъем шлангового провода и включить пульт в сеть 220 В.

Проверка исправности механизмов манекена производится преподавателем или учебным мастером перед занятиями.

Механизм дыхания проверяется вдуванием воздуха в рот при откинутой до упора голове и зажатом носе по сигнальной лампе «Давление нормальное».

Наружный массаж сердца – нажатием на грудину по сигнальным лампам «Нормально» и «Больше».

Поворот головы – вращением ее на 90° от положения лицом вверх.

Механизм глаз – включением соответствующего тумблера на пульте (устанавливается зрачок большего или меньшего размера).

Механизм подъема грудной клетки – включением тумблера на пульте – грудь должна ритмично подниматься и опускаться.

Пульс в груди, на шее и на руке – включением соответствующих тумблеров на пульте.

Механизм ритмов дыхания и пульса включается автоматически при проверке исправности механизмов дыхания и наружного массажа сердца – начинают мигать соответствующие лампы на пульте с оптимальными частотами пульса и дыхания.

Освобождение пострадавшего от действия электрического тока

При поражении электрическим током необходимо как можно быстрее освободить пострадавшего от действия тока, так как от про-



Рис. 1.55. Освобождение пострадавшего от действия тока путем отключения электроустановки

должительности этого действия зависит тяжесть электротравмы. По правилам техники безопасности при эксплуатации электроустановок, при несчастных случаях с людьми снятие напряжения для освобождения пострадавшего должно быть произведено немедленно без предварительного разрешения. Отключается часть установки, которой касается пострадавший, с помощью выключателей, рубильника или другого отключающего аппарата (рис. 1.55), а также снимается напряжение путем снятия или вывертывания предохранителей (пробок), разъема штепсельного соединения.

Если пострадавший находится на высоте, то следует принять меры, предупреждающие его падение при освобождении от тока.

Следует предусмотреть меры по обеспечению освещения помещений без естественного света при отключении электроустановок с учетом взрыво- и пожароопасности помещений.

Напряжение до 1000 В. При невозможности отключить электроустановку или привод напряжением до 1000 В для освобождения пострадавшего следует воспользоваться сухим канатом, палкой, доской или каким-либо другим предметом, непроводящим электрический ток (рис. 1.56).

Можно оттянуть пострадавшего от токоведущих частей, взявшись за его одежду, если она сухая и отстает от тела, например за полы пиджака, пальто, за воротник, избегая при этом прикосновения к телу пострадавшего, его обуви, которая может оказаться токопроводящей от загрязнения, наличия в ней гвоздей и т. п., к сырой одежде, а также окружающим металлическим предметам. Следует действовать одной рукой.

При необходимости прикоснуться к телу пострадавшего, не покрытому сухой одеждой, надо надеть на руки диэлектрические перчатки или обмотать их сухой тканью (шарфом и т. п.), натянуть на руки рукава пиджака или пальто и т. д. (рис. 1.57).

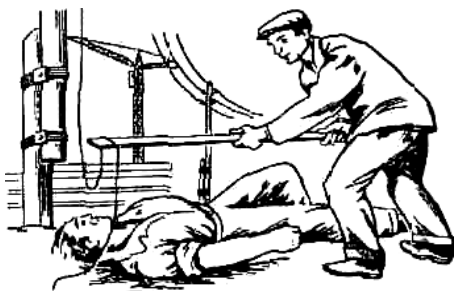


Рис. 1.56. Освобождение пострадавшего от действия тока в установках до 1000 В отбрасыванием провода доской



Рис. 1.57. Освобождение пострадавшего от действия тока в установках до 1000 В оттаскиванием за сухую одежду

Можно также изолировать себя от земли или токопроводящего пола, надев галоши или встав на сухую доску или другие, не проводящие электрический ток предметы.

Если пострадавший судорожно сжимает рукой провод, находящийся под напряжением, то разжимают каждый палец в отдельности с помощью диэлектрических перчаток. Возможно также прервать

цепь тока, отделив пострадавшего от земли (подсунуть под него сухую доску, оттащить за одежду или за ноги), соблюдая меры безопасности.

Можно перерубить провода топором с сухой деревянной рукояткой или перекусить их инструментом с изолированными рукоятками пофазно, при этом рекомендуется стоять на сухих досках, деревянной лестнице, резиновом коврик и т. п.



Рис. 1.58. Освобождение пострадавшего от действия тока в установках свыше 1000 В отбрасыванием провода изолирующей штангой

Напряжение выше 1000 В.
Для отделения пострадавшего от токоведущих частей необходимо надеть диэлектрические перчатки и боты и действовать штангой или изолирующими клещами, рассчитанными на напряжение данной электроустановки или линии (рис. 1.58).

Применение диэлектрических ботов необходимо для защиты от шагового напряжения, если токоведущая часть (провод и др.) лежит на земле.

Пострадавшего необходимо вынести из этой зоны после освобождения от токоведущих частей. При отсутствии возможности быстро отключить линию электропередачи из пунктов питания производят (вызывают) автоматическое отключение созданием искусственного режима короткого замыкания путем наброса на провода гибкого неизолированного провода достаточного сечения, чтобы он не перегорел при прохождении через него тока короткого замыкания. Наименьшее сечение замыкающего провода (по меди) для линий до 1000 В должно быть 16 мм^2 и для линий свыше 1000 В – 25 мм^2 .

Перед набросом один конец провода заземляется путем присоединения к металлической опоре, ее заземляющему спуску, а на другой свободный конец провода прикрепляется груз для удобства заброса. Провод набрасывается так, чтобы он не коснулся людей. Если пострадавший касается одного провода, то часто достаточно заземлить только этот провод.

Первая помощь пострадавшему от электрического тока

После освобождения пострадавшего от действия электрического тока необходимо оценить его состояние. Первая помощь оказывается немедленно после освобождения от действия тока здесь же на месте, если нет угрожающей опасности пострадавшему или оказывающим помощь.

Во всех случаях поражения электрическим током необходимо вызвать врача, независимо от состояния пострадавшего.

Для определения состояния пострадавшего необходимо уложить его на спину и проверить наличие дыхания и пульса.

Наличие дыхания определяется на глаз по подъему и опусканию грудной клетки. Проверка пульса (наличие в организме кровообращения) осуществляется на лучевой артерии руки, и если он здесь не обнаруживается, то его следует проверить на сонной артерии, на шее с правой и левой сторон выступа щитовидного хряща – адова яблочка. При отсутствии кровообращения глазной зрачок бывает расширен (0,5 см в диаметре и более).

Если пострадавший в сознании, с устойчивым дыханием и пульсом, но до этого был в обмороке, его следует уложить на подстилку из одежды, расстегнуть одежду, стесняющую дыхание, создать приток свежего воздуха, растереть и согреть тело и обеспечить полный покой, удалив лишних людей.

Если пострадавший находится в бессознательном состоянии, но с устойчивым дыханием и пульсом (кровообращением), его следует удобно уложить на подстилку, расстегнуть стесняющую одежду, обеспечить приток свежего воздуха, поднести к носу вату, смоченную нашатырным спиртом, и опрыскивать лицо холодной водой.

При возникновении у пострадавшего рвоты необходимо повернуть его голову и плечи набок для удаления рвотных масс.

Если пострадавший придет в сознание, то следует дать ему выпить 15–20 капель настойки валерьяны и горячего чая.

Пострадавшему нельзя позволять продолжать работу или двигаться, не следует его раздевать, так как это может привести к ухудшению состояния здоровья.

Если пострадавший дышит очень редко и судорожно, но у него прощупывается пульс, необходимо сразу же делать искусственное дыхание.

При отсутствии дыхания и пульса у пострадавшего – он находится в состоянии клинической смерти.

По истечении периода клинической смерти наступает биологическая (или истинная) смерть, когда в первую очередь начинают погибать наиболее чувствительные к кислородному голоданию клетки коры головного мозга, что является необратимым явлением.

Достоверными признаками биологической – необратимой смерти являются трупные пятна, окоченение, охлаждение тела до температуры окружающей среды.

Восстановление жизненных функций человека из состояния клинической смерти производится путем искусственного дыхания и наружным массажем сердца, при этом, чем раньше начать меры по оживлению, тем больше вероятность успеха.

При поражении молнией оказывается та же помощь, что и при поражении электрическим током.

Ни в коем случае нельзя зарывать пострадавшего в землю.

Перевозить пострадавшего можно только при удовлетворительном дыхании и удовлетворительном пульсе.

Искусственное дыхание

Искусственное дыхание проводится в тех случаях, когда пострадавший не дышит или дышит плохо (редко, судорожно, как бы со всхлипыванием), а также, если его дыхание постоянно ухудшается, независимо от того, чем это вызвано: поражением электрическим током, отравлением, утоплением и т. д.

Наиболее эффективным способом искусственного дыхания является способ «изо рта в рот» или «изо рта в нос», так как при этом обеспечивается поступление достаточного объема воздуха в легкие (за один вдох до 1000–1500 мл). Выдыхаемый человеком воздух физиологически пригоден для дыхания пострадавшего. Вдувание воздуха производится через марлю, носовой платок, другую неплотную ткань или специальный «воздуховод».

Этот способ искусственного дыхания позволяет легко контролировать поступление воздуха в легкие пострадавшего по расширению грудной клетки после вдувания и опусканию ее в результате пассивного выхода.

Для проведения искусственного дыхания пострадавшего следует уложить на спину, расстегнуть стесняющую дыхание одежду.

Необходимо в первую очередь обеспечить проходимость верхних дыхательных путей, которые в положении на спине при бессознательном состоянии всегда закрыты запавшим языком, в полости рта могут находиться рвотные массы, смещенные протезы и т. д., и их необходимо удалить пальцем, обернутым платком или бинтом (рис. 1.59).

После этого оказывающий помощь располагается сбоку от головы пострадавшего, одну руку подсовывает ему под шею, а ладонью другой руки надавливает на его лоб, максимально запрокидывая голову (рис. 1.60). При этом корень языка поднимается и освобождает вход в гортань, а рот пострадавшего открывается.



Рис. 1.59. Очищение рта и глотки



Рис. 1.60. Положение головы пострадавшего при проведении искусственного дыхания

Оказывающий помощь наклоняется к лицу пострадавшего, делает глубокий вдох, полностью плотно охватывает губами открытый рот пострадавшего и делает энергичный выдох, с некоторым усилием вдувая воздух в его рот; одновременно он закрывает нос пострадавшего щекой или пальцами руки, находящейся на лбу (рис. 1.61). При этом надо наблюдать за грудной клеткой пострадавшего, которая поднимается.



Рис. 1.61. Проведение искусственного дыхания по способу «изо рта в рот»

После подъема грудной стенки нагнетание (вдувание) воздуха приостанавливают, оказывающий помощь

поворачивает лицо в сторону, у пострадавшего происходит пассивный выдох.

Если у пострадавшего хорошо определяется пульс и необходимо проводить только искусственное дыхание, то интервал между искусственными вдохами должен составлять 5 с (12 дыхательных циклов в минуту). При эффективном искусственном дыхании кроме расширения грудной клетки может быть порозовение кожных и слизистых покровов, а также выход пострадавшего из бессознательного состояния и появление у него самостоятельного дыхания.

При проведении искусственного дыхания необходимо следить за тем, чтобы воздух не попал в желудок пострадавшего, о чем свидетельствует вздутие его живота. В таких случаях осторожно надавливают на живот между грудиной и пупком. При этом может возникнуть рвота, тогда следует повернуть голову и плечи пострадавшего набок, чтобы очистить его рот и глотку (см. рис. 1.59).

Если после вдувания воздуха грудная клетка не расправляется, необходимо выдвинуть нижнюю челюсть пострадавшего вперед. Для этого четырьмя пальцами обеих рук захватывают нижнюю челюсть сзади за углы и, опираясь большими пальцами в ее край ниже углов рта, оттягивают и выдвигают челюсть вперед так, чтобы нижние зубы стояли впереди верхних (рис. 1.62).

Если челюсти пострадавшего плотно стиснуты и открыть рот не удастся, следует проводить искусственное дыхание «изо рта в нос» (рис. 1.63).

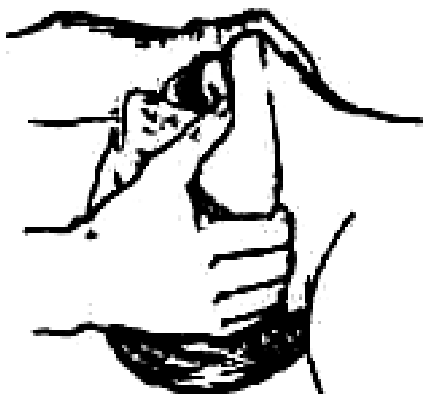


Рис. 1.62. Выдвижение нижней челюсти двумя руками



Рис. 1.63. Проведение искусственного дыхания по способу «изо рта в нос»

В отдельных случаях, при отсутствии дыхания и наличии пульса, искусственное дыхание можно выполнять и в положении сидя или вертикальном (в люльке, на опоре или на мачте). При этом как можно больше запрокидывают голову пострадавшего назад или выдвигают вперед нижнюю челюсть. Остальные приемы те же.

Маленьким детям вдувают воздух одновременно в рот и в нос (рис. 1.64). Чем меньше ребенок, тем меньше ему нужно воздуха для вдоха и тем чаще следует проводить вдувание (до 15–18 раз в минуту, т. е. через 4–3,5 с), вдувания должны быть неполными и менее резкими, чтобы не повредить дыхательные пути ребенка.



Рис. 1.64. Проведение искусственного дыхания ребенку

При появлении первых слабых вдохов следует приурочить проведение искусственного вдоха к моменту начала самостоятельного вдоха пострадавшего.

Искусственное дыхание прекращают после восстановления у пострадавшего достаточно глубокого и ритмичного самостоятельного дыхания.

Наружный (непрямой) массаж сердца

При поражении электрическим током может наступить не только остановка дыхания, но и прекратиться кровообращение, которое необходимо возобновить искусственным путем. Комплекс мероприятий при сочетании искусственного дыхания и кровообращения с наружным массажем сердца называется реанимацией, т. е. оживлением. Признаком остановки сердечной деятельности (остановка сердца или его фибриляция) является появление бледности или синюшности кожных покровов, потеря сознания, отсутствие пульса на сонных артериях, прекращение дыхания или судорожные неправильные вдохи – при этом необходимы реанимационные мероприятия. Для этого пострадавшего немедленно надо уложить на ровное жесткое основание (никаких валиков под плечи и шею подкладывать нельзя) и при одновременном искусственном дыхании проводить наружный (непрямой) массаж сердца, строго чередуя операции.

При наружном массаже сердца производят ритмичное надавливание на грудь, т. е. на переднюю стенку грудной клетки пострадавшего, от этого сердце сжимается между грудиной и позвоночником и выталкивает из своих полостей кровь, а после прекращения надавливания грудная клетка и сердце распрямляются и сердце заполняется кровью, поступающей из вен.

Если помощь оказывает один человек, он располагается сбоку от пострадавшего и, наклонившись, делает два быстрых энергичных

вдувания («изо рта в рот» или «изо рта в нос»), затем поднимается, кладет ладонь одной руки на нижнюю половину грудины (на два пальца от ее нижнего края) и приподнимает пальцы, а ладонь второй руки кладет поверх первой. При надавливании на грудину помогает наклоном своего корпуса, руки при этом должны быть выпрямлены в локтевых суставах (рис. 1.65–1.68).



Рис. 1.65. Положение оказывающего помощь при проведении наружного массажа сердца

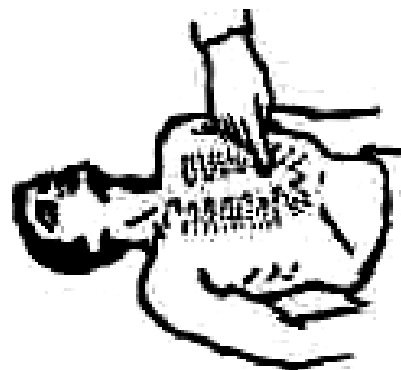


Рис. 1.66. Место расположения рук при проведении наружного массажа сердца

Надавливание следует производить быстрыми толчками, таким образом, чтобы прогнуть грудину внутрь на 4–5 см, с продолжительностью надавливания не более 0,5 с и интервалами между надавливаниями 0,5 с.

В паузах между надавливаниями руки с грудины не снимают, пальцы остаются прямыми, руки – выпрямленными в локтевых суставах.

При оживлении одним человеком на каждые два вдувания производится 15 надавливаний на грудину. За 1 мин необходимо сделать не менее 60 надавливаний и 12 вдуваний, т.е. выполнить 72 манипуляции, поэтому темп реанимационных мероприятий должен быть высоким, без затяжки вдувания – как только грудная клетка пострадавшего расширилась, вдувание прекращают.



Рис. 1.67. Правильное положение рук при проведении наружного массажа сердца и определение пульса на сонной артерии (пунктир)



Рис. 1.68. Проведение искусственного дыхания и наружного массажа сердца одним лицом

При участии в реанимации двух человек (рис. 1.69) соотношение «дыхание-массаж» составляет 1:5, т. е. после одного глубокого вдувания производится пять надавливаний на грудную клетку. В период искусственного вдоха не нужно производить надавливания на грудину для массажа сердца, т. е. необходимо операции по реанимации строго чередовать.



Рис. 1.69. Проведение искусственного дыхания и наружного массажа сердца двумя лицами

При правильных действиях по реанимации кожные покровы розовеют, зрачки сужаются, самостоятельное дыхание восстанавливается. Пульс на сонных артериях во время массажа должен хорошо прощупываться. После восстановления сердечной деятельности при хорошо определяемом собственном (без массажа) пульсе массаж сердца немедленно

прекращают, продолжая искусственное дыхание при слабом самостоятельном дыхании пострадавшего и стараясь, чтобы естественный и искусственный вдохи совпадали. При восстановлении полноценного самостоятельного дыхания искусственное дыхание также прекращают. При неэффективности реанимации (кожные покровы синюшно-фиолетовые, зрачки широкие, пульс на артериях во время массажа не определяется) реанимацию прекращают через 30 мин.

Детям от года до 12 лет массаж сердца производят одной рукой и в минуту делают от 70 до 100 надавливаний в зависимости от возраста, детям до года – от 100 до 120 надавливаний в минуту двумя пальцами (вторым и третьим) на середину грудины. Объем вдоха необходимо соразмерять с возрастом ребенка.

Экспериментальная часть

Практические занятия по реанимации на манекене-тренажере

Искусственное дыхание «Изо рта в рот»

На груди манекена, лежащего на спине, расстегнуть одежду, установить необходимость проведения дыхания по неподвижному состоянию грудной клетки.

Осмотреть полость рта с целью выявления инородных предметов, препятствующих проведению искусственного дыхания.

Голову манекена повернуть набок, при необходимости удалить инородные предметы.

Голову манекена максимально запрокинуть назад путем подкладывания одной руки под шею с надавливанием другой на лоб, что обеспечивает проходимость дыхательных путей.

Продезинфицировать полость рта манекена этиловым спиртом, положить дезинфицированную марлевую повязку на рот.

Сделать глубокий вдох и затем, плотно прижав свой рот ко рту манекена (нос закрыть), произвести в него выдох. При этом грудная клетка манекена должна подниматься, а на пульте должна загораться сигнальная лампа «Давление нормально».

Ритм искусственного дыхания задается на пульте лампой «Искусственное дыхание, ритм». Вдувание воздуха производить через каждые 5 с (12 дыхательных циклов в минуту).

После каждого вдувания рот и нос пострадавшего (манекена) освобождаются для свободного выхода воздуха из дыхательного механизма. Делается 10 вдуваний.

Наружный массаж сердца

По состоянию пульса (на руке, шее или в груди) и зрачка установить необходимость проведения массажа сердца.

Занять место слева или справа у груди манекена и определить место приложения усилий при массаже посредством прощупывания участка грудной клетки, имитирующего конец грудины, оно находится примерно на два пальца выше мягкого ее конца.

Наложить на найденное место нижнюю часть ладони одной руки, а затем поверх первой руки под прямым углом – вторую руку.

Надавливание следует производить быстрым толчком, слегка помогая наклоном всего корпуса, а руки при этом должны быть выпрямлены в локтевых суставах так, чтобы прогнуть грудину внутрь на 4–5 см. При этом на пульте загорается зеленая лампа «Усилие нормальное». После толчка руки остаются в нижнем положении в течение не более 0,5 с, после чего следует слегка выпрямиться и расслабить руки, не отнимая их от груди манекена. При приложении усилия больше нормального на пульте загорается красная лампа «Усилие больше нормы».

Надавливание производится в такт с лампой «Ритм сердца» (один раз в секунду).

Группа обучающихся по указанию преподавателя разбивается попарно, и поочередно один из обучаемых проводит искусственное дыхание, второй – массаж сердца в соотношении 1:5 (один вдох – 5 надавливаний), затем производят реанимацию одним человеком (два вдоха – 15 надавливаний) и т. д.

При обучении одного лица после двух вдуваний производится 15 надавливаний с последующим повторением циклов.

2. ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

2.1. Физическое состояние организма человека

Практическая работа № 1 «Исследование физического состояния организма человека»

1. Краткие теоретические сведения

Внедрение достижений науки и техники в производственный процесс качественно видоизменило характер и условия труда работников большинства профессиональных групп. Несмотря на технические и технологические преобразования, происходящие в разных отраслях экономики, доля физического труда, разного по своей интенсивности и тяжести, все еще остается достаточно высокой.

Реакция организма человека на физическую нагрузку рассматривается как разновидность рабочего напряжения, проявляющаяся в функциональном напряжении нейромышечного и опорно-двигательного аппаратов, регулирующих (нервная, гормональная) и обеспечивающих кровообращение, дыхание, газообмен и терморегуляцию систем организма.

На организм работников различных профессий воздействует комплекс вредных производственных факторов, часто ведущим из них является тяжесть труда, приводящая к перенапряжению различных структур нейромышечного и опорно-двигательного аппарата (мышцы, сухожилия, связки, околосуставные мягкие ткани, межпозвонковые диски, суставные поверхности, тела позвонков), патологии нервно-мышечного аппарата спины.

Среди комплекса факторов трудового процесса, обуславливающих тяжесть физического (мышечного) труда, ведущее место занимают:

неравномерное распределение физической нагрузки на опорно-двигательный аппарат работников;

динамические и статические мышечные нагрузки, связанные с подъемом, перемещением и удержанием различного по массе груза;

значительные усилия, прикладываемые к органам управления и ручным инструментам, многократно повторяющиеся движения рук.

необходимость выполнения частых и глубоких наклонов корпуса;

длительное поддержание физиологически нерациональных (неудобных, фиксированных, вынужденных) рабочих поз.

Систематическое и длительное (в течение многих лет) воздействие факторов трудового процесса, превышающих допустимые величины рабочей нагрузки, может явиться причиной возникновения перенапряжения различных систем организма, в частности нервно-мышечного аппарата (НМА) работающих.

Следствием перенапряжения НМА может быть развитие профессиональных заболеваний опорно-двигательного аппарата, периферической нервной системы, а также увеличение частоты остеохондрозов, артрозов и др.

Уровень физического состояния (УФС) – это комплексный показатель для определения индивидуального физического состояния человека с целью выбора режима оздоровительной тренировки. Для оценки УФС необходимо знать:

- вес человека P ;
- рост человека H ;
- возраст человека $V_{зр}$;
- частоту сердечных сокращений ЧСС;
- кровяное давление.

Кровеносная система человека состоит из двух систем – артериальной, подающей питательные вещества клеткам, и венозной, отводящей вредные, отработанные, и трех видов сосудов: артерия (вена), артериола (венула) и капилляры. Органом, который создает давление в сосудах, а следовательно, и непрерывное движение крови по сосудам, является сердце. Сердце, работая как насос, выбрасывает во время сокращения (систола) кровь в аорту и артерии, резко повышая давление в сосудах. Это *систолическое давление*. Потом сердце отдыхает, наступает расслабление (диастола). Давление крови в артериях снижается. Это *диастолическое давление*, величина которого определяется тонусом сосудистой стенки.

В течение суток артериальное давление подвержено колебаниям, которые зависят от таких факторов, как возраст, погодные условия, физическая нагрузка, психологическое напряжение, эмоциональное состояние человека и т. д. Неоднократные и стойкие нарушения артериального давления характеризуются гипер- и гипотонией.

Гипертония – это повышение артериального давления от 140/90 мм рт. ст. и выше. Постоянно повышенный уровень артериального давления заставляет сердце работать с большей нагрузкой, что приводит к увеличению мышечной массы сердца. Коронарные артерии сердца не могут обеспечить кислородом большое сердце, в результате

возникает ишемия (возможен и инфаркт миокарда), а затем – снижение сократительной функции сердца (сердечная недостаточность).

Постоянное увеличение тонуса артерий вследствие повышенного давления ведет к нарушению структуры и функции внутреннего слоя стенки артерий – эндотелия, что вызывает отложение жировых (холестериновых) бляшек и развитие атеросклероза. Артериальная гипертония – это причина болезней сердца, головного мозга, сосудов, глаз, почек и др. Симптомами гипертонии является не только резкое повышение артериального давления (криз), но и головные боли, головокружение, тошнота, нарушение слуха и др.

Гипотония – это низкое артериальное давление – от 100/60 мм рт. ст. и ниже. Гипотония приводит к недостаточному кровоснабжению и кислородному голоданию головного мозга, в результате чего появляются слабость, вялость и утомляемость.

2. Порядок проведения оценки уровня физического состояния

Для оценки физического состояния организма человека необходимы пульсофон, тонометр, фонендоскоп (рис. 2.1) или браслет «Здоровье».



Рис. 2.1. Секундомер, тонометр и спирометр

Измерение кровяного давления производят методом Н.С. Короткова (рис. 2.2).

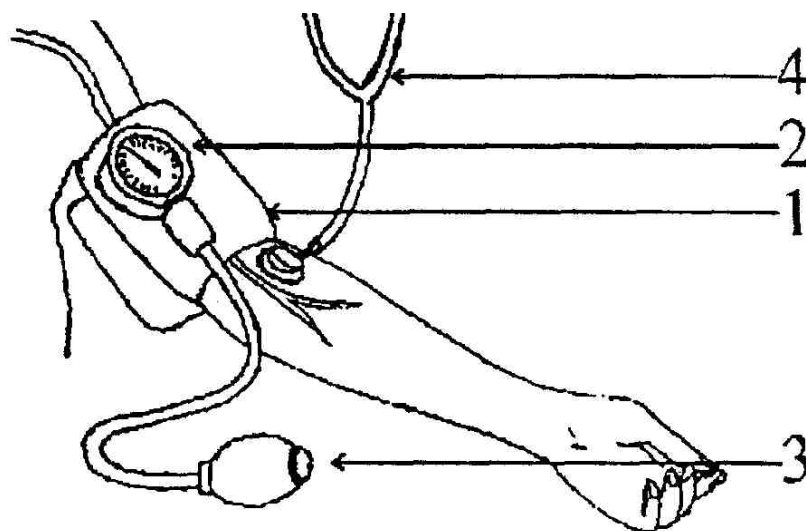


Рис. 2.2. Измерение кровяного давления по способу Короткова:
1 – резиновая манжетка; 2 – тонометр; 3 – груша; 4 – фонендоскоп

Сидя на стуле, человек кладет расслабленную руку на стол, на руку выше локтя накладывают манжетку, соединенную со сфигмоманометром и резиновой грушей так, чтобы они плотно прилегали, но не сдавливали ткани. Нижний край манжетки должен отстоять от локтевого сгиба не меньше чем на 1–1,5 см. В локтевой ямке находят пульсирующую плечевую артерию, на которую ставят фонендоскоп. С помощью груши нагнетается воздух в манжетку, где создается давление выше максимального, пульс исчезает, затем, поворачивая винтовой клапан, начинают медленно выпускать воздух из манжетки, при этом выслушивают сосудистые тоны в плечевой артерии.

Момент появления тонов соответствует систолическому давлению (АД_{СИСТ}), после чего снижение давления в манжетке продолжается, нарастающая сила тонов затем ослабевает и исчезает. Момент исчезновения тонов соответствует минимальному – диастолическому давлению (АД_{ДИАСТ}).

Разница в величине АД_{СИСТ} и АД_{ДИАСТ} есть пульсовое давление (ПД). Среднее значение кровяного давления равно

$$\text{АД}_{\text{СИСТ}} + 1/2 \text{ ПД.}$$

Существуют несколько видов определения уровня физического состояния. По методу Е.А. Пироговой УФС определяют следующим образом:

1) частоту сердечных сокращений, определенную с помощью пульсофона за 10 с, умножают на шесть и получают исходный показатель ЧСС, уд/мин;

2) измеряют артериальное давление: систолическое АД_{СИСТ} и диастолическое АД_{ДИАСТ};

3) рассчитывают среднее артериальное давление

$$АД_{СР} = АД_{ДИАСТ} + [(АД_{СИСТ} - АД_{ДИАСТ})/3];$$

4) зная вес тела (Р, кг), рост (Н, см), определяют уровень физического состояния

$$УФС = (700 - 3ЧСС - 2,5АД_{СР} - 2,7В_{ЗР} + 0,28Р)/(350 - 2,6В_{ЗР} + 0,21Н);$$

5) полученный результат уровня физического состояния сравнивают с критериями, приведенными в табл. 2.1.

Если результат низкий или ниже среднего УФС, то рекомендуется применение оздоровительной программы.

Далее приводим комплексные оздоровительные и лечебно-профилактические мероприятия, направленные на внедрение организационно-технических мер по оптимизации труда, коррекцию функционального состояния работающего, профилактику и снижение производственно обусловленной и профессиональной патологии нервно-мышечного аппарата спины работников физического труда.

Таблица 2.1

Критерии оценки уровня физического состояния

УФС	Мужчины	Женщины
Низкий	0,225–0,375	0,157–0,260
Ниже среднего	0,376–0,525	0,261–0,365
Средний	0,526–0,675	0,366–0,475
Выше среднего	0,676–0,825	0,476–0,575
Высокий	0,826 и более	0,576 и более

1. Саммомассаж

Ладонную поверхность массирующей руки накладывают вначале на пальцы руки и начинают движение от кончиков пальцев к плечевому суставу. Во время движения пальцы массирующей руки плотно прилегают к поверхности массируемой руки. Движение повторяют 3–5 раз сначала с тыльной поверхности руки, затем 3–5 раз с ладонной поверхности руки (вначале полностью массируют всю руку, затем переходят к другой).

2. Гимнастические упражнения (на расслабление)

Исходное положение – сидя, обе руки спадают вдоль туловища. Легкие покачивающие движения кистями рук. Мышцы плеча и предплечья расслаблены. Всего производят 8–10 покачиваний.

3. Массаж пальцев

Исходное положение – сидя. Начинают с поглаживания, которое производится в продольном направлении ладонной поверхностью большого, указательного и безымянного пальцев массирующей руки одновременно. Массажные движения осуществляются по направлению от конца пальцев к основанию. Массируют каждый палец. Затем переходят к поперечному разминанию каждого сустава теми же пальцами.

Все движения повторяют 3–4 раза на каждом пальце и каждом суставе.

4. Гимнастические упражнения

Сжимание и разжимание пальцев рук.

Движения производят в медленном темпе 4–6 раз.

5. Массаж кисти

Установка та же, что и при массаже пальцев. Сначала массируют тыльную, затем – ладонную поверхность кисти. Вначале производят поглаживание кисти ладонной поверхностью массирующей руки, для чего ее кладут поперек тела и продолжают движение до локтевого сустава. После общего поглаживания тыла кисти массируют каждое из сухожилий, расположенных на ее тыльной поверхности. Для этой цели большим пальцем массирующей руки с тыльной и ладонной стороны массируют каждую межкостную мышцу. С ладонной поверхности кисти массируют также мышцы возвышения большого пальца и возвышения мизинца. Для того чтобы легче можно было проникнуть вглубь к межкостным мышцам, необходимо раздвинуть пальцы массируемой руки. Движение повторяют 4–5 раз.

6. Гимнастическое упражнение

Ладонные поверхности обеих рук накладываются друг на друга таким образом, чтобы концы пальцев одной руки находились у основания другой руки. Движение осуществлять строго от кончиков пальцев к основанию с нажимом ладоней друг на друга. По окончании движения обе руки сжимаются в кулак, движение повторяют 5–6 раз.

7. Массаж предплечья

Массируемая рука опирается кистью на стол. Другой рукой производится сначала поглаживание тыльной поверхности кисти, начи-

ная от кончиков пальцев, и затем, дойдя до лучезапястного сустава, обхватывающее непрерывное поглаживание, продолжая его на тыльной поверхности предплечья и заканчивая поглаживание на нижней трети плеча. То же продолжают 4–5 раз с ладонной поверхности.

8. *Массаж плеча*

Производят теми же способами и в той же последовательности, что и мышц предплечья.

9. *Гимнастическое упражнение (на расслабление)* – см. п. 2.

По окончании массирования одной руки приступают к массажу второй руки.

3. Порядок проведения оценки лодыжечно-плечевого индекса

Лодыжечно-плечевой индекс (ЛПИ) – это показатель, позволяющий оценить адекватность артериального кровотока в нижних конечностях. Зная систолическое артериальное давление (АД) в проксимальном отделе плеча и дистальном отделе голени, можно рассчитать ЛПИ

$$\text{ЛПИ} = \text{sАД на лодыжке} / \text{sАД на плече}$$

В норме систолическое АД в области лодыжки чуть выше, чем на плече; ЛПИ от 1,0 до 1,3 считается нормальным.

Если АД в области лодыжек ниже, чем в области плеча, это указывает на возможное поражение артерий нижних конечностей. ЛПИ < 0,9 свидетельствует о существенном атеросклеротическом поражении сосудов нижней конечности.

ЛПИ от 0,4 до 0,9 наблюдается при выраженной степени обструкции кровотока, которая имеет клинические проявления в виде перемежающейся хромоты.

ЛПИ менее 0,4 свидетельствует о тяжелой ишемии конечности.

ЛПИ более 1,3 указывает на кальцинированность артерии нижних конечностей.

При выявлении промежуточных значений ЛПИ (от 0,9 до 0,95) повторите процедуру измерения. Если величина ЛПИ продолжает колебаться в интервалах промежуточных значений, результат расценивают как «сниженный индекс ЛПИ» и необходимо дуплексное сканирование артерий нижних конечностей для исключения/выявления

атеросклероза артерий нижних конечностей с последующей консультацией сосудистого хирурга.

При выявлении величины ЛПИ 0,9 и менее, более 1,3 также необходимо пройти дуплексное сканирование артерий нижних конечностей с последующей консультацией сосудистого хирурга.

Контрольные вопросы и задания

1. От чего зависит уровень физического состояния человека?
2. Назовите критерии оценки уровня физического состояния человека.
3. Перечислите исходные данные для оценки уровня физического состояния человека.
4. Как вы оцениваете свой уровень физического состояния?
4. Что такое индекс ЛПИ?
5. Определите ЛПИ при следующих данных и сравните с нормой: систолическое артериальное давление на лодыжке равно 140 мм рт.ст., а на плечевой артерии – 110 мм рт.ст.

Практическая работа № 2 «Исследование трофологического статуса и компонентного состава тела человека»

Краткие теоретические сведения

Оценка трофологического статуса и компонентного состава тела проводится у лиц в возрасте 18 лет и старше. Для оценки используется антропометрический метод с определением:

- массы тела МТ;
- индекса массы тела ИМТ;
- толщины кожно-жировой складки;
- компонентов состава тела.

Рекомендуемую массу тела рассчитывают по формуле

$$РМТ \text{ (мужчины)} = P - 100 - (P - 152) \cdot 0,2, \text{ кг};$$

$$РМТ \text{ (женщины)} = P - 100 - (P - 152) \cdot 0,4, \text{ кг},$$

где P – рост, см.

Если МТ менее РМТ более чем на 1 кг, то масса тела ниже рекомендуемой, если МТ больше РМТ более чем на 1 кг, то масса тела выше рекомендуемой.

Наличие избыточного веса позволяет определить индекс массы тела, кг/м²

$$\text{ИМТ} = \text{МТ}/\text{Р}^2,$$

где Р – рост, м.

Индекс массы тела в пределах 18,5–24,9 означает, что вес нормальный, в пределах 25,0–29,0 – есть лишний вес, а если ИМТ больше 30 – ожирение.

Лишний вес и ожирение наступают в результате неправильного питания, когда поступление энергии в виде калорий пищи превышает ее расход. Избыток энергии «про запас» откладывается в виде подкожной жировой складки вокруг внутренних органов – в брюшной полости и грудной клетке.

Ведь игнорируя или поздно выявив болезнь, можно получить следующие осложнения:

гипогликемия (резкое снижение сахара), приводит к коме, необратимым повреждениям мозга, инвалидности, смерти;

ангиопатия (нарушение проницаемости сосудов), приводит к атеросклерозу, сердечной недостаточности, тромбозу, инфаркту, инсульту;

ретинопатия (поражение сетчатки глаза), приводит к катаракте и слепоте;

диабетическая стопа (поражение сосудов нижних конечностей), приводит к язвам, некрозу, гангрене, ампутации;

нефропатия (поражение почек), приводит к почечной недостаточности, гемодиализу, смерти;

энцефалопатия (поражение головного мозга) с нарушением памяти и внимания;

жировой гепатоз и цирроз печени;

снижение слуха;

полинейропатия (потеря чувствительности в конечностях).

Неправильное питание и гипертония приводят к повышению уровня «плохого» холестерина (холестерина липопротеидов низкой плотности) в крови (табл. 2.2), формированию атеросклеротических бляшек и развитию сопутствующих заболеваний (табл. 2.3).

Уровень общего холестерина должен быть менее 5 ммоль/л, «плохого» холестерина – менее 3 ммоль/л.

Таблица 2.2

Содержание холестерина (ХС) в готовых продуктах питания

Готовый продукт питания	Содержание ХС, мг	Готовый продукт питания	Содержание ХС, мг
Молоко 6 %, ряженка (один стакан)	47	Молоко 3 %, кефир 3 % (200 г)	29
Кефир 1 %, молоко 1 % (один стакан)	6	Кефир, молоко обезж. (200 г)	2
Молоко сгущенное (один стакан)	2	Сметана 20 % (1/2 стакана)	63
Сметана 30 % (одна чайная ложка)	5	Сметана 30 % (1/2 стакана)	91
Творог обезжиренный (100 г)	9	Творог 9 % (100 г)	32
Творог жирный (100 г)	57	Сырок творожный (100 г)	71
Сыр жирный (25 г)	23	Сыр нежирный (25 г)	17
Сыр плавленый (25 г)	15	Рассольные сыры (25 г)	17
Мороженое молочное (100 г)	14	Мороженое сливочное (100 г)	35
Мороженое пломбир (100 г)	47	Баранина вареная (100 г)	98
Масло сливочное (50 г)	121	Масло сливочное (1 чайная ложка)	12
Говядина вареная (100 г)	94	Свинина без жира (100 г)	88
Кролик вареный (100 г)	90	Сосиска	32
Колбаса вареная (100 г)	60	Яйцо (желток)	202
Колбаса сырокопченая (100 г)	90	Колбаса варенокопченая (100 г)	90
Гусь, утка (100 г)	91	Печень (100 г)	438
Куры, мясо белое, крылья, грудка с кожей (100 г)	80	Куры, мясо темное – ножка, спинка, шейка с кожей (100 г)	91
Почки (100 г)	112	Желудок куриный (100 г)	212
Язык (100 г)	90	Майонез (1 чайная ложка)	5
Консервы рыбные в томате (100 г)	51	Консервы в собственном соку (100 г)	95
Рыба – треска, навага, хек, судак (тощая) (100 г)	65	Рыба – морской окунь, сом, карп, лещ, сельдь, осетр средней жирности (100 г)	88
Крабы, кальмары (100 г)	95	Креветки (100 г)	150
Рыбная икра (100 г)	300	Печень трески консервированная (100 г)	476
Шпик, корейка, грудинка (100 г)	80	Бараний, говяжий жир (1 чайная ложка)	4

Таблица 2.3

Классификация избыточной массы тела и ожирения

Классификация	Избыточная масса тела, кг/м ²	Риск сопутствующих заболеваний
Недостаточная масса тела	< 18,5	Низкий, но риск других клинических проблем увеличивается
Нормальная масса тела	18,5–24,9	Обычный
Избыточная масса тела	25,0–29,9	Повышенный
Ожирение I степени	30,0–34,9	Высокий
Ожирение II степени	35,0–39,9	Очень высокий
Ожирение III степени	≥ 40	Чрезвычайно высокий

2. Определение суточных энергозатрат

Все трудоспособное население дифференцировано в зависимости от энергозатрат на пять групп (табл. 2.4). Каждая группа объединяет лиц определенных профессий и, кроме того, дифференцирована на возрастные категории: 18–29, 30–39 и 40–59, 60–74 лет.

Таблица 2.4

Классификация трудоспособного населения в зависимости от энергозатрат

Номер группы труда	Характеристика труда и физической активности	Профессии
I	Умственный труд, очень легкая физическая активность	Научные работники, операторы ПЭВМ, контролеры, педагоги, диспетчеры, работники пультов управления и др.
II	Легкий труд, легкая физическая активность	Водители трамваев, троллейбусов, работники конвейеров, весовщицы, упаковщицы, медсестры, санитарки, работники сферы обслуживания и др.
III	Труд средней тяжести, средняя физическая активность	Слесари, наладчики, настройщики, станочники, буровики, машинисты экскаваторов, бульдозеров, водители автобусов, аппаратчики и др.
IV	Тяжелый физический труд, высокая физическая активность	Основная масса сельскохозяйственных рабочих и механизаторов, доярки, овощеводы
V	Особо тяжелый физический труд, очень высокая физическая активность	Сельскохозяйственные рабочие и механизаторы в посевной и уборочный периоды, грузчики немеханизированного труда и др.

Практика показала условность связи энерготрат с определением профессиональной принадлежности. Фиксированный список профессий, относимых к определенной группе энерготрат, не отражает изменений энергоемкости этих профессий, постоянно наблюдающихся в практике. Поэтому потребовалось введение объективного физиологического критерия, определяющего адекватное количество энергии для конкретных групп. Таким критерием, согласно рекомендациям Всемирной организации здравоохранения, является соотношение общих энерготрат на все виды жизнедеятельности с величиной основного обмена (ВОО) – расходом энергии в состоянии покоя, который зависит от возраста, массы тела, пола и других факторов. У женщин величина основного обмена на 15 % ниже, чем у мужчин (табл. 2.5). Соотношение общих энерготрат (табл. 2.6) с ВОО дает величину коэффициента физической активности (КФА). Для расчета суточных энерготрат необходимо умножить соответствующую возрасту и массе тела величину основного обмена на КФА. Физиологические потребности в энергии составляют, ккал/сут: для мужчин – от 2100 до 4200, для женщин – от 1800 до 3050.

Таблица 2.5

Таблица расчета энерготрат взрослого населения в зависимости от массы тела и возраста, ккал/сут

Мужчины (основной обмен)					Женщины (основной обмен)				
Масса, кг	Возраст, лет				Масса, кг	Возраст, лет			
	18–29	30–39	40–59	60–74		18–29	30–39	40–59	60–74
50	1450	1370	1280	1180	40	1080	1050	1020	960
55	1520	1430	1350	1240	45	1150	1120	1080	1030
60	1590	1500	1410	1300	50	1230	1190	1160	1100
65	1670	1570	1480	1360	55	1300	1260	1220	1160
70	1750	1650	1550	1430	60	1380	1340	1300	1230
75	1830	1720	1620	1500	65	1450	1410	1370	1290
80	1920	1810	1700	1570	70	1530	1490	1440	1360
85	2010	1900	1780	1640	75	1600	1550	1510	1430
90	2110	1990	1870	1720	80	1680	1630	1580	1500

Таблица 2.6

Энерготраты мужчины при различной физической активности по отношению к величине основного обмена, ккал

Профессия, физическая активность, выполняемые работы	Энерготраты	Профессия, физическая активность, выполняемые работы	Энерготраты
Сон	1,0	Токари-универсалы:	
Лежачее положение	1,2	изготовление винта	3,0
Отдых при ходьбе	1,2	изготовление крышек, втулок	2,8
Отдых стоя	1,4	нарезка резьбы	2,9
Ходьба в обычном темпе	3,2	изготовление полумуфты	2,1
Ходьба с грузом до 10 кг	3,5	обработка шкива	2,5
Ходьба быстрая	7,5	Электрокарщики:	
Контроль за технологическими процессами:		подготовка к работе	2,2
сидя	1,7	отдых сидя	1,5
стоя	2,7	погрузка тары	3,8
в движении	4,0	погрузка наполненной емкости	4,7
Токари:		перевоз	3,1
подрезка затворов	2,7	Операторы птицефабрики:	
расточка затворов	2,3	кормление кур	2,2
расточка патрубков	2,4	сбор и укладка яиц	2,8
шлифовка корпусов штока	2,8	чистка навоза	3,7
шлифовка корпуса штока	2,8	Машинисты таровых мельниц:	
токарная обработка штока	3,7	прием и сдача смены	2,6
шлифовка цилиндра штока	2,7	прочистка точек перегрузочного устройства	2,6
обработка гаек	3,0	уход за оборудованием	4,6
фрезеровка штока	3,9	Контроль за состоянием технологического оборудования:	
нарезка резьбы штока	2,8	сидя	2,1
проточка штока	2,7	стоя	3,2
Слесари-сборщики:		в движении	3,2
сборка лебедки	3,4	подбор россыпи и забрасывание на транспортер	4,4
напрессовка барабана на вал	3,4	уборка площадки водонапорным шлангом	3,4
подгон, установка редуктора	3,4		
установка, крепление тормоза	4,0		

Незаменимыми пищевыми веществами, источниками энергии являются:

1) **белок** – это эволюционно сложившаяся доминанта в питании человека, обеспечивающая оптимальный физиологический уровень

поступления аминокислот. Окисление в организме 1 г белка дает примерно 4 ккал.

Источниками полноценного белка животного происхождения, содержащего полный набор незаменимых аминокислот в количестве, достаточном для биосинтеза белка в организме человека, являются молоко, молочные продукты, яйца, мясо и мясопродукты, рыба, морепродукты. Для взрослых рекомендуемая доля белков животного происхождения в суточном рационе от общего их количества – 50 %.

В белках растительного происхождения (злаковые, овощи, фрукты) имеется дефицит незаменимых аминокислот;

2) **жиры** (липиды), поступающие с пищей, являются концентрированным источником энергии (1 г жира при окислении в организме дает 9 ккал). Жирные кислоты подразделяют на два основных класса – насыщенные и ненасыщенные.

Насыщенные животные жиры имеют твердую консистенцию и высокую температуру плавления. К таким животным жирам относятся бараний, говяжий, свиной и ряд других. Высокое потребление насыщенных жирных кислот является важнейшим фактором риска развития диабета, ожирения, сердечно-сосудистых и других заболеваний.

Потребление насыщенных жирных кислот должно составлять не более 10 % от калорийности суточного рациона. К мононенасыщенным жирным кислотам относятся миристолеиновая и пальмитолеиновая кислоты (жиры рыб и морских млекопитающих), олеиновая (оливковое, сафлоровое, кунжутное, рапсовое масла). Физиологическая потребность в мононенасыщенных жирных кислотах для взрослых должна составлять 10 % от калорийности суточного рациона.

Жирные кислоты с двумя и более двойными связями между углеродными атомами называются полиненасыщенными (ПНЖК). Особое значение для организма человека имеют такие ПНЖК, как линолевая, линоленовая, являющиеся структурными элементами клеточных мембран и обеспечивающие нормальное развитие и адаптацию организма человека к неблагоприятным факторам окружающей среды. Двумя основными группами ПНЖК являются кислоты семейств Омега-6 (ω -6) и Омега-3 (ω -3). Жирные кислоты ω -6 содержатся практически во всех растительных маслах и орехах; ω -3 – в ряде масел (льняном, из семян крестоцветных, соевом).

Основным пищевым источником ω -3 жирных кислот являются жирные сорта рыб и некоторые морепродукты. Из ПНЖК ω -6 особое

место занимает линолевая кислота. Оптимальное соотношение в суточном рационе ω -6 к ω -3 жирных кислот должно составлять 5–10:1.

В пищевых продуктах животного происхождения основным представителем стерина является холестерин, количество которого в суточном рационе взрослых не должно превышать 300 мг.

Фосфолипиды участвуют в регуляции обмена холестерина и способствуют его выведению. В пищевых продуктах растительного происхождения в основном встречается лецитин, в состав которого входит витаминоподобное вещество холин, а также кефалин;

3) **углеводы** пищи представлены преимущественно полисахаридами (крахмал) и в меньшей степени моно-, ди- и олигосахаридами. Окисление в организме 1 г углеводов дает около 4 ккал.

К моносахаридам относятся глюкоза, фруктоза и галактоза. Олигосахариды – углеводы, молекулы которых содержат от 2 до 10 остатков моносахаридов. Основными представителями олигосахаридов в питании человека являются сахароза и лактоза. Потребление добавленного сахара не должно превышать 10 % от калорийности суточного рациона.

Полисахариды (высокомолекулярные соединения, образуются из большого числа мономеров глюкозы и других моносахаридов) подразделяются на крахмальные полисахариды (крахмал и гликоген) и неусвояемые полисахариды – пищевые волокна (клетчатка, гемицеллюлоза, пектины).

В группу пищевых волокон входят полисахариды, в основном растительные, перевариваются в толстом кишечнике в незначительной степени и существенно влияют на процессы переваривания, усвоения, микробиоциноз и эвакуацию пищи.

Для нормального течения обменных процессов организму человека требуются микроскопические дозы особых веществ – катализаторов. Они получили название витаминов (от лат. *vita* – жизнь). Охарактеризуем их более подробно.

Жирорастворимый **витамин А** играет важную роль в процессах роста, молодости и репродукции, дифференцировки эпителиальной и костной ткани, поддержания иммунитета и зрения. Источниками витамина А являются продукты животного происхождения (рыбий жир, печень, молоко, сливочное масло, сметана, творог, сыр, яичный желток), желтые овощи (морковь, тыква, сладкий перец), а также абрикосы, облепиха, горох, персики и др.

Дефицит витамина А ведет к нарушению темновой адаптации («куриная слепота», или гемералопия), ороговению кожных покровов, сухости роговицы и волос, диарее, снижению устойчивости к инфекциям.

Бета-каротин является провитамином А; он обладает антиоксидантными свойствами. Известно, что 6 мкг бета-каротина эквивалентны 1 кг витамина А.

Витамин В₁ (тиамин) входит в состав важнейших ферментов углеводного и энергетического обмена, обеспечивающих организм энергией и пластическими веществами, а также метаболизм аминокислот. От уровня данного витамина зависит умственная работоспособность, общее состояние здоровья и чувство благополучия. Витамин В₁ содержится в проростках семян, отрубях, рисовой шелухе, оболочках зерен, удаляемых во время изготовления белой муки и круп.

Недостаток этого витамина ведет к серьезным нарушениям со стороны нервной, пищеварительной и сердечно-сосудистой систем, проблемам с обучением и запоминанием, частым головным болям, бессоннице, мышечной слабости, одышке, анемии, усталости, потере аппетита, медленному заживлению ран.

Витамин В₂ (рибофлавин) участвует в окислительно-восстановительных реакциях, способствует повышению восприимчивости цвета зрительным анализатором и темновой адаптации. Этот витамин помогает преобразовывать углеводы в АТФ – аденозинтрифосфат, являющийся источником энергии.

Витамином В₂ богаты продукты животного происхождения: печень, мясо, рыба, яйца, молоко.

Признаки дефицита витамина В₂: трещинки в уголках рта, воспаленный язык, ощущение «песка» в глазах, конъюнктивит, повышенная светочувствительность, усиленное выпадение волос, жирная или шелушащаяся кожа, особенно вокруг носа. Страдает и нервная система: отмечается дрожание конечностей, головокружение, снижается концентрация внимания, отмечаются затруднения при мочеиспускании и зуд в паховой области.

Витамин В₃ (витамин РР, ниацин) участвует в окислительно-восстановительных реакциях энергетического метаболизма. Обладает защитными свойствами в отношении миокарда. Он расширяет мелкие периферические сосуды, тем самым улучшая кровообращение и обмен веществ в коже и подкожных тканях.

Существуют как растительные, так и животные источники витамина В₃ – пивные дрожжи, хлеб из муки грубого помола, бобовые, сушеные грибы, овощи (картофель, зеленый горошек, томаты, сладкий зеленый перец), авокадо, финики, чернослив, семечки подсолнечника, арахис: мясные субпродукты (почки, сердце, печень), постное мясо, рыба, белое мясо птицы, яйца, молоко.

Недостаточное потребление витамина сопровождается нарушением нормального состояния кожных покровов, желудочно-кишечного тракта, нервной системы, чувствительности в конечностях.

Витамин В₅ (пантотеновая кислота) участвует в белковом, жировом, углеводном обмене, обмене холестерина, синтезе ряда гормонов, гемоглобина, способствует всасыванию аминокислот и сахаров в кишечнике, поддерживает функцию коры надпочечников.

Этим витамином богаты мясо и мясные субпродукты, цыплята, молоко, яичный желток, гречневая и овсяная крупы, бобовые, зеленые овощи, пивные дрожжи, орехи.

Недостаток витамина В₅ может вести к дерматитам, выпадению волос, расстройству координации движений, функции сердца, почек, желудка и кишечника, ослаблению памяти и зрения, а также раздражительности.

Витамин В₆ (пиридоксин) участвует в превращениях аминокислот, метаболизме триптофана, липидов и нуклеиновых кислот, участвует в поддержании иммунного ответа, процессах торможения и возбуждения в центральной нервной системе, способствует нормальному формированию эритроцитов, поддержанию нормального уровня гомоцистеина в крови.

Витамин В₆ содержится в цельном и пророщенном зерне, гречневой и пшеничной крупах, рисе, орехах, постном мясе. Другие пищевые источники этого витамина – мясные субпродукты, домашняя птица, рыба, устрицы, зеленые листовые овощи, корнеплоды, бобовые, молоко, яйца.

Недостаточное потребление витамина В₆ сопровождается снижением аппетита, развитием анемии и нарушением кровообращения. Могут развиваться артриты, атеросклероз, болезни печени и дерматиты.

Витамин В₇ (биотин, витамин Н) участвует в синтезе жиров, гликогена, метаболизме аминокислот, способствует снижению уровня сахара в крови; он необходим для здоровья кожных покровов, предотвращения ломкости ногтей. Здоровая микрофлора кишечника синтезирует биотин в достаточном количестве, однако длительное при-

менение антибиотиков и противосудорожных препаратов угнетает бактерии, которые обеспечивают синтез биотина. Биотин разрушается при взаимодействии с сырыми яичными белками и соединениями серы, часто используемыми в качестве промышленных консервантов.

Витамин В₇ содержится в печени, свинине, бобовых, отрубях, арахисе и капусте. Употребление продуктов, нормализующих микрофлору кишечника (молочнокислые продукты, квашеная капуста), оказывает хоть и косвенный, но значительный вклад в устранение дефицита биотина.

Недостаточное потребление этого витамина может вести к усталости, отсутствию аппетита, тошноте, депрессии, нарушению нормального состояния кожных покровов, высокому уровню холестерина и глюкозы в крови.

Витамин В₉ (фолиевая кислота) регулирует в крови уровень гомоцистеина – аминокислоты, избыток которой связан с риском развития сердечно-сосудистых заболеваний, инсультов, остеопороза и болезни Альцгеймера. В сочетании с витамином В₁₂ фолиевая кислота принимает активное участие в регуляции кроветворения, положительно влияет на функции кишечника и печени, повышает содержание в печени холина, препятствует ее жировой дегенерации.

Богаты витамином В₉ печень, бобовые, зеленые овощи, морковь, злаки, гречневая и овсяная крупы, яичный желток, сыр, пекарские дрожжи, орехи, бананы, апельсины, дыня, абрикосы, тыква.

Дефицит витамина В₉ ведет к усталости, подавленности, плохому сну, кровоточивости десен, нарушению синтеза нуклеиновых кислот и белка, следствием чего является торможение роста и деления клеток, особенно в костном мозге, эпителии кишечника и др. Недостаточное потребление витамина В₉ во время беременности является одной из причин недоношенности, гипотрофии, врожденных уродств и нарушений развития ребенка.

Витамин В₁₁ (L-карнитин, левокарнитин) известен своей способностью снижать избыточную массу тела и уменьшать содержание жира в скелетных мышцах. Он участвует в процессах обмена глюкозы и образования энергетических запасов организма, снижает основной обмен, улучшает усвоение пищи.

Витамин В₁₁ содержится в мясе, рыбе, птице, молоке, сыре и твороге.

Признаки дефицита витамина В₁₁: ухудшение процессов окисления, что вызывает различные мышечные или сердечно-сосудистые заболевания.

Витамин В₁₂ (цианкобаламин) играет важную роль в метаболизме и превращениях аминокислот. Является фактором роста, необходимым для нормального кроветворения и созревания эритроцитов, а также для процессов энергетического обмена. Витамин В₁₂ вместе с фолиевой кислотой регулирует уровень гомоцистеина – аминокислоты, избыток которой ассоциируется с болезнями сердца, инсультом, остеопорозом и болезнью Альцгеймера.

Пищевыми источниками витамина В₁₂ являются печень, говядина, домашняя птица, рыба, яйца, молоко, сыр, устрицы, морская капуста, соевые продукты.

Недостаток витамина В₁₂ приводит к изменению походки, хрупкости костей, хронической усталости, увеличению печени, заболеваниям глаз, раздражительности, а также анемии.

Витамин D (кальциферолы) – группа жирорастворимых веществ; поддерживает гомеостаз кальция и фосфора, участвует в процессах минерализации костной ткани. Этот витамин вырабатывается в коже под действием солнечных лучей, его часто называют «солнечным эликсиром».

Пищевые источники витамина D – желтки, сливочное масло, молоко, печень рыбы, рыбий жир.

Недостаток витамина D приводит к рахиту у детей, нарушению обмена кальция и фосфора в костях, усилению деминерализации костной ткани, что увеличивает риск развития остеопороза.

Витамин E (токоферол) получил название за свойство восстанавливать способность к размножению. Он обладает антиоксидантными свойствами, является универсальным стабилизатором клеточных мембран, необходим для функционирования половых желез, сердечной мышцы. Играет важную роль в клеточном дыхании всех мышц, позволяя им более эффективно использовать кислород, увеличивая выносливость. Уменьшает вязкость крови, предотвращая ее тенденции к тромбообразованию.

Витамин E содержится в продуктах растительного и частично животного происхождения: растительных маслах, семечках и орехах, зеленых листовых овощах, злаковых, бобовых, яичном желтке, печени.

Признаки дефицита витамина E: воспаление слизистой оболочки пищеварительного тракта, повышенная утомляемость, раздражительность, рассеянность, преждевременное старение, бесплодие, отеки, сухость кожи, появление пигментных пятен, ослабление зрения, ломкость и выпадение волос.

Витамин К (филлохинон, антигеморрагический витамин) поддерживает нормальную свертываемость крови, повышает устойчивость стенок сосудов и влияет на формирование кровяного сгустка. Он играет важную роль в функционировании почек, обмене веществ в костях и соединительных тканях, помогает вовлекать во внутриклеточный обмен накопленные углеводы.

Богаты витамином К зеленые листовые овощи, капуста, зеленые томаты, тыква, плоды шиповника, кефир, йогурт, мясные продукты, печень, яйца.

Недостаток витамина К приводит к увеличению времени свертывания крови, мешкам и синякам под глазами. В младенческом возрасте дефицит витамина К проявляется в виде геморрагической болезни новорожденных.

Витамин С (аскорбиновая кислота) участвует в окислительно-восстановительных реакциях, функционировании иммунной системы, способствует усвоению железа. Он необходим для образования коллагена и соединительной ткани кожи, связок и костей, заживления ран.

Этот витамин содержится главным образом в продуктах растительного происхождения – зеленых листовых овощах, капусте, черной смородине, болгарском перце, цитрусовых, яблоках, персиках, абрикосах, облепихе, шиповнике, рябине, печеном в кожуре картофеле.

Дефицит приводит к частым простудам, рыхлости и кровоточивости десен, носовым кровотечениям вследствие повышенной проницаемости и ломкости кровеносных капилляров, варикозному расширению вен, ослаблению зрения, выпадению волос.

Кроме витаминов, в рационе человека в малых дозах должны присутствовать другие незаменимые вещества – макро- и микроэлементы. Они участвуют во многих жизненно важных обменных реакциях, и при дефиците каждого из них развиваются определенные характерные их нарушения. Рассмотрим их более подробно.

Железо (Fe) входит в состав различных по своей функции белков, в том числе ферментов. Участвует в транспорте электронов, кислорода, обеспечивает протекание окислительно-восстановительных реакций, важен для роста и необходим для поддержания здоровой иммунной системы, формирования миоглобина – белка, который поставляет кислород мышечным клеткам.

Для обеспечения организма железом необходимо употреблять яйца, рыбу, печень, почки, мясо, зеленые овощи, цельные зерна, миндальные орехи, финики, свеклу, тыкву, бобовые, изюм, семена кунжута и др.

Недостаточное потребление железа ведет к анемии, бледности кожных покровов, ломкости и выпадению волос, отслаиванию ногтей, повышенной утомляемости, атрофическому гастриту, усталости, нервозности, замедлению умственных реакций.

Йод (I) участвует в процессах жирового обмена, образовании гормона щитовидной железы – тироксина. Он важен для физического и умственного развития, необходим для поддержания гормонального баланса, укрепляет иммунитет, повышает сопротивляемость инфекционным заболеваниям, препятствует образованию тромбов и повышению свертываемости крови.

Йод содержится в морской капусте, рыбе и моллюсках. Значительные количества йода организм получает с йодированной солью, чесноком, луком, соевыми бобами, семенами кунжута, тыквой и другими продуктами.

Признаки дефицита йода: эндемический зоб с гипотиреозом и замедление обмена веществ, артериальная гипотензия, отставание в росте и умственном развитии у детей.

Калий (K) является основным внутриклеточным ионом, принимающим участие в регуляции водного, кислотного и электролитного баланса, участвует в процессах фильтрации мочи, проведения нервных импульсов, регуляции давления.

Источниками калия являются мясо, рыба, молочные продукты, картофель, помидоры, абрикосы, курага, изюм, чернослив, чеснок, финики, морковь, тыква и др.

Дефицит калия приводит к повышенной сухости кожи, частым простудным заболеваниям, ухудшению умственной деятельности, бессоннице, непереносимости глюкозы, замедлению роста, повышению уровня холестерина, понижению артериального давления, мышечной усталости и слабости.

Кальций (Ca) – это необходимый элемент костной ткани, выступает регулятором нервной системы, участвует в мышечном сокращении. Он поддерживает нормальную проницаемость клеточной мембраны, способствует здоровому состоянию кожи.

Кальций в большом количестве содержится в молоке, молочных продуктах, рыбе (лосось, сардины), яблоках, абрикосах, апельсинах, персиках, ананасах, клубнике, брюкве, свекле, фасоли, миндале, луке, редисе, редьке, сельдерее, крапиве, цельных зернах пшеницы и других растениях.

Дефицит кальция приводит к болезненности десен, деминерализации позвоночника, костей таза и нижних конечностей, повышению

риска развития остеопороза. Также могут наблюдаться аритмия, повышенная возбудимость, высокое артериальное давление, бессонница, усталость, онемение рук и ног, судороги.

Магний (Mg) участвует в синтезе белков, нуклеиновых кислот, обладает стабилизирующим действием для мембран, необходим для поддержания гомеостаза кальция, калия и натрия.

Магний входит в состав женьшеня, цикория, оливок, арахиса, тыквы, сливы, грецких орехов, зерен пшеницы и др.

Физиологическая потребность в основном удовлетворяется за счет хлеба, крупяных изделий, рыбы, мяса, морепродуктов.

Недостаток магния приводит к непроизвольным мышечным сокращениям, судорогам, повышению риска развития гипертонии, болезней сердца. Могут наблюдаться дезориентация во времени и в пространстве, учащенное сердцебиение, вспышки гнева или раздражения.

Марганец (Mn) участвует в образовании костной и соединительной ткани, входит в состав ферментов, участвующих в метаболизме аминокислот, углеводов, катехоламинов, необходим для синтеза холестерина и нуклеотидов. Он способствует образованию материнского молока, поддерживает функции нервной и иммунной системы, регулирует уровень сахара в крови. Под влиянием марганца улучшается процесс образования гемоглобина, накопления гликогена в печени, происходит более интенсивная утилизация жиров, что предотвращает их отложение в печени.

Марганец содержится в корне родиолы розовой, петрушке, женьшене, чесноке, морских водорослях, бруснике, чернике, черной смородине и др.

Недостаточное потребление марганца сопровождается замедлением роста, нарушениями в репродуктивной системе, углеводном и липидном обмене, повышенной хрупкостью костной ткани, повышением уровня холестерина, ухудшением ориентации во времени и в пространстве, мышечными судорогами, интенсивным потоотделением и др.

Медь (Cu) входит в состав ферментов, обладающих окислительно-восстановительной активностью и участвующих в метаболизме железа, стимулирует усвоение белков и углеводов. Участвует в процессах обеспечения тканей организма человека кислородом.

Пищевые источники меди: печень, почки, молоко, картофель, корень левзеи, золотой корень, спаржа, ячмень, чечевица, грибы, орехи, петрушка, хлеб ржаной и др.

Дефицит меди проявляется нарушениями формирования сердечно-сосудистой системы и скелета, внутренними кровотечениями, развитием остеопороза.

Молибден (Mo) требуется организму для метаболизма азота. Его роль особенно возрастает для пожилых людей, поскольку молибден предотвращает образование канцерогенов и обеспечивает профилактику онкозаболеваний. Присутствие этого элемента в питании также необходимо для профилактики почечнокаменной болезни и импотенции.

Молибден содержится в неочищенном зерне, бобовых, темно-зеленых листовых овощах.

Признаки дефицита молибдена: заболевания ротовой полости и десен. У мужчин в пожилом возрасте недостаток молибдена может быть причиной импотенции.

Селен (Se) – это жизненно важный антиоксидант, особенно в сочетании с витамином E, стимулирует образование антител, увеличивая иммунные силы организма.

Селен препятствует развитию болезней сердца и артерий, предохраняет от отравлений свинцом, кадмием, ртутью, табачным дымом, защищает организм от свободных радикалов, препятствует действию ряда канцерогенов и способствует повышению устойчивости организма к ионизирующему излучению, тем самым препятствуя образованию опухолей.

Свободные радикалы – это агрессивные молекулы с неспаренным электроном (рис. 2.3). Они легко вступают в химические реакции и атакуют все, что попадает на пути. Неосозаемые, невидимые глазу, они, как ржавчина, разрушают клетки организма человека, что грозит развитием онкологических заболеваний.



Рис. 2.3. Свободный радикал

Пищевыми источниками селена являются лесные орехи, пивные дрожжи, коричневый рис, чеснок, капуста брокколи, репчатый лук, помидоры, тыква, укроп, петрушка, пастернак, печень, лосось, зародыши пшеницы, лесная земляника, черная смородина и др.

Признаки дефицита селена: упадок сил, снижение иммунитета, работоспособности, накопление тяжелых металлов, повышение уровня холестерина, частые инфекции, преждевременное старение, болезнь Кашина-Бека (остеоартроз с множественной деформацией суставов, позвоночника и конечностей), болезнь Кешана (эндемическая миокардиопатия), бесплодие у мужчин, родовая слабость у женщин и др.

Фосфор (P) принимает участие во многих физиологических процессах, включая энергетический обмен, регуляции кислотно-щелочного баланса, входит в состав фосфолипидов, нуклеотидов и нуклеиновых кислот, участвует в клеточной регуляции путем фосфорилирования ферментов, необходим для здоровья суставов и профилактики артритов.

Лучшими источниками фосфора являются семена конопли, тыквы, подсолнечника, мака и кунжута. Также он содержится в бобах, цветной капусте, сыре, печени трески, огурцах, яичном желтке, рыбе, грибах, арахисе, горохе, сое, грецких орехах и др.

Дефицит фосфора приводит к анорексии, анемии, у маленьких детей – к рахиту. Оптимальное для всасывания и усвоения кальция соотношение содержания кальция к фосфору в рационе составляет 1:1. Усвоение фосфора снижается при частом употреблении сладких газированных напитков.

Избыток фосфора вызывает размягчение костей.

Хром (Cr) участвует в регуляции уровня глюкозы крови, усиливая действие инсулина, поэтому он особенно значим для больных сахарным диабетом и для лиц, страдающих гипогликемией. Источники поступления хрома: пивные дрожжи, сыр, мясо, цельные хлебные зерна, сушеные бобы, кукуруза и кукурузное масло, молочные продукты, яйца, грибы и картофель.

Дефицит хрома приводит к состоянию беспокойства, усталости, повышенному риску развития атеросклероза и непереносимости глюкозы. Недостаток его, как полагают, может приводить к развитию сахарного диабета.

Цинк (Zn) важен для функции предстательной железы и репродуктивных органов. Входит в состав гормона инсулина, регулирующего нормальное протекание углеводного обмена. Он защищает пе-

чень от воздействия вредных химических веществ, препятствует образованию угревой сыпи, необходим для костного образования, повышения работоспособности, обеспечения острого зрения, а также для хорошего настроения.

Цинк поступает в организм с животными продуктами (печень, почки, мясо), а также крыжовником и бобовыми. Наиболее богаты цинком корни активных сахароснижающих растений – лопуха большого, цикория, золотого корня и др.

Недостаточное потребление приводит к потере ощущений вкуса и запаха, хрупкости и отслаиванию ногтей, образованию на них белых пятен, ослаблению остроты ночного зрения, выпадению волос, ослаблению памяти, предрасположенности к диабету, анемии, циррозу печени, половой дисфункции, наличию пороков развития плода.

Прием витаминов, макро- и микроэлементов сегодня рассматривается как важная часть профилактики или терапии многих заболеваний, а также как поддерживающее мероприятие при особых физиологических состояниях, например во время беременности и лактации, менструации, менопаузы, в старшем и преклонном возрасте.

Нормы физиологических потребностей в энергии, пищевых веществах, витаминах, макро- и микроэлементах приведены в табл. 2.7.

Определение потребности в суточных энерготратах покажем для машиниста таровых мельниц 40 лет, масса тела – 70 кг. Результаты расчета занесем в табл. 2.8.

Номер группы труда машиниста таровых мельниц – IV (см. табл. 2.4). Величина основного обмена – 1550 ккал/сут (табл. 2.5), разделим на 24 ч: $1550/24 \approx 65$ ккал/ч. В табл. 2.8 заносим данные о физической активности и выполняемых работах в течение суток (столбец 1) из табл. 2.5, энерготраты по отношению к величине основного обмена (столбец 4) из табл. 2.6.

Потребность в суточных энерготратах (столбец 4) определяем, умножив энерготраты по отношению к величине основного обмена (столбец 2) на величину основного обмена в час и время выполнения работы (столбец 3). Суммируя энерготраты по отдельным видам деятельности, получаем потребность в суточных энерготратах.

Таблица 2.7

**Нормы физиологических потребностей в энергии
и пищевых веществах**

Показатель	Возраст, лет	
	18–59	старше 60
Мононенасыщенные жирные кислоты, % от ккал	10	
Полиненасыщенные жирные кислоты, % от ккал	6–10	
Омега-6, % от ккал	5–8	
Омега-3, % от ккал	1–2	
Фосфолипиды, г	5–7	
Пищевые волокна, г	20	
Витамин С, мг	90	
Витамин В ₁ , мг	1,5	
Витамин В ₂ , мг	1,8	
Витамин В ₆ , мг	2,0	
Ниацин, мг	20	
Витамин В ₁₂ , мкг	3,0	
Фолаты, мкг	400	
Пантотеновая кислота, мг	5,0	
Биотин, мкг	50	
Витамин А, мкг рет. экв.	900	
Бета-каротин, мг	5,0	
Витамин Е, мг ток. экв.	15	
Витамин D, мкг	10	15
Витамин К, мкг	120	
Кальций, мг	1000	1200
Фосфор, мг	800	
Магний, мг	400	
Калий, мг	2500	
Натрий, мг	1300	
Хлориды, мг	2300	
Железо, мг	10/18	
Цинк, мг	12	
Йод, мкг	150	
Медь, мг	1,0	
Марганец, мг	2,0	
Селен, мкг	70/55	
Хром, мкг	50	
Молибден, мкг	70	
Фтор, мг	4,0	

Примечание. Нормы железа и селена: числитель – для мужчин, знаменатель – для женщин.

Расчет энерготрат машиниста таровых мельниц

Физическая активность, выполняемые работы	Энерготраты по отношению к ВОО	Часы	Энерготраты, ккал
Сон и отдых	1,0	8,0	$1,0 \cdot 65 \cdot 8,0 = 520,0$
Профессиональная деятельность:			
прием смены	2,6	0,25	$2,6 \cdot 65 \cdot 0,25 = 42,25$
прочистка точек перегрузочного устройства	2,6	0,5	$2,6 \cdot 65 \cdot 0,5 = 84,5$
уход за оборудованием	4,6	0,5	$4,6 \cdot 65 \cdot 0,5 = 149,5$
Контроль за состоянием технологического оборудования:			
сидя	2,1	1,5	$2,1 \cdot 65 \cdot 1,5 = 204,75$
стоя	3,2	2,0	$3,2 \cdot 65 \cdot 2,0 = 416,0$
в движении	3,2	1,5	$3,2 \cdot 65 \cdot 1,5 = 312,0$
подбор россыпи и забрасывание на транспортер	4,4	1,0	$4,4 \cdot 65 \cdot 1,0 = 286,0$
уборка площадки водонапорным шлангом	3,4	0,5	$3,4 \cdot 65 \cdot 0,5 = 110,5$
сдача смены	2,6	0,25	$2,6 \cdot 65 \cdot 0,25 = 42,25$
Самостоятельные формы деятельности (дорога на работу и с работы, домашняя работа, активный отдых)	1,5	8,0	$1,5 \cdot 65 \cdot 8 = 780,0$
ИТОГО			2947,75

3. Определение содержания жира в организме

Калипер – это прибор, в котором нагрузка на кожную складку регулируется щелчком специального затвора. Его можно использовать для личного применения в домашних условиях. Толщину подкожной жировой складки измеряют на правой стороне тела на 2–3 см выше подвздошной кости (рис. 2.4). Положите указательный палец левой руки на самой выступающей вперед точке подвздошной кости, сместите его на 2–3 см кверху, а большой палец – еще на 5–7 см выше (рис. 2.5, а).

Большим и указательным пальцами левой руки мягко захватите кожную складку вместе с подкожным жиром и слегка оттяните ее вперед, отделяя от мышц (рис. 2.5, б). Держа калипер в правой руке строго горизонтально, поднесите его к месту измерения. Наложите концы калипера посередине, продолжая удерживать складку левой

рукой, медленно надавливайте большим пальцем правой руки на платформу калипера, пока не услышите щелчок. Прекратите надавливать немедленно после щелчка (рис. 2.5, з).

Теперь можно отпустить калипер, кожную складку и прочитать полученное значение в окошке ползунка. Верните ползунок в крайнее правое положение и произведите еще одно измерение.

Измерения производят с точностью до 1 мм. Если два полученных значения отличаются более чем на 1 мм, произведите еще измерения, пока при повторении не будут получаться одинаковые значения.

Используя полученное значение, определите по табл. 2.9 процентное содержание жира в организме.

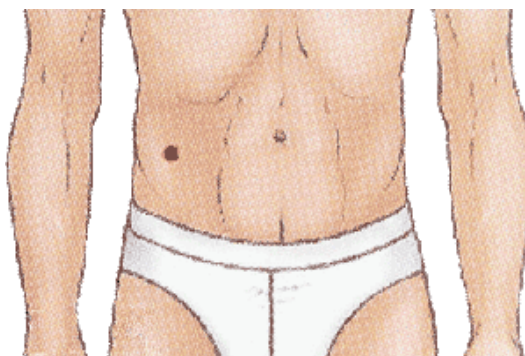
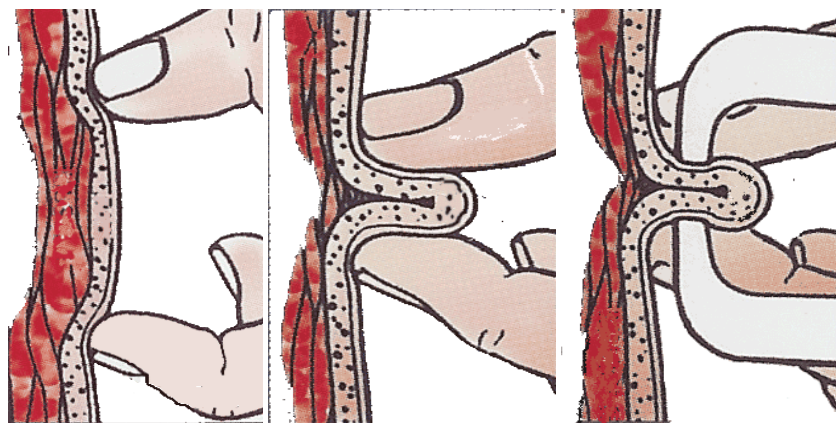


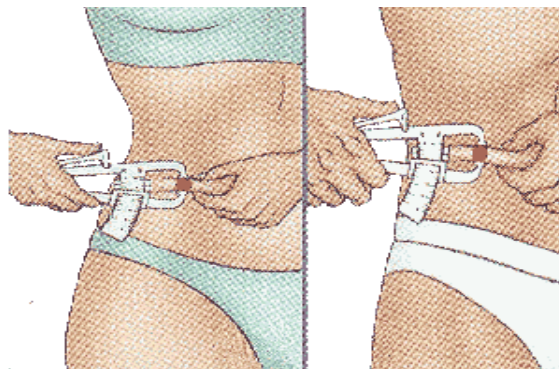
Рис. 2.4. Точка для определения толщины подкожной жировой складки



а

б

в



з

Рис. 2.5. Определение толщины подкожной жировой складки

Таблица 2.9

Определение содержания жира в организме, %

Возраст, лет	Толщина кожной складки, измеренная калипером, мм																
	2-3	4-5	6-7	8-9	10-11	12-13	14-15	16-17	18-19	20-21	22-23	24-25	26-27	28-29	30-31	32-33	34-35
	Мужчины																
18-20	2,0	3,9	6,2	8,5	10,5	12,5	14,3	16,0	17,5	18,9	20,2	21,3	22,9	23,1	23,8	24,3	24,9
21-25	2,5	4,9	7,3	9,5	11,6	13,6	15,4	17,0	18,6	20,0	21,2	22,3	23,3	24,2	24,9	25,4	25,8
26-30	3,5	6,0	8,4	10,6	12,7	14,6	16,4	18,1	19,6	21,0	22,3	23,4	24,4	25,2	25,9	26,5	26,9
31-35	4,5	7,1	9,4	11,7	13,7	15,7	17,5	19,2	20,7	22,1	23,4	24,5	25,6	26,3	27,0	27,5	28,0
36-40	5,6	8,1	10,5	12,7	14,8	16,8	18,6	20,2	21,8	23,2	24,4	25,6	26,5	27,4	28,1	28,6	29,0
41-45	6,7	0,2	11,5	13,8	15,9	17,8	19,6	21,3	22,8	24,7	25,5	26,6	27,6	28,4	29,1	29,7	31,0
46-50	7,7	10,2	12,6	14,8	16,9	18,9	20,7	22,4	23,9	25,3	26,6	27,7	28,7	29,5	30,2	30,7	31,2
51-55	8,8	11,3	13,7	15,9	18,0	20,0	21,8	23,4	25,0	26,4	27,6	28,7	29,7	30,6	31,2	31,8	32,2
56 и >	9,9	12,4	14,7	17,0	19,1	21,0	22,8	24,5	26,0	27,4	28,7	29,8	30,8	31,6	32,3	32,9	33,3
	Женщины																
18-20	11,3	13,5	15,7	17,7	19,7	21,5	23,2	24,8	26,3	27,7	29,0	30,2	31,3	32,3	33,1	33,9	34,6
21-25	11,9	14,2	16,3	18,4	20,3	22,1	23,8	25,5	27,0	28,4	29,6	30,8	31,9	32,9	33,8	34,5	35,2
26-30	12,5	14,8	16,9	19,0	20,9	22,7	24,5	26,1	27,6	29,0	30,3	31,5	32,5	33,5	34,4	35,2	35,8
31-35	13,2	15,4	17,6	19,6	21,5	23,4	25,1	26,7	28,2	29,6	30,9	32,1	33,2	34,1	35,0	35,8	36,4
36-40	13,8	16,0	18,2	20,2	22,2	24,0	25,7	27,3	28,8	30,2	31,5	32,7	33,8	34,8	35,6	36,4	37,0
41-45	14,4	16,7	18,8	20,8	22,8	24,6	26,3	27,9	29,4	30,8	32,1	33,3	34,4	35,4	36,3	37,0	37,7
46-50	15,0	17,3	19,4	21,5	23,4	25,2	26,9	28,6	30,1	31,5	32,8	34,0	35,0	36,0	36,9	37,6	38,3
51-55	15,6	17,9	20,0	22,1	24,0	25,9	27,6	29,2	30,7	32,1	33,4	34,6	35,6	36,6	37,5	38,3	38,9
56 и >	16,3	18,5	20,7	22,7	24,6	26,5	28,2	29,8	31,3	32,7	34,0	35,2	36,3	37,2	38,1	38,9	39,5

Контрольные вопросы и задания

1. Как вы относитесь к контролю своего веса в домашних условиях?
2. Каковы последствия неправильного питания?
3. Что такое калипер?
4. Есть ли у вас отклонения в составе тела?
5. От каких факторов зависят энерготраты организма и как их рассчитывают?
6. Какое значение в полноценном питании человека имеют витамины и минеральные вещества?

Практическая работа № 3 «Исследование концентрации монооксида углерода в выдыхаемом воздухе»

1. Краткие теоретические сведения

Курение – одна из вредных привычек, получившая распространение в Европе с XVI, а в России – с XVII века, отрицательно влияющая на здоровье курильщика и окружающих его людей и способствующая развитию многих заболеваний. Доказано, что курение «вырывает» из жизни человека от 19 до 23 лет. Горящая сигарета является как бы уникальным «химическим заводом», продуцирующим в табачном дыму более 4 тыс. различных компонентов, в том числе более 40 канцерогенных веществ.

Содержание основных компонентов (летучих веществ) табачного дыма в одной сигарете следующее, мкг: диоксида углерода – 50; оксида углерода – 13,4; N-нитрозометилэтиламина – 0,3; гидразина – 0,03; аммония – 80; цианистого водорода – 240; изопрена – 582; ацетальдегида – 770; акролеина – 84; N-нитрозодиметиламида – 108; нитрометана – 0,5; нитробензола – 1,1; ацетона – 578; бензина – 67 и др.

В табачном дыму одной сигареты также содержатся, мг: никотин – 0,3 и смола – 4.

При сгорании табака выделяются канцерогенные вещества, в том числе бензпирен, толуидин, нафтамин, металлы (например, никель), нитрозосоединения, монооксид углерода. Наиболее опасен бензпирен, он оказывает прямое повреждающее действие на слизи-

стую бронхов и даже в небольших дозах вызывает перерождение нормальных клеток.

При воздействии табачного дыма повышается артериальное давление, учащается число сердечных сокращений, возникает спазм сосудов и бронхов. Табачный дым оказывает сосудосуживающее действие, а также вызывает поражение и утолщение сосудистой стенки мелких и крупных артерий. Это многократно увеличивает уровень холестерина и способствует появлению атеросклеротических изменений в кровеносных сосудах, повышению свертываемости крови и образованию тромбов в сосудах.

Курение особенно отрицательно сказывается на нервной системе человека, постепенно расшатывая ее. Нарушение деятельности нервной системы приводит к расстройству функций сердечно-сосудистой системы и органов пищеварения. Отрицательно действует курение и на умственную деятельность человека. У тех, кто курит, нередко возникает расстройство памяти, головная боль, бессонница, дрожание рук, снижается работоспособность, ухудшается настроение. В результате курения могут развиваться невриты, полиневриты, радикулиты и др., возникнуть спазм мозговых сосудов, сопровождающийся потерей сознания, головокружением и рвотой.

2. Монооксид углерода и его определение

Монооксид углерода представляет собой токсическое соединение, которое снижает концентрацию поглощаемого организмом человека кислорода.

Поэтому курение прежде всего отрицательно сказывается на органах дыхания. У курящих людей часто бывают заболевания глотки, гортани, бронхов, легких, поскольку при курении угнетается защитная функция мерцательного эпителия, выстилающего бронхи, что и способствует развитию различных заболеваний органов дыхания. На поздних стадиях болезней органов дыхания происходит снижение содержания кислорода в артериальной крови, концентрации гемоглобина в крови, так как при соединении гемоглобина и монооксида углерода образуется вещество, неспособное транспортировать кислород – карбоксигемоглобин HbCO . Избыток карбоксигемоглобина приводит к снижению транспорта кислорода к тканям организма человека и хронической дыхательной недостаточности.

Отказ от курения – это принципиально важный элемент профилактических мероприятий. Для информации курящих и поощрения их к отказу от вредной привычки используется смокелайзер (рис. 2.6) – газоанализатор выдыхаемого воздуха; он определяет концентрацию монооксида углерода CO.

Использование смокелайзера на этапе отказа от курения является дополнительным мотивационным инструментом благодаря наглядной для человека демонстрации показателей монооксида углерода в выдыхаемом воздухе и их постепенного снижения при прекращении курения. Смокелайзер можно использовать для выявления и пассивных курильщиков.

Действие электрохимического датчика смокелайзера основано на реакции монооксида углерода с электролитом одного электрода и кислорода выдыхаемого воздуха – с другим. Эта реакция вызывает электрический потенциал, пропорциональный уровню концентрации монооксида углерода. Полученные данные обрабатываются микропроцессором, и затем пиковая концентрация монооксида углерода представляется на дисплее.



Рис. 2.6. Смокелайзер

С гигиенической целью для каждого человека используются одноразовые картонные загубники, что предотвращает распространение перекрестной инфекции.

Пределы концентрации определяемого монооксида углерода – 0–25 parts per million (ppm); ppm – это миллионная доля, единица

измерения каких-либо относительных величин, равная $1 \cdot 10^{-6}$ от базового показателя.

В зависимости от концентрации монооксида углерода в выдыхаемом воздухе и карбоксигемоглобина различают четыре степени курения (табл. 2.10):

- отсутствие курения;
- легкое курение;
- умеренное курение;
- курение тяжелой степени.

В качестве мотивационного инструмента можно использовать спирометрию, показав курильщику результаты теста, свидетельствующие о нарушении функции дыхательной системы.

Таблица 2.10

Классификация степеней курения

Концентрация монооксида углерода	Концентрация карбоксигемоглобина	Цветовая индикация на дисплее смокелайзера	Степень курения
0–6 ppm	0,16–0,96	Зеленый	Отсутствие курения
7–10 ppm	1,12–1,60	Оранжевый	Легкое курение
11–20 ppm	1,76–3,20	Красный	Умеренное курение
> 20 ppm	> 3,20	Красный + звуковой сигнал	Курение тяжелой степени

3. Функции дыхательной системы и их определение

Достаточно простым и информативным методом исследования функций дыхательной системы, включающим в себя измерение объемных и скоростных показателей дыхания, является спирометрия.

Наиболее важными характеристиками при проведении спирометрии являются:

жизненная емкость легких (ЖЕЛ) – количество воздуха, которое человек может максимально вдохнуть или выдохнуть, от уровня максимально возможного выдоха или вдоха;

форсированная жизненная емкость легких (ФЖЕЛ) – максимальный объем воздуха, который человек может форсированно выдохнуть после максимально глубокого вдоха;

объем форсированного выдоха за первую секунду (ОФВ₁);

максимальная скорость выдоха на уровне 75, 50 и 25 % ($МСВ_{75-25}$) ФЖЕЛ;

отношение объема форсированного выдоха за первую секунду к жизненной емкости легких – $ОФВ_1/ФЖЕЛ$ (индекс Тиффно).

Наибольшее распространение из приборов, используемых для измерения жизненной емкости легких, получил спирометр Гетчинсона, который состоит (рис. 2.7) из двух градуированных цилиндров емкостью 6–7 л. В наружный, заполненный до верхнего края водой, опрокинут дном кверху внутренний цилиндр 1, уравновешиваемый двумя гирями, шнур от которых идет к нему через блоки. В полости цилиндров укреплена металлическая трубка, внутренний конец которой находится чуть выше уровня воды, а наружный соединяется резиновой трубкой со стеклянным наконечником 2.

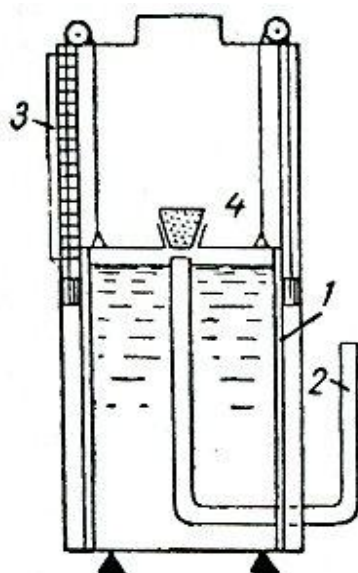


Рис. 2.7. Спирометр Гетчинсона

В начале исследования студенту необходимо закрыть нос специальным зажимом, плотно охватив за губник губами (при этом нужно следить, чтобы не было протекания воздуха в углах рта, чтобы не дышать через нос), и дышать через рот спокойно и равномерно, не глубоко, как обычно. После того как дыхание станет равномерным (обычно это достигается после 4–5 дыханий), преподаватель предупреждает студента, чтобы он приготовился максимально глубоко вдохнуть и затем максимально глубоко выдохнуть (можно наоборот: сначала выдохнуть, потом вдохнуть), далее продолжать дышать, как обычно.

Объем выдыхаемого воздуха, приподнимающего внутренний цилиндр, измеряется по шкале 3, помещенной сбоку или на лицевой поверхности внутреннего цилиндра. Воздух из спирометра выпускается открыванием пробки или поворотом крана 4. Обычно производят несколько измерений, останавливаясь на максимальном значении.

После исследования ЖЕЛ переходят к исследованию форсированной спирометрии, при которой определяют ФЖЕЛ и скоростные показатели (ОФВ₁ и др.). При этом нужно дышать равномерно, спокойно. Затем глубоко выдохнуть, быстро и максимально глубоко вдохнуть и сразу же максимально сильно выдохнуть (продолжительность выдоха должна быть не менее 6 с). Затем нужно сделать сильный глубокий вдох. Для того чтобы оценить характер и степень имеющихся нарушений, необходимо определить должные величины показателей функций дыхательной системы.

Должная величина – это величина соответствующего показателя у здорового человека того же веса, роста, возраста, пола, места проживания и др., как и у обследуемого.

В качестве примера далее приведены критерии оценки ЖЕЛ для Сибирского региона (в числителе – критерии для женщин, знаменателе – для мужчин):

16–17 лет – 2800–3350/3600–4500;

18–19 лет – 2950–3450/4100–5000;

20–25 лет – 3100–4250/4350–5250;

26–30 лет – 3000–4000/3800–4400;

свыше 30 лет – 2500–3800/3600–5000.

Должную жизненную емкость легких (ДЖЕЛ) определяют с помощью номограммы (рис. 2.8):

соедините прямой линией 1 соответствующие точки на шкалах «Возраст» и «Относительная масса»;

далее точку пересечения этой линии с линией А соедините прямой линией с соответствующей точкой шкалы «Рост»;

точка пересечения этой линии со шкалой VC и будет величиной ДЖЕЛ, мл.

Должную жизненную емкость легких можно вычислить и по формуле Людвига

$$\text{ДЖЕЛ}_{\text{ЖЕН}} = (40 \text{ Рост стоя (см)} + 10 \text{ Вес (кг)} - 3800, \text{ мл};$$

$$\text{ДЖЕЛ}_{\text{МУЖ}} = (40 \text{ Рост стоя (см)} + 30 \text{ Вес (кг)} - 4400, \text{ мл}.$$

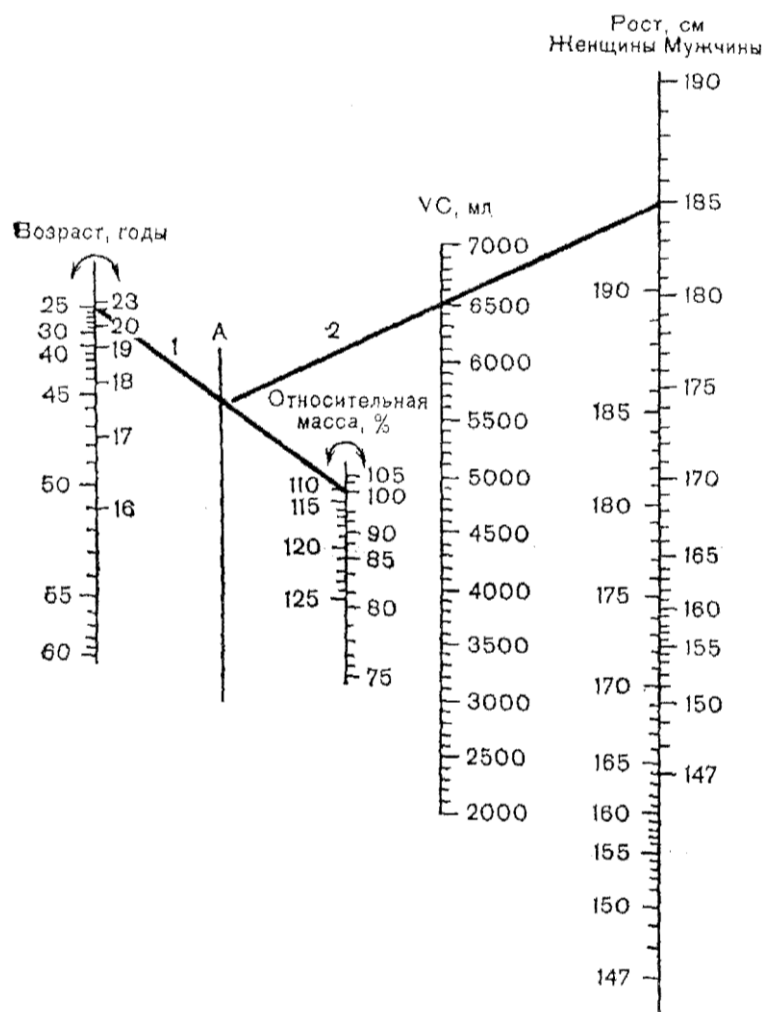


Рис. 2.8. Номограмма для оценки должной жизненной емкости легких

Должную жизненную емкость легких можно рассчитать и по формуле, в основе которой лежит величина основного обмена

$$\text{ДЖЕЛ} = (A + B) \cdot k,$$

где $A + B$ – величина основного обмена человека, ккал, определяют по табл. 2.11: фактор веса – «А», фактор возраста и роста – «Б»; k – коэффициент: 2,3 – для женщин и 2,6 – для мужчин.

Отклонение фактической ЖЕЛ от ДЖЕЛ в пределах $\approx 15\%$ является нормой.

Максимальная вентиляция легких (МВЛ) – это предельно возможное количество воздуха, которое может пройти через легкие в единицу времени; измеряется в л/мин. У мужчин в возрасте 20–30 лет МВЛ колеблется от 100 до 180 л/мин (в среднем – 140 л/мин), а у женщин – от 70 до 120 л/мин.

Снижение МВЛ происходит вследствие уменьшения легочной ткани и снижения бронхиальной проходимости, гиподинамии и других факторов.

Для определения должной максимальной вентиляции легких ДМВЛ (л/мин) используют формулу

$$\text{ДМВЛ} = \text{ЖЕЛ} \cdot 35/2,$$

или по номограмме (рис. 2.9), или с использованием основного обмена (табл. 2.11).

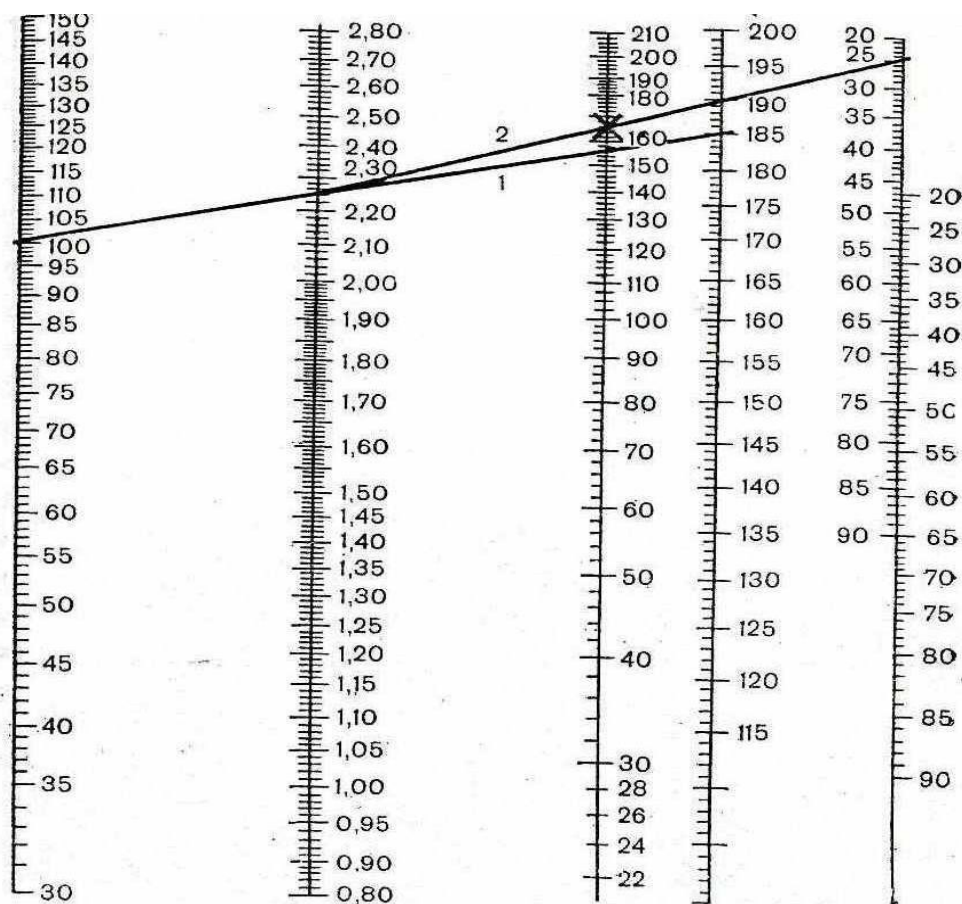


Рис. 2.9. Номограмма для оценки максимальной минутной вентиляции легких

Для оценки максимальной минутной вентиляции легких соедините прямой линией 1 соответствующие значения на шкалах «Масса» и «Рост» и найдите точку пересечения со шкалой «Поверхность тела» (рис. 2.9). Затем эту точку соедините прямой 2 с соответствующим значением на шкале «Возраст». Точка пересечения этой линии со шкалой МВЛ есть должная величина максимальной вентиляции легких.

Таблица Гарриса-Бенедикта для определения основного обмена человека

Фактор веса «А» – мужчины											
кг	кал	кг	кал	кг	кал	кг	кал	кг	кал	кг	кал
3	107	23	382	43	658	63	933	83	1208	103	1483
4	121	24	396	44	672	64	947	84	1222	104	1497
5	135	25	410	45	685	65	960	85	1235	105	1510
6	148	26	424	46	699	66	974	86	1249	106	1524
7	162	27	438	47	713	67	988	87	1263	107	1538
8	176	28	452	48	727	68	1002	88	1277	108	1552
9	190	29	465	49	740	69	1015	89	1290	109	1565
10	203	30	479	50	754	70	1029	90	1304	110	1579
11	217	31	493	51	768	71	1043	91	1318	111	1593
12	231	32	507	52	782	72	1057	92	1332	112	1607
13	245	33	520	53	795	73	1070	93	1345	113	1620
14	258	34	534	54	809	74	1084	94	1359	114	1634
15	272	35	548	55	823	75	1098	95	1373	115	1648
16	286	36	562	56	837	76	1112	96	1387	116	1662
17	300	37	575	57	850	77	1125	97	1400	117	1675
18	313	38	589	58	864	78	1139	98	1414	118	1688
19	327	39	603	59	878	79	1153	99	1428	119	1703
20	341	40	617	60	892	80	1167	100	1442	120	1717
Фактор веса «А» – женщины											
кг	кал	кг	кал	кг	кал	кг	кал	кг	кал	кг	кал
3	683	23	875	43	1066	63	1258	83	1449	103	1640
4	693	24	885	44	1076	64	1267	84	1458	104	1650
5	702	25	894	45	1085	65	1277	85	1468	105	1659
6	712	26	904	46	1095	66	1286	86	1478	106	1669
7	721	27	913	47	1105	67	1296	87	1487	107	1678
8	731	28	923	48	1114	68	1305	88	1497	108	1688
9	741	29	932	49	1124	69	1315	89	1506	109	1698
10	751	30	942	50	1133	70	1325	90	1516	110	1707
11	760	31	952	51	1143	71	1334	91	1525	111	1717
12	770	32	961	52	1152	72	1344	92	1535	112	1726
13	779	33	971	53	1162	73	1353	93	1544	113	1736
14	789	34	980	54	1172	74	1363	94	1554	114	1745
15	798	35	990	55	1181	75	1372	95	1564	115	1755
16	808	36	999	56	1191	76	1382	96	1573	116	1764
17	818	37	1009	57	1200	77	1391	97	1583	117	1774
18	827	38	1019	58	1210	78	1401	98	1592	118	1784
19	837	39	1028	59	1219	79	1411	99	1602	119	1793
20	846	40	1038	60	1229	80	1420	100	1611	120	1803

Фактор возраста и роста «Б» – мужчины													
Рост, см	Возраст, лет												
	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39	41	43	45
151	614	600	587	573	560	547	533	520	506	493	479	466	452
153	624	611	597	584	570	557	543	530	516	503	489	476	462
155	634	621	607	594	580	567	553	540	526	513	499	486	472
157	644	631	617	604	590	577	563	550	536	523	509	496	482
159	654	641	627	614	600	587	573	560	546	533	519	506	492
161	664	651	637	624	610	597	583	570	556	543	529	516	502
163	674	661	647	634	620	607	593	580	566	553	539	526	512
165	684	671	657	644	630	617	603	590	576	563	549	536	522
167	694	681	667	654	640	627	613	600	586	573	559	546	532
169	704	691	677	664	650	637	623	610	596	583	569	556	542
171	714	701	687	674	660	647	633	620	606	593	579	566	552
173	724	711	697	684	670	657	643	630	616	603	589	576	562
175	734	721	707	694	680	667	653	640	626	613	599	586	572
177	744	731	717	704	690	677	663	650	636	623	609	596	582
179	754	741	727	714	700	687	673	660	646	633	619	606	592
181	764	751	737	724	710	697	683	670	656	643	629	616	602
183	774	761	747	734	720	707	693	680	666	653	639	626	612
184	784	771	757	744	730	717	703	690	676	663	649	636	622
185	794	781	767	754	740	727	713	700	686	673	659	646	632
187	804	791	777	764	750	737	723	710	696	683	669	656	642
189	814	801	787	774	760	747	733	720	706	693	679	666	652
191	824	811	797	784	770	757	743	730	716	703	689	676	662
193	834	821	807	794	780	767	753	740	726	713	699	686	672
195	844	831	817	804	790	777	763	750	736	723	709	696	682
197	854	841	827	814	800	788	773	760	746	733	719	706	692
Фактор возраста и роста «Б» – женщины													
151	181	171	162	153	144	134	125	115	106	97	88	78	69
153	185	175	166	156	148	138	129	119	110	100	92	82	73
155	189	179	170	160	150	141	132	122	114	104	95	85	76
157	193	183	174	165	155	145	136	128	118	108	99	90	80
159	196	187	177	167	158	148	140	130	121	111	102	92	84
161	200	191	181	171	162	152	144	134	125	115	106	97	88
163	203	195	185	175	166	156	147	137	128	119	110	100	91
165	207	199	189	180	170	160	151	141	132	123	114	104	95
167	211	203	192	183	173	164	155	145	136	126	117	107	98
169	215	206	196	187	177	167	159	149	140	130	121	111	102
171	218	210	199	190	181	171	162	152	143	134	125	115	106
173	222	213	203	194	185	176	166	156	147	138	129	119	110
175	225	217	207	197	188	179	169	160	151	141	132	123	113
177	229	221	211	201	192	182	173	164	155	145	136	126	117
179	233	223	214	204	195	186	177	167	158	148	139	130	121
181	237	227	218	208	199	190	181	171	162	152	142	134	126
183	240	231	222	212	203	193	184	174	165	156	147	137	128
184	244	235	226	216	207	197	188	179	169	160	151	141	132
185	248	238	229	219	210	201	192	182	173	163	154	145	135
187	252	242	233	223	214	205	196	186	177	167	157	148	139
189	255	245	236	227	218	208	199	190	180	171	162	152	143
191	259	250	240	231	222	212	203	193	184	175	166	156	147
193	262	253	244	234	225	215	206	197	188	178	169	160	150
195	266	257	248	238	229	219	210	201	192	182	173	163	154
197	270	260	251	241	232	223	214	204	195	185	175	167	158

Таблица 2.12

Соотношение веса и роста с поверхностью тела человека

Рост, см	Вес, кг																
	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105
	Поверхность тела, м ²																
200							1,84	1,91	1,97	2,03	2,09	2,15	2,21	2,26	2,31	2,36	2,41
195						1,73	1,80	1,87	1,93	1,99	2,06	2,11	2,17	2,22	2,27	2,32	2,37
190				1,56	1,63	1,70	1,77	1,84	1,90	1,96	2,02	2,08	2,13	2,18	2,23	2,28	2,33
185				1,53	1,60	1,67	1,74	1,80	1,86	1,92	1,98	2,04	2,09	2,14	2,19	2,24	2,29
180				1,49	1,57	1,64	1,71	1,77	1,83	1,89	1,95	2,00	2,06	2,10	2,15	2,20	2,26
175	1,19	1,28	1,36	1,46	1,53	1,60	1,67	1,73	1,79	1,86	1,91	1,96	2,01	2,06	2,11	2,16	2,21
170	1,17	1,26	1,34	1,43	1,50	1,57	1,63	1,69	1,75	1,81	1,86	1,91	1,96	2,01	2,06	2,11	
165	1,14	1,23	1,31	1,40	1,47	1,54	1,60	1,66	1,72	1,78	1,83	1,88	1,93	1,98	2,03	2,07	
160	1,12	1,21	1,29	1,37	1,44	1,50	1,56	1,62	1,68	1,73	1,78	1,83	1,88	1,93	1,98		
155	1,09	1,18	1,26	1,33	1,40	1,46	1,52	1,58	1,64	1,69	1,74	1,79	1,84	1,89			
150	1,06	1,16	1,23	1,30	1,36	1,42	1,48	1,54	1,60	1,65	1,66	1,70	1,76	1,80			
145	1,03	1,12	1,20	1,27	1,33	1,39	1,45	1,51	1,56	1,61	1,66	1,70					
140	1,00	1,09	1,17	1,24	1,30	1,36	1,42	1,47	1,52	1,57							
135	0,97	1,07	1,14	1,20	1,26	1,32	1,38	1,43	1,48								
130	0,96	1,04	1,11	1,17	1,23	1,29	1,36	1,40									
125	0,93	1,01	1,08	1,14	1,20	1,26	1,31	1,36									
120	0,91	0,98	1,04	1,10	1,16	1,22	1,27										

Характер и степень имеющихся нарушений функций дыхательной системы по каждому показателю оценивают путем сопоставления его значения с должными величинами, границами нормы и градациями отклонения от нее. Границы нормы и градации отклонения показателей функций дыхательной системы и степени хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ) приведены в табл. 2.13. Их используют также при определении степени утраты профессиональной трудоспособности (табл. 2.14).

Таблица 2.13

**Границы нормы и градации отклонения показателей дыхания
(значения показателей в процентах к должным величинам)**

Показатель дыхания	Нормы показателей дыхания	Степень нарушения функций дыхания
ОФВ ₁ должный, %	> 80	ХОБЛ легкой степени
	50–80	ХОБЛ средней степени
	30–50	ХОБЛ тяжелой степени
	< 30	ХОБЛ очень тяжелой степени
ЖЕЛ должная, %	> 90	Норма
	90–85	Условная норма
	84–70	Изменения умеренные – I степень
	69–50	Изменения значительные – II степень
	< 50	Изменения резкие – III степень
ОФВ ₁ /ЖЕЛ	> 65	Норма
	65–60	Условная норма
	59–50	Изменения умеренные – I степень
	49–40	Изменения значительные – II степень
	< 40	Изменения резкие – III степень
ФЖЕЛ должная, %	≥ 80	Норма
	< 80	Отклонения

**Процент утраты профессиональной трудоспособности
в результате последствий воздействия внешних причин
на органы дыхания**

Вред, причиненный здоровью человека в результате травм, отравлений и других последствий воздействия внешних причин на органы дыхания	Утрата профессиональной трудоспособности, %
Дыхательная недостаточность III степени, снижение ЖЕЛ до 50 % должной, максимальной вентиляции легких – до 50 %, увеличение минутного объема дыхания до 180 %, снижение индекса Тиффно менее 40 %	100
Дыхательная недостаточность II степени, снижение ЖЕЛ до 50–55 % должной, максимальной вентиляции легких – до 51–54 %, увеличение минутного объема дыхания до 150 %, снижение индекса Тиффно до 54–40 %	70–90
Дыхательная недостаточность I–II степени, умеренное снижение ЖЕЛ до 56–69 % должной, максимальной вентиляции легких – до 55–58 %, увеличение минутного объема дыхания до 142–148 %, снижение индекса Тиффно до 74–55 %	40–60
Дыхательная недостаточность I степени, незначительное снижение ЖЕЛ до 80–90 % должной, максимальной вентиляции легких – до 60–74 %, увеличение минутного объема дыхания до 130–140	10–30

Контрольные вопросы и задания

1. Как вы относитесь к курению?
2. Назовите критерии степени курения.
3. Каковы последствия курения?
4. Объясните, что такое спирометрия.
5. Перечислите показатели функций дыхательной системы.
6. Есть ли у вас отклонения показателей функций дыхательной системы от должных величин?

Практическая работа № 4

«Дополнительное питание и его рационы застрахованным, пострадавшим в результате несчастных случаев на производстве или профессиональных заболеваний»

Краткие теоретические сведения

Дополнительное питание представляет собой рекомендуемый застрахованному, пострадавшему в результате несчастного случая или профессионального заболевания, перечень пищевых продуктов, характеризующихся заданной пищевой ценностью (калорийностью и набором незаменимых пищевых веществ), дополняющих обычный рацион питания.

Роль дополнительного питания заключается в удовлетворении повышенной потребности организма, пострадавшего в энергии и пищевых веществах, в предупреждении развития недостаточности незаменимых пищевых веществ, в использовании лечебно-профилактических свойств отдельных пищевых продуктов, препятствующих прогрессированию ряда профессиональных заболеваний и последствий несчастных случаев на производстве и способствующих реабилитации пострадавших.

Выдача дополнительного питания производится в соответствии с Методическими указаниями МУ 2001/127, утвержденными Минздравом России от 11 июня 2001 г.

Характер дополнительного питания дифференцируется по трем группам пострадавших:

а) дополнительное питание для пострадавших в результате тяжелых несчастных случаев на производстве (рацион № 1);

б) дополнительное питание для пострадавших со стойкой утратой трудоспособности в результате профессиональных заболеваний, вызванных воздействием химических, биологических или физических факторов или с последствиями тяжелых несчастных случаев на производстве (рацион № 2);

в) дополнительное питание для пострадавших с необратимым повреждением спинного мозга и полным параличом верхних и нижних конечностей с нарушением функции тазовых органов (рацион № 3).

Рацион (от лат. *ratio (rationis)* – счет, смета) – это паек, порция пищи или норма на определенный срок.

Дополнительное питание по рациону № 1 (табл. 2.15, 2.18) назначается с момента завершения периода реанимационной терапии

или перевода пострадавшего на обычное больничное питание на период до устранения симптомов острого травматического поражения – ликвидации последствий массивной кровопотери, нормализации функций внутренних органов, нарушенных в результате острой травмы, заживления ожоговых, травматических и операционных ран.

Таблица 2.15

Продуктовый набор дополнительного питания № 1

Продукт	Дневная норма, г	Продукт	Дневная норма, г
Молочные продукты:		Мясопродукты:	
молоко 2,5 % жира	100	говядина	20
кефир 2,5 % жира	100	мясо птицы	20
йогурт	125	Фрукты:	
творог 9 % жира	50	яблоки свежие	100
Яйцо куриное	1/2 шт.	цитрусовые	100
Соки фруктово-ягодные	200	Поливитамины и препарат «Ундевит»	1 драже

Дополнительное питание по рациону № 2 (табл. 2.16, 2.18) назначается при наличии клинико-лабораторных синдромов нарушения функций органов и систем, являющихся прямыми последствиями или осложнениями профессиональных заболеваний или тяжелых несчастных случаев на производстве, до момента устранения медицинских показаний.

Таблица 2.16

Продуктовый набор дополнительного питания № 2

Продукт	Дневная норма, г	Продукт	Дневная норма, г
Молочные продукты:		Рыба	10
молоко 2,5 % жира	100	Овощи:	
кефир 2,5 % жира	100	капуста, кабачки, тыква	50
творог 9 % жира	35	свекла	50
масло сливочное	5	морковь	50
Мясопродукты:		Крупы:	
говядина первой категории	15	гречневая	20
куры	10	овсяная «Геркулес»	20
Фрукты:		рисовая	20
яблоки свежие	100	Поливитамины и препарат «Ундевит»	1 драже
цитрусовые	100		

Дополнительное питание по рациону № 3 (табл. 2.17, 2.18) назначается после определения характера последствий тяжелого несчастного случая или осложнений профессиональных заболеваний пожизненно.

Дополнительное питание предоставляется в виде денежной компенсации для приобретения пострадавшим продуктовых наборов назначенного рациона дополнительного питания и поливитаминовых препаратов из расчета в сутки на одного пострадавшего.

Таблица 2.17

Продуктовый набор дополнительного питания № 3

Продукт	Дневная норма, г	Продукт	Дневная норма, г
Молочные продукты:		Овощи:	
молоко 2,5 % жира	100	капуста, кабачки, тыква	50
кефир 2,5 % жира	100	свекла свежая	50
Мясопродукты:		морковь свежая красная	50
говядина первой категории	20	Крупы:	
Рыба	15	манная	10
Фрукты:		гречневая	20
яблоки свежие	100	овсяная «Геркулес»	20
цитрусовые	100	рисовая	10
сухофрукты	15	Поливитамины и препарат «Ундевит»	1 драже

Заключение о нуждаемости пострадавшего в дополнительном питании, его виде и сроках предоставления выдает клинико-экспертная комиссия государственного или муниципального учреждения здравоохранения, оказывающего медицинскую помощь пострадавшему.

Заключение учреждения медико-социальной экспертизы о нуждаемости в дополнительном питании с заявлением пострадавшего предоставляются в исполнительный орган Фонда социального страхования Российской Федерации.

Исполнительный орган Фонда социального страхования Российской Федерации оплачивает расходы на дополнительное питание пострадавшего в соответствии с действующим законодательством.

**Пищевая ценность продуктовых наборов
дополнительного питания**

Показатель	Пищевая ценность, ккал, продуктового набора дополнительного питания рациона		
	№ 1	№ 2	№ 3
Энергетическая ценность, ккал	485,0	585,0	520,0
Белок, всего, г	27,0	27,1	21,9
Жир, всего, г	20,4	19,7	11,9
Углеводы, всего, г	48,4	75,0	82,0
Моно- и дисахара	47,5	37,7	44,3
Крахмал, г	0,8	37,3	37,2
Пищевые волокна, г	4,2	9,4	10,8
Кальций, мг	423,9	430,0	390,0
Магний, мг	84,3	178,2	177,9
Фосфор, мг	480,7	578,2	511,0
Железо, мг	4,91	7,0	7,5
Витамин А, мг	0,14	0,08	0,03
Бета-каротин, мг	0,24	4,6	4,7
Витамин В ₁ , мг	0,23	0,43	0,42
Витамин В ₂ , мг	0,7	0,66	0,58
Ниацин, мг	3,82	5,0	4,5
Витамин С, мг	93,5	101,3	100,0
Витамин В ₆ , мг	0,59	0,74	0,71
Холестерин, г	0,21	0,06	0,04
Белок, % по калорийности	22,3	18,5	16,7
Жир, % по калорийности	37,8	30,3	20,5
Углеводы, % по калорийности	39,9	51,2	62,7

Примечание. Пищевая ценность всех продуктовых наборов дополнительного питания указана без учета поливитаминных препаратов.

Суточная калорийность должна распределяться по отдельным приемам пищи в зависимости от смены:

дневная смена – ранний завтрак перед работой (15–20 %), обед на работе (30–35 %), полдник после работы (20–25 %), ужин (20–25 %);

вечерняя смена – поздний завтрак после работы (10–25 %), поздний обед дома (30–35 %), ужин дома (20–25 %), прием пищи на работе (15–20 %);

ночная смена – прием пищи (из трех блюд) в первую половину смены, энергоемкость пищи 700–800 ккал.

Контрольные вопросы и задания

1. Каков порядок назначения дополнительного питания застрахованному, пострадавшему в результате несчастного случая на производстве или профессионального заболевания?
2. Что такое рацион?
3. Кто определяет нуждаемость застрахованного, пострадавшего в результате несчастного случая на производстве или профессионального заболевания, в дополнительном питании?
4. За счет каких средств оплачиваются расходы на дополнительное питание застрахованного, пострадавшего в результате несчастного случая на производстве или профессионального заболевания?

Практическая работа № 5 «Лечебно-профилактическое питание и его рационы»

Краткие теоретические сведения

Лечебно-профилактическое питание (ЛПП) – это питание, предоставляемое бесплатно по установленным нормам в соответствии со ст. 222 Трудового кодекса Российской Федерации на работах с особо вредными условиями труда, выдается рабочим, руководителям, специалистам и другим служащим в целях укрепления их здоровья и предупреждения профессиональных заболеваний. Выдача ЛПП производится в строгом соответствии с Правилами, утвержденными Постановлением Минтруда России от 31 марта 2003 г. № 14.

ЛПП выдается бесплатно только тем рабочим, руководителям, специалистам, для которых выдача этого питания предусмотрена перечнем производств, профессий и должностей, работа в которых дает право на бесплатное получение ЛПП в связи с особо вредными условиями труда.

Правом на получение ЛПП пользуются рабочие, руководители, специалисты, профессии и должности которых предусмотрены в соответствующих производствах перечня, независимо от того, в какой отрасли экономики находятся эти производства, а также независимо от организационно-правовых форм и форм собственности работодателей.

ЛПП выдается рабочим, руководителям, специалистам и другим служащим в дни фактического выполнения ими работы в производствах, профессиях и должностях, предусмотренных перечнем, при

условии занятости на указанной работе не менее половины рабочего дня, а также в дни болезни с временной утратой трудоспособности, если заболевание по своему характеру является профессиональным и заболевший не госпитализирован.

ЛПП выдается также:

работникам других производств организаций и работникам, занятым на строительных, строительно-монтажных, ремонтно-строительных и пусконаладочных работах, работающим полный рабочий день в действующих производствах с особо вредными условиями труда, в которых как для основных работников, так и для ремонтного персонала предусмотрена выдача ЛПП;

рабочим, производящим чистку и подготовку оборудования к ремонту или консервации в цехе (на участке) организации, для рабочих которого предусмотрена выдача ЛПП;

инвалидам вследствие профессионального заболевания, пользовавшимся лечебно-профилактическим питанием непосредственно перед наступлением инвалидности по причине, вызванной характером их работы, – до прекращения инвалидности, но не свыше одного года со дня установления инвалидности;

работникам, имеющим право на бесплатное получение ЛПП и временно переведенным на другую работу в связи с начальными явлениями профессионального заболевания по причине, вызванной характером их работы, – на срок не свыше одного года;

женщинам, занятым до момента наступления отпуска по беременности и родам в производствах, профессиях и должностях, дающих право на бесплатное получение ЛПП, – на все время отпуска по беременности и родам.

Если беременные женщины в соответствии с врачебным заключением переводятся на другую работу с целью устранения контакта с вредными производственными факторами до наступления отпуска по беременности и родам, ЛПП выдается им на все время до и в период отпуска. При переводе на другую работу по указанным причинам женщин, имеющих детей в возрасте до полутора лет, ЛПП выдается им до достижения ребенком возраста полутора лет.

Выдача ЛПП производится в виде горячих завтраков перед началом работы. В отдельных случаях допускается по согласованию с медико-санитарной службой организации, а при ее отсутствии – с органами и учреждениями Роспотребнадзора выдача ЛПП в обеденный перерыв.

ЛПП не выдается:

в нерабочие дни;

дни отпуска;

дни служебных командировок;

дни учебы с отрывом от производства;

дни выполнения работ на других участках, где ЛПП не установлено;

дни выполнения государственных и общественных обязанностей;

период временной нетрудоспособности при общих заболеваниях;

дни пребывания в больнице или санатории на лечении.

При невозможности получения ЛПП по состоянию здоровья или из-за отдаленности местожительства от столовой работникам в период временной нетрудоспособности или инвалидам вследствие профессионального заболевания, имеющим право на получение этого питания, допускается выдача ЛПП на дом в виде готовых блюд по соответствующим справкам медико-санитарной службы организации, а при ее отсутствии – органов и учреждений Роспотребнадзора.

Такой порядок выдачи ЛПП на дом в виде готовых блюд распространяется также и на женщин, имеющих детей в возрасте до полутора лет, в случае их перевода на другую работу с целью устранения контакта с вредными производственными факторами. Во всех других случаях выдача на дом готовых блюд ЛПП, выдача ЛПП за прошлое время и денежных компенсаций за неполученное своевременно ЛПП не разрешается.

Приготовление и выдачу ЛПП производят в строгом соответствии с утвержденными рационами. В соответствии с перечнем продуктов, предусмотренных рационами ЛПП, составляются меню-раскладки на каждый день.

Ознакомление работников, пользующихся ЛПП, с правилами бесплатной выдачи питания включают в программу обязательного вводного инструктажа по охране труда.

Ответственность за обеспечение рабочих, руководителей, специалистов и других служащих ЛПП возлагается на работодателя.

В табл. 2.19–2.27 приведены рационы и калорийность лечебно-профилактического питания согласно Постановлению Минтруда России от 31 марта 2003 г. № 14.

Нормы рациона базируются на основных положениях Концепции оптимального питания:

энергетическая ценность рациона человека должна соответствовать энерготратам организма;

величины потребления основных пищевых веществ – белков, жиров и углеводов должны находиться в пределах физиологически необходимых соотношений между ними;

содержание макро- и микроэлементов должно соответствовать физиологическим потребностям человека;

содержание биологически активных веществ в пище должно соответствовать их адекватным уровням потребления.

Таблица 2.19

Рацион лечебно-профилактического питания № 1

Продукт	Дневная норма, г	Продукт	Дневная норма, г
Хлеб ржаной	100	Сметана	10
Мука пшеничная	10	Сыр	10
Мука картофельная	1	Масло животное	20
Крупа, макароны	25	Масло растительное	7
Бобовые	10	Картофель	160
Сахар	17	Капуста	150
Мясо	70	Овощи (морковь)	90
Рыба	20	Томат-пюре	7
Печень	30	Фрукты свежие	130
Яйцо	3/4 шт.	Клюква	5
Кефир	200	Сухари	5
Творог	40	Чай	0,4
Молоко	70	Соль	5
Витамин С (аскорбиновая кислота)	150 мг		

Расчет калорийности суточного рациона Q для женщин производят следующим образом:

18–30 лет $(0,06 \text{ умножить на вес, кг,} + 2,037) \cdot 240$;

31–60 лет $(0,034 \text{ умножить на вес, кг,} + 3,54) \cdot 240$;

старше 60 лет $(0,04 \text{ умножить на вес, кг,} + 2,76) \cdot 240$;

а для мужчин:

18–30 лет $(0,06 \text{ умножить на вес, кг,} + 2,9) \cdot 240$;

31–60 лет $(0,05 \text{ умножить на вес, кг,} + 3,65) \cdot 240$;

старше 60 лет $(0,05 \text{ умножить на вес, кг,} + 2,46) \cdot 240$,

где 240 ккал – предельная норма расхода энергии в час при среднем расходе энергии 4 ккал/мин.

Полученную сумму умножьте на коэффициент:

при малоподвижном образе жизни – 1,1;

умеренной физической активности – 1,3;

тяжелой физической работе, спортивных нагрузках – 1,5.

Например, для женщины в возрасте 35 лет, вес 65 кг, выполняющей легкую работу, суточная калорийность рациона должна составлять:

$$Q = (0,034 \cdot 65 + 3,54) \cdot 240 \cdot 1,1 = 1518 \text{ ккал/сут.}$$

Таблица 2.20

Рацион лечебно-профилактического питания № 2

Продукт	Дневная норма, г	Продукт	Дневная норма, г
Хлеб пшеничный	100	Дополнительно выдается на работах с фосгеном:	
		рыба	25
Хлеб ржаной	100	печень	25
Мука пшеничная	15	масло животное	15
Крупа, макароны	40	молоко (кефир)	200
Картофель	100	сыр 30 % жирности	25
Овощи (капуста)	150	яйцо	1/4 шт.
Горошек зеленый	10	соль	5
Томат-пюре	2	чай	0,5
Сахар	35	мясо	70
Масло растительное	13	Дополнительно выдается на работах со щелочными металлами, хлором и его неорганическими соединениями, соединениями хрома, цианистыми соединениями, окислами азота:	
Специи по необходимости			
Дополнительно выдается на работах с соединениями фтора:			
витамин А	2 мг	витамин А	2 мг
витамин С	150 мг	витамин С	100 мг
		витамин С	100 мг

Примечания. 1. При возможности целесообразно расширять в рекомендуемом рационе питания ассортимент свежих овощей, фруктов и ягод за счет таких продуктов, как капуста, кабачки, тыква, огурцы, брюква, репа, салат, яблоки, груши, сливы, виноград, черноплодная рябина. 2. В крайних случаях, при отсутствии свежих овощей, можно использовать для приготовления блюд хорошо вымоченные (с целью удаления хлористого натрия, острых специй и приправ) соленые, квашеные и маринованные овощи. 3. При приготовлении ЛПП, предусмотренного данным рационом, рекомендуется приготовление в основном отварных и паровых, а также печеных и тушеных (без предварительного обжаривания) блюд.

Таблица 2.21

Рацион лечебно-профилактического питания № 2а

Продукт	Дневная норма, г	Продукт	Дневная норма, г
Хлеб пшеничный (мука 2-го сорта)	100	Сахар	5
Хлеб ржаной	100	Масло подсолнечное	20
Масло коровье	13	Говядина (2-й категории)	81
Мука пшеничная (2-й сорт)	6	Печень, сердце	40
Картофель	120	Творог 11 % жирности	71
Крупа (пшено, рис, гречка)	15	Сметана 30 % жирности	32
Овощи (капуста, морковь и др.)	274	Молоко, кефир, простокваша	156
Фрукты свежие и соки	73	Сухофрукты (изюм, курага и др.)	7
Соль	4		
Дополнительно выдается			
Витамин А	2 мг	Витамин С	100 мг
Витамин РР (ниацин)	15 мг	Витамин U (S-метилметионин)	25 мг
Минеральная вода (нарзан)	100 мл		

Таблица 2.22

Рацион лечебно-профилактического питания № 3

Продукт	Дневная норма, г	Продукт	Дневная норма, г
Хлеб пшеничный	100	Масло животное	10
Хлеб ржаной	100	Молоко (кефир и др.)	200
Мука пшеничная, макаронные изделия	15	Творог 18 % жирности	80
Крупа	35	Сметана	7
Картофель	100	Яйцо	1/3 шт.
Овощи	160	Рыба	25
Томат-пюре	5	Мясо	100
Печень	20	Фрукты	100
Соль	5	Чай	0,5
Сахар	35	Масло растительное	5
Жир животный	5	Специи по необходимости	
Дополнительно выдается витамин С	150 мг		

Примечание. Обязательная ежедневная выдача блюд из овощей, не подвергнутых термической обработке (салаты, винегреты и пр.).

Таблица 2.23

Рацион лечебно-профилактического питания № 4

Продукт	Дневная норма, г	Продукт	Дневная норма, г
Хлеб пшеничный	100	Мясо	100
Хлеб ржаной	100	Рыба	50
Мука пшеничная	15	Масло животное	15
Крупа, макароны	15	Молоко (кефир)	200
Картофель	150	Сметана	20
Овощи	25	Творог	110
Томат-пюре	3	Яйцо	1/4 шт.
Сахар	45	Соль	5
Масло растительное	10	Чай	0,5
Витамин С	150 мг		
Дополнительно выдается на работах с соединениями мышьяка, фосфора, ртути и с теллуrom витамин В ₁ (тиамин)			4 мг

Таблица 2.24

Рацион лечебно-профилактического питания № 4а

Продукт	Дневная норма, г	Продукт	Дневная норма, г
Хлеб пшеничный	210	Сахар	8
Мука пшеничная	5	Масло растительное	12
Сухари	3	Мясо	110
Перловка и макаронные изделия	7	Масло сливочное	7
Рис	10	Кефир	125
Вермишель	5	Сметана	23
Картофель	213	Творог	50
Овощи (капуста, свекла, морковь и др.)	242	Яйцо	1 шт.
Фрукты, ягоды	75	Витамин С	100 мг
Витамин В ₁ (тиамин)	2 мг		

Таблица 2.25

Рацион лечебно-профилактического питания № 46

Продукт	Дневная норма, г	Продукт	Дневная норма, г
Хлеб пшеничный	75	Соки фруктовые	60
Хлеб ржаной	75	Сахар	15
Мука пшеничная	16	Масло растительное	13
Крупа (пшено, гречка, рис)	10	Масло сливочное	18
Макаронные изделия	8	Мясо	74
Картофель	170	Курица	37
Овощи:		Печень	20
капуста	100	Молоко	142
морковь	82	Рыба	40
свекла	19	Сметана	28
зелень	20	Творог	40
редис, редька	12	Яйцо	10
огурцы	10	Томат-паста	8
лук репчатый	27	Лимон	2
Яблоки	10	Чай	0,1
Дополнительно выдается			
Рибофлавин	2 мг	Витамин В ₁ (тиамин)	2 мг
Пиридоксин	3 мг	Витамин РР (ниацин)	20 мг
Токоферол	10 мг	Витамин С	100 мг
Глютаминовая кислота	500 мг		

Таблица 2.26

Рацион лечебно-профилактического питания № 5

Продукт	Дневная норма, г	Продукт	Дневная норма, г
Хлеб пшеничный	100	Рыба	35
Хлеб ржаной	100	Печень	25
Мука пшеничная	3	Масло животное	17
Крупа и макароны	20	Молоко (кефир)	200
Картофель	125	Сметана	10
Овощи	100	Творог	35
Томат-пюре	3	Яйцо	1 шт.
Сахар	40	Соль	5
Масло растительное	15	Чай	0,5
Мясо	100		
Дополнительно выдается			
Витамин В ₁ (тиамин)	4 мг	Витамин С	150 мг

Калорийность лечебно-профилактического питания

Химический состав продуктов	Содержание в рационе							
	№ 1	№ 2	№ 2а	№ 3	№ 4	№ 4а	№ 4б	№ 5
Белки, г	59	63	52	64	65	54	56	58
Жиры, г	51	50	63	52	45	43	56	53
Углеводы, г	159	185	156	198	181	200	164	172
Содержание аминокислот, г:								
триптофан	–	–	0,6	–	–	–	–	–
метионин + цистин	–	–	2,4	–	–	–	–	–
лизин	–	–	3,2	–	–	–	–	–
фенилаланин + тирозин	–	–	3,5	–	–	–	–	–
гистидин	–	–	1,2	–	–	–	–	–
Органические кислоты, г							4	–
Витамины, мг:	–	–	–	–	–	–		
В ₁ (тиамин)	–	–	–	–	–	–	0,95	–
рибофлавин	–	–	–	–	–	–	1,1	–
пиридоксин	–	–	–	–	–	–	1,8	–
РР (ниацин)	–	–	–	–	150	–	9,6	–
аскорбиновая кислота	–	–	–	–	–	–	87	–
токоферол	–	–	–	–	–	–	19	–
ретинол	–	–	–	–	–	–	0,5	–
каротин	–	–	–	–	–	–	6,6	–
Калорийность, ккал	1380	1481	1370	1466	1428	1368	1384	1438

2. Порядок выполнения работы

Зная свой возраст и вес, определите суточную калорийность рациона.

Контрольные вопросы и задания

1. Что такое лечебно-профилактическое питание и каков порядок его назначения?
2. Расскажите, что такое рацион.
3. Каковы правила подбора рациона лечебно-профилактического питания?
4. От каких факторов зависит калорийность суточного рациона лечебно-профилактического питания?

Практическая работа № 6 «Исследование электромагнитного поля, создаваемого телефонами сотовой связи»

1. Краткие теоретические сведения

В отличие от ионизирующих излучений, которые создают электрические заряды, электромагнитные излучения (ЭМИ) не обладают такой способностью, они воздействуют на уже имеющиеся в организме человека заряды и диполи.

Впервые механизм влияния ЭМИ радиочастотного диапазона на слуховой анализатор объяснил американский нейрофизиолог Алан Фрей. По его мнению, микроволновые излучения воздействуют на участки вокруг улитки и поглощаются тканями внутреннего уха, вызывая его термальное расширение. При этом возникают ударные волны, воспринимаемые человеком, как звук, который больше никому не слышен.

Мобильный (сотовый) телефон – это устройство, которое генерирует и принимает высокочастотные электромагнитные волны в диапазоне от 450 до 1800 МГц. Излучение электромагнитных волн во всех направлениях в мобильном телефоне происходит антенной.

Воздействие электромагнитной волны на биологический организм характеризуется такими физическими величинами, как длина волны, частота колебаний, интенсивность, мощность энергии излучения, а также глубиной их проникновения в ткани.

Электромагнитные волны переносят энергию электромагнитного поля. Поток энергии электромагнитной волны, проходящей через поверхность площадью S за время t , называется мощностью излучения

$$P = \Delta W / \Delta t, \quad (2.1)$$

где ΔW – поток энергии электромагнитной волны.

Разделив обе части выражения на величину площади S , получим плотность потока энергии электромагнитной волны

$$\omega = P / (S \cdot C), \quad (2.2)$$

где C – скорость света в вакууме.

Общая плотность потока энергии (ППЭ) электромагнитной волны представляется как сумма электрической и магнитной ее составляющих

$$\omega = \omega_{\text{Э}} + \omega_{\text{М}} = (\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot E^2) + [B^2/(2 \cdot \mu \cdot \mu_0)] = \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot E^2. \quad (2.3)$$

Усредненное во времени значение величины плотности потока энергии называется интенсивностью волны

$$I = \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot (E^2)_{\text{СР}} \cdot C, \quad (2.4)$$

где ε_0 – электрическая постоянная; ε – диэлектрическая проницаемость среды, для воздуха $\varepsilon = 1,05$; E – напряженность электрического поля

$$E = U/L, \quad (2.5)$$

где U – напряжение, создаваемое в проводнике под действием электромагнитной волны, В; L – длина проводника, м.

Подставляя выражение (2.5) в (2.4), получим величину интенсивности излучения электромагнитной волны, Вт/м²

$$I = 0,5 \cdot C \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot U^2/L^2. \quad (2.6)$$

Глубину проникновения электромагнитной волны в биологический организм (м) можно оценить по формуле

$$d = C \cdot (2 \cdot \pi \cdot \mu \cdot f \cdot \delta)^{-1/2}, \quad (2.7)$$

где δ – проводимость ткани организма; μ – магнитная проницаемость материала ткани организма; f – частота электромагнитной волны, Гц.

Исследования в области биологического воздействия ЭМП позволили определить наиболее чувствительные к нему системы организма человека: нервная, иммунная, эндокринная и половая.

Результатом продолжительного воздействия ЭМП даже относительно слабого уровня могут быть онкологические заболевания, изменение поведения, склонность к стрессу, бессонница, потеря памяти, болезни Паркинсона и Альцгеймера, бронхит, астма, синдром внезапной смерти ребенка, угнетение половой функции, аритмия, мигрень, хроническая усталость и многие другие состояния, включая повышение уровня самоубийств в крупных городах. Доказано, что воздействие ЭМП негативно сказывается на кровообращении головного мозга. Особую опасность воздействие ЭМП представляют для разви-

вающегося организма в утробе матери (эмбриона) и детей, а также для людей, подверженных аллергическим заболеваниям, поскольку они обладают исключительно большой чувствительностью к ЭМП.

При использовании сотовых телефонов излучение в мозгу поглощается неравномерно, поэтому могут образоваться «горячие точки». При использовании телефона с пиковой мощностью $P = 2$ Вт и рабочей частотой 900 МГц напряженность поля в головном мозге составляет от 20 до 30 В/м, а плотность мощности – от 120 до 230 мкВт/см².

Для всех диапазонов частот сотовой связи нормируемая ППЭ составляет 100 мкВт/см².

2. Порядок выполнения практической работы

Цель работы: овладеть знаниями, умениями и навыками, связанными с определением интенсивности ЭМП, создаваемыми сотовыми телефонами, научиться измерять и объективно оценивать уровень электромагнитного поля.

При выполнении практической работы используется магнитометр учебный (рис. 2.10).

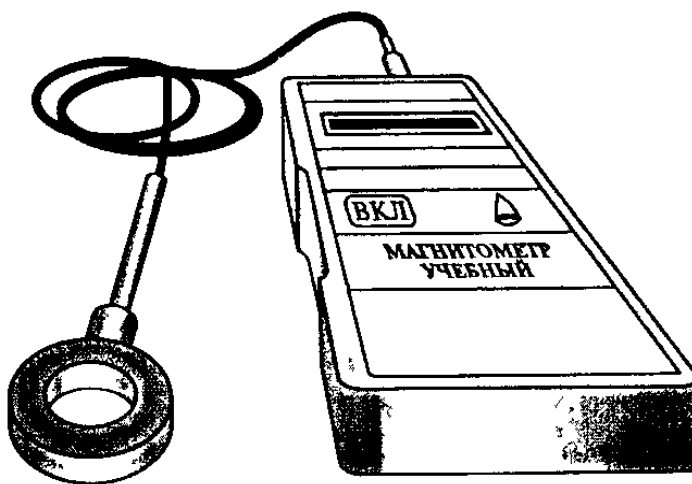


Рис. 2.10. Магнитометр учебный

Сигнал, принятый дипольной антенной, детектируется диодным мостиком, и получившийся постоянный ток поступает на измерительный прибор. От выбора диодов зависит чувствительность измерительного прибора (чувствительный стрелочный вольтметр).

Для получения максимальной чувствительности измерительный прибор подключен непосредственно к выводам моста. В случае, когда

стрелка измерительного прибора зашкаливает, последовательно с ним надо включить добавочный резистор. Например, с микроамперметром на 10 мкА и резистором 100 кОм получаем вольтметр, рассчитанный на измерение напряжений до 1 В, с резистором 1 МОм – до 10 В.

Порядок выполнения лабораторной работы:

изучите принцип действия измерительного прибора;

снимите показание прибора приемника U не менее чем для трех фиксированных расстояний для разных моделей сотовых телефонов. Результаты измерений занесите в табл. 2.28;

рассчитайте длину волны излучения, м

$$\lambda = C/f;$$

определите интенсивность излучения по формуле (2.6);

вычислите глубину проникновения электромагнитного излучения в головной мозг человека по формуле (2.7);

сравните полученные результаты с санитарно-гигиеническими нормативами воздействия электромагнитного излучения на организм человека;

сделайте выводы.

Таблица 2.28

Результаты измерения

Модель сотового телефона	U , В	λ , м	f , Гц	L , м	I , Вт/м ²	d , м	Расстояние до излучателя R , м	Безопасное расстояние $R_{\text{БЕЗ}}$, м

Контрольные вопросы и задания

1. Расскажите о том, что представляет собой мобильная связь.
2. Поясните, каково влияние электромагнитных полей на здоровье человека.
3. Перечислите количественные параметры, характеризующие электромагнитное излучение от сотового телефона, и единицы их измерения.
4. В чем заключается принцип работы магнитометра?

2.2. Основы экономики производственной безопасности в АПК

Практическая работа № 7 «Оценка ущерба от аварии на опасном производственном объекте»

Оценка ущерба от аварии на опасном производственном объекте производится согласно РД 03-496-02 «Методические рекомендации по оценке ущерба от аварий на опасных производственных объектах»; она является основой:

для учета и регистрации аварий по единым экономическим показателям;

оценки риска аварий на опасных производственных объектах; принятия обоснованных решений по обеспечению промышленной безопасности;

анализа эффективности мероприятий, направленных на снижение размера ущерба от аварий.

Полный ущерб от аварии на опасном производственном объекте может быть выражен в общем виде формулой

$$P_A = P_{ПП} + P_{ЛА} + P_{СЭ} + P_{НВ} + P_{ЭКОЛ} + P_{ВТР},$$

где P_A – полный ущерб от аварий, руб.; $P_{ПП}$ – прямые потери организации, эксплуатирующей опасный производственный объект, руб.; $P_{ЛА}$ – затраты на локализацию/ликвидацию и расследование аварии, руб.; $P_{СЭ}$ – социально-экономические потери (затраты, понесенные вследствие гибели и травмирования людей), руб.; $P_{НВ}$ – косвенный ущерб, руб.; $P_{ВТР}$ – потери от выбытия трудовых ресурсов в результате гибели людей или потери ими трудоспособности; $P_{ЭКОЛ}$ – экологический ущерб; руб.

Рассмотрим более подробно определение экологического ущерба. Экологический ущерб рекомендуется определять как сумму ущербов от различных видов негативного воздействия на объекты окружающей среды

$$P_{ЭКОЛ} = Э_A + Э_В + Э_П + Э_Б + Э_О,$$

где $Э_A$ – ущерб от загрязнения атмосферы, руб.; $Э_В$ – ущерб от загрязнения водных объектов, руб.; $Э_П$ – ущерб от загрязнения почвы, руб.; $Э_Б$ – ущерб, связанный с уничтожением биологических (в том числе лесных массивов) ресурсов, руб.; $Э_О$ – ущерб от засорения (повреждения) территории обломками (осколками) зданий, сооружений, оборудования и т.д., руб.

Ущерб от загрязнения атмосферного воздуха \mathcal{E}_A , как правило, определяют исходя из массы загрязняющих веществ, рассеивающихся в атмосфере. Массу загрязняющих веществ находят расчетным или экспертным путем по действующим методикам.

Ущерб от загрязнения водных объектов \mathcal{E}_B рекомендуется определять суммированием ущерба от изменения качества воды и размера потерь, связанных со снижением биопродуктивности водного объекта. Размер потерь, связанных со снижением биопродуктивности водного объекта, можно определять на основе непосредственного обследования биологических ресурсов, экспертной оценки стоимости снижения биологической продуктивности с учетом нормативно-методических документов. Ущерб от изменения качества воды оценивают на основании утвержденных нормативных документов.

Ущерб от загрязнения почвы $\mathcal{E}_П$ рекомендуется определять на основе утвержденных указаний в соответствии с порядком определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами и экспертной оценки стоимости потерь, связанных с деградацией земель в результате негативного воздействия.

Размер взыскания за ущерб, связанный с уничтожением биологических ресурсов \mathcal{E}_B , как правило, определяют соответственно инструкциям, методикам и таксам.

Величину ущерба от засорения территории обломками \mathcal{E}_O рекомендуется определять в размере платежа за размещение отходов на не отведенной для этой цели территории в соответствии с инструктивно-методическими указаниями по взиманию платы за загрязнение окружающей природной среды.

Порядок расчета экологического ущерба при аварии на опасном производственном объекте покажем на примере.

Задача

В результате аварии железобетонного резервуара ЖБР-10000 с нефтью с последующим разливом нефти и ее возгоранием, произошедшей 16 сентября 2014 г. на нефтебазе в г. Красноярске, полностью уничтожен резервуар, незначительные повреждения получили несколько зданий предприятия, погиб один человек и два человека травмированы. Остаточная стоимость разрушенного резервуара (по бухгалтерским документам предприятия) составляет 6,08 млн руб. Утилизационная стоимость материальных ценностей составила 0,08 млн руб. В результате аварии продолжительность простоя соста-

вила 10 дней; средняя дневная прибыль – по объекту 50 тыс. руб.; часть условно-постоянных расходов – 2 тыс. руб/день. Для данного предприятия простой других производств, технологически связанных с данным аварийным объектом, отсутствует. Экспертами в ходе расследования аварии установлено, что в резервуаре находилось $M_0 = 6673$ т нефти, сгорело $M_{\Gamma} = 2666$ т.

Произвести оценку экологического ущерба и возможных взысканий за вред, причиненный загрязнением окружающей среды при пожаре на резервуаре с нефтью.

Решение

1. В силу того, что разлитие нефтепродуктов при аварии было ограничено размерами производственной площадки, экологический ущерб будет определяться главным образом размером взысканий за вред, причиненный продуктами горения нефти и нефтепродуктов. Расчет экологического ущерба производим по формуле

$$P_{\text{ЭКОЛ}} = 5 \cdot \Sigma(N_{\text{БАИ}} \cdot M_{\text{ИИ}}) \cdot K_{\text{ЭАТМ}},$$

где 5 – повышающий коэффициент при расчете экологического ущерба от аварий; $N_{\text{БАИ}}$ – базовый норматив платы за выброс в атмосферу продуктов горения нефти: оксидов углерода CO , оксидов азота NO_x , диоксидов серы SO_2 , сероводорода H_2S , сажи, синильной кислоты HCN , формальдегида HCHO и органических кислот (в пересчете на уксусную кислоту CH_3COOH) в пределах установленных лимитов $N_{\text{БАИ}}$, равен соответственно 3; 175; 200; 1285; 205; 1025; 3415 и 175 руб/т. В последующих расчетах базовые нормативы платы в пределах установленных лимитов за 2003 г. увеличиваем на 10 %, поскольку авария произошла в 2014 г.; $M_{\text{ИИ}}$ – масса i -го загрязняющего вещества, выброшенного в атмосферу при аварии (пожаре), т; $K_{\text{ЭАТМ}}$ – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости состояния атмосферного воздуха, для Красноярского края $K_{\text{ЭАТМ}} = 1,4$.

Поскольку выброс загрязняющих веществ в атмосферу произошел в крупном промышленном центре, то с учетом повышающего коэффициента, равного 1,2, получаем расчетное значение коэффициента экологической ситуации и экологической значимости для атмосферного воздуха

$$K_{\text{ЭАТМР}} = 1,4 \cdot 1,2 = 1,68.$$

2. Массу *i*-го загрязняющего вещества, выброшенного в атмосферу при аварии, рассчитываем с учетом количества сгоревшей нефти $M_{Г}$ и коэффициента эмиссии $K_{ЭМ}$ загрязняющего вещества (согласно РД 03-496–02 «Методические рекомендации по оценке ущерба от аварий на опасных производственных объектах», утвержденных Постановлением Госгортехнадзора России от 29 октября 2002 г. № 63):

оксид углерода

$$M_{OY} = 2666 \cdot 8,4 \cdot 10^{-2} = 224 \text{ т};$$

оксиды азота

$$M_{OA} = 2666 \cdot 6,9 \cdot 10^{-3} = 18,4 \text{ т};$$

диоксид серы

$$M_{ДС} = 2666 \cdot 2,78 \cdot 10^{-2} = 74,1 \text{ т};$$

сероводород

$$M_{СВ} = 2666 \cdot 10^{-3} = 2,7 \text{ т};$$

сажа

$$M_{С} = 2666 \cdot 1,7 \cdot 10^{-1} = 453,2 \text{ т};$$

синильная кислота

$$M_{НСК} = 2666 \cdot 10^{-3} \approx 2,7 \text{ т};$$

формальдегид

$$M_{Ф} = 2666 \cdot 10^{-3} = 2,7 \text{ т};$$

органические кислоты

$$M_{ОРГ} = 2666 \cdot 1,5 \cdot 10^{-2} \approx 40 \text{ т}.$$

3. Экологический ущерб

$$\begin{aligned} P_{ЭКОЛ} &= 5 (3 \cdot 1,1 \cdot 224 + 175 \cdot 1,1 \cdot 18,4 + 200 \cdot 1,1 \cdot 74,1 + 1285 \cdot 1,1 \cdot 2,7 + \\ &+ 205 \cdot 1,1 \cdot 453,2 + 1025 \cdot 1,1 \cdot 2,7 + 3415 \cdot 1,1 \cdot 2,7 + 175 \cdot 1,1 \cdot 40) \cdot 1,68 \\ &= 1245321 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Практическая работа № 8

«Возмещение и компенсация вреда, причиненного пострадавшим и окружающей среде»

В соответствии с законодательством, действующим в Российской Федерации, работник, которому при исполнении обязанностей по трудовому договору (контракту) причинен физический, моральный, материальный вред, имеет право на возмещение физического, материального вреда и компенсацию морального вреда.

Порядок возмещения физического вреда работнику (застрахованному лицу) при исполнении им обязанностей по трудовому договору (контракту) устанавливает Федеральный закон «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний».

Страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний представляет собой страховую защиту имущественных интересов застрахованного лица. Страховыми случаями являются:

временная утрата трудоспособности;

наступление инвалидности (постоянная утрата трудоспособности);

смерть застрахованного в результате несчастного случая на производстве или профессионального заболевания.

Страховой случай влечет возникновение обязательств страховщика осуществлять обеспечение по страхованию:

1) в виде пособия по временной нетрудоспособности, выплачиваемого за счет средств на обязательное страхование от несчастных случаев на производстве и профзаболеваний;

2) в виде страховых выплат:

– единовременной страховой выплаты застрахованному либо лицам, имеющим право на получение такой выплаты в случае его смерти;

– ежемесячных страховых выплат застрахованному либо лицам, имеющим право на получение таких выплат в случае его смерти;

3) в виде оплаты дополнительных расходов, связанных с медицинской, социальной и профессиональной реабилитацией застрахованного при наличии прямых последствий страхового случая:

– на лечение (приобретение лекарств, изделий медицинского назначения и индивидуального ухода);

- посторонний (специальный медицинский и бытовой) уход за застрахованным, в том числе осуществляемый членами его семьи;
- проезд застрахованного;
- медицинскую реабилитацию в организациях, оказывающих санитарно-курортные услуги;
- изготовление, ремонт протезов, протезно-ортопедических изделий;
- профессиональное обучение (переобучение).

Размер *пособия по временной нетрудоспособности* за полный календарный месяц не может быть ниже минимального размера оплаты труда (МРОТ) и больше четырехкратного максимального размера ежемесячной выплаты (ст. 12 Закона № 125-ФЗ).

Пособие, исходя из максимального размера, рассчитывают в случае, если сумма пособия, исчисленного из среднего заработка работника, превышает названный размер. Тогда пособие определяют следующим образом.

Размер дневного пособия определяется путем деления максимального размера пособия за полный календарный месяц на число календарных дней в месяце, на который приходится временная нетрудоспособность. Для того чтобы определить сумму пособия, подлежащую выплате, нужно размер дневного пособия умножить на число календарных дней, приходящихся на период болезни в каждом календарном месяце.

В районах, где установлен районный коэффициент к заработной плате, минимальный размер пособия увеличивают на районный коэффициент, установленный в данной местности.

Пособие по временной нетрудоспособности должна выплатить сама организация, а затем на его размер нужно уменьшить сумму взносов на обязательное страхование от несчастных случаев на производстве и профзаболеваний.

Если работник в результате несчастного случая на производстве (профзаболевания) утратил трудоспособность, территориальное отделение ФСС РФ должно выдать ему страховую выплату.

Согласно п. 2 ст. 6 Федерального закона от 1 декабря 2014 г. № 386-ФЗ, размер *единовременной страховой выплаты* застрахованному составляет с 1 января 2020 г. 105215,8 руб.

В соответствии с п. 2 ст. 6 Федерального закона от 1 декабря 2014 г. № 386-ФЗ размер единовременной страховой выплаты застрахованному составлял:

в 2015 г. – 84 964,2 руб.,
в 2016 г. – 88 787,6 руб.;
в 2017 г. – 92339,1 руб.

Ежемесячные страховые выплаты выплачиваются застрахованному в течение всего периода стойкой утраты им профессиональной трудоспособности.

Размер ежемесячной страховой выплаты устанавливают как долю среднего месячного заработка застрахованного, исчисленную в соответствии со степенью утраты им профессиональной трудоспособности.

При определении среднемесячного заработка учитывают все выплаты, начисленные работнику по основному месту работы и по совместительству, которые облагают взносами на страхование от несчастных случаев на производстве и профзаболеваний.

Если работник до наступления несчастного случая или профзаболевания работал меньше 12 мес., то его среднемесячный заработок определяют за полностью проработанные месяцы, предшествующие месяцу, в котором наступил несчастный случай или профзаболевание.

Задача

Работник ЗАО «Эксперт» Иванов поступил на работу 1 апреля 2017 г., а 5 августа 2017 г. он получил производственную травму.

Общая сумма выплат, начисленных Яковлеву за период работы, составила 26540 руб.

По результатам медико-социальной экспертизы было установлено, что Яковлев утратил трудоспособность на 30 %.

Рассчитать сумму ежемесячной страховой выплаты.

Решение

1. Расчетный период для исчисления ежемесячной страховой выплаты составляет четыре месяца (с апреля по июль).

2. Среднемесячный заработок, учитываемый при расчете суммы ежемесячной страховой выплаты, составит

$$26540 \text{ руб.} / 4 \text{ мес.} = 6635 \text{ руб.}$$

Сумма ежемесячной страховой выплаты составит

$$6635 \text{ руб.} \cdot 30 \% / 100 \% = 1990,50 \text{ руб.}$$

Если работнику, получившему травму в результате несчастного случая на производстве или профзаболевания, не исполнилось 18 лет,

то его среднемесячный заработок, учитываемый при определении суммы ежемесячной страховой выплаты, не может быть меньше прожиточного минимума трудоспособного населения за данный квартал.

Задача

Работнику ЗАО «Эксперт» (г. Красноярск) Иванову 17 лет. Он поступил на работу 1 июля 2017 г., а 5 ноября 2017 г. получил производственную травму. Общая сумма выплат, начисленных Иванову за период работы, составила 26540 руб.

По результатам медико-социальной экспертизы было установлено, что Иванов утратил трудоспособность на 30 %.

Рассчитать сумму ежемесячной страховой выплаты.

Решение

1. Расчетный период для исчисления ежемесячной страховой выплаты составляет четыре месяца (с июля по ноябрь).

2. Среднемесячный заработок, учитываемый при расчете суммы ежемесячной страховой выплаты, составит

$$26540 \text{ руб.} / 4 \text{ мес.} = 6635 \text{ руб.}$$

3. Прожиточный минимум в Красноярске с июля 2017 г. составлял 11706 руб. Он превышает среднемесячный заработок Иванова.

Поэтому сумму ежемесячной страховой выплаты рассчитывают исходя из величины прожиточного минимума (11706 руб.).

4. Сумма ежемесячной страховой выплаты Яковлеву составит

$$11706 \text{ руб.} \cdot 30/100 = 3511,8 \text{ руб.}$$

Если грубая неосторожность застрахованного лица содействовала возникновению или увеличению физического вреда, то в зависимости от степени вины пострадавшего размер ежемесячных страховых выплат соответственно уменьшается, но не более чем на 25 %.

В расходы на медицинскую, социальную и профессиональную реабилитацию работника включаются:

затраты на лечение до момента выздоровления работника либо подтверждения стойкой утраты им трудоспособности;

затраты на приобретение медицинских препаратов, необходимых для лечения полученного заболевания (травмы);

затраты по уходу за работником, получившим травму в результате несчастного случая на производстве (в том числе осуществляемого членами его семьи);

затраты на протезирование;

затраты на санаторно-курортное лечение работника (включая оплату проживания и питания, проезда, дополнительного отпуска);

затраты по обеспечению работника специальными транспортными средствами (включая их текущий и капитальный ремонт), а также горюче-смазочными материалами для них;

затраты на дополнительное профессиональное обучение и переобучение работника.

Такие расходы работника могут быть оплачены за счет средств ФСС РФ.

Расходы на реабилитацию оплачиваются за счет фонда только в том случае, если у работника есть справка учреждения медико-социальной экспертизы о том, что он нуждается в уходе, санаторно-курортном лечении, протезировании и т. д.

Установлен максимальный размер ежемесячных расходов на посторонний социальный медицинский уход в размере 900 руб., а на бытовой уход – в размере 225 руб. В регионах, где установлен районный коэффициент к заработной плате, суммы указанных расходов увеличиваются на районный коэффициент.

Другие расходы на реабилитацию работника максимальным размером не ограничены. Поэтому они оплачиваются в полном размере. Однако все расходы на реабилитацию должны быть подтверждены документально.

Если работник до несчастного случая трудился по гражданско-правовому договору и страховые взносы с его вознаграждения не уплачивались, то возместить ему утраченный заработок должен причинитель вреда.

В соответствии с п. 2 ст. 11 Закона № 125-ФЗ в случае смерти работника в результате несчастного случая на производстве или профзаболевания членам его семьи выплачивают страховую сумму 1 млн руб.

Право на страховые выплаты имеют:

нетрудоспособные лица, состоявшие на иждивении умершего или имевшие ко дню смерти работника право на получение от него содержания;

ребенок умершего, родившийся после его смерти;

один из родителей, супруг (супруга) либо другой член семьи, который не работает и занят уходом за состоявшими на иждивении умершего детьми, внуками, братьями, сестрами, не достигшими возраста 14 лет либо достигшими указанного возраста, но, по заключе-

нию учреждения государственной службы медико-социальной экспертизы или лечебно-профилактического учреждения государственной системы здравоохранения, признанными нуждающимися по состоянию здоровья в постороннем уходе;

лица, состоявшие на иждивении умершего, ставшие нетрудоспособными в течение 5 лет со дня его смерти.

Страховые выплаты в случае смерти застрахованного выплачиваются:

несовершеннолетним – до достижения ими 18-летнего возраста;

учащимся старше 18 лет – до окончания учебы в учебных учреждениях очной формы обучения, но не более чем до 23 лет;

женщинам, достигшим возраста 55 лет, и мужчинам, достигшим возраста 60 лет, – пожизненно;

инвалидам – на срок инвалидности;

одному из родителей, супругу (супруге) либо другому члену семьи, неработающему и занятому уходом за находящимися на иждивении умершего его детьми, внуками, братьями, сестрами, – до достижения ими возраста 14 лет либо изменения состояния здоровья.

В соответствии с федеральным законодательством компенсацию морального вреда потерпевшему (в случае его гибели – лицам, имеющим право на компенсацию морального вреда) производит причинитель вреда добровольно по соглашению либо по решению суда. Суд устанавливает размер компенсации морального вреда, учитывая:

степень вины потерпевшего;

степень вины причинителя вреда;

характер правонарушения;

тяжесть вреда.

Тяжесть вреда, причиненного здоровью, определяют статьи 111, 112 и 115 Уголовного кодекса Российской Федерации (УК РФ).

Согласно статье 111 УК РФ, под тяжким вредом здоровью понимается причинение вреда здоровью, опасного для жизни человека или повлекшего за собой потерю зрения, речи, слуха или какого-либо органа либо утрату органом его функций, а также причинение иного вреда здоровью, опасного для жизни или вызвавшего расстройство здоровья, соединенное со стойкой утратой трудоспособности не менее чем на одну треть или полной утратой профессиональной трудоспособности, либо выразившееся в неизгладимом обезображении лица, либо повлекшее за собой прерывание беременности, психическое расстройство, заболевание наркоманией или токсикоманией.

В соответствии со статьей 112 УК РФ под причинением средней тяжести вреда здоровью понимают не опасное для жизни человека и не повлекшее последствий, указанных выше, но вызвавшее длительное расстройство здоровья или значительную стойкую утрату трудоспособности менее чем на одну треть.

Согласно статье 115 УК РФ, под легким вредом здоровью понимают кратковременное расстройство здоровья или незначительную стойкую утрату трудоспособности.

При определении размера компенсации морального вреда можно использовать формулу

$$D = d \cdot f_{\text{в}} \cdot i \cdot c (1 - f_{\text{п}}),$$

где d – размер компенсации презюмируемого морального вреда (табл. 2.29); $f_{\text{в}}$ – степень вины причинителя вреда; i – коэффициент индивидуальных особенностей потерпевшего, $i = 1$ или 2 ; c – коэффициент учета заслуживающих внимания фактических обстоятельств причинения морального вреда, $c = 1$ или 2 ; $f_{\text{п}}$ – степень вины потерпевшего, $0 \leq f_{\text{п}} \leq 1$.

Таблица 2.29

Размеры компенсации морального вреда

Правонарушение	Размер компенсации, количество минимальных размеров оплаты труда
Причинение смерти близкому родственнику	216
Причинение тяжкого вреда здоровью	576
Причинение средней тяжести вреда	216
Причинение легкого вреда здоровью	24
Незаконный отказ в приеме на работу	24
Незаконное увольнение	72
Иное нарушение трудовых прав	36

При расчете размера компенсации морального вреда можно принять следующие допущения относительно степени вины причинителя вреда:

$f_{\text{в}} = 0,25$ – при наличии простой неосторожности;

$f_{\text{в}} = 0,50$ – при наличии грубой неосторожности;

$f_{\text{в}} = 0,75$ – при наличии косвенного умысла;

$f_{\text{в}} = 1,0$ – при наличии прямого умысла.

В случае смерти потерпевшего право на компенсацию морального вреда имеют:

супруги;

родственники первой и второй степени;

усыновители и усыновленные;

фактические воспитатели и воспитанники;

лица, находящиеся в фактических брачных отношениях, если они совместно проживали и вели общее хозяйство (сожители).

Исковое заявление о компенсации морального вреда подается самостоятельно каждым лицом, имеющим право на компенсацию морального вреда.

Возмещение вреда, причиненного окружающей среде, производится на основании постановления о возмещении вреда, которое выносит по результатам рассмотрения дела об экологическом правонарушении должностное лицо (комиссия) территориального органа Минприроды России.

Постановление о возмещении вреда составляют в четырех экземплярах. Копию постановления в течение трех дней вручают под расписку или высылают лицу, в отношении которого оно вынесено.

Исчисление причиненных убытков производят территориальные органы Минприроды России. По результатам работы составляют акт о размерах причиненных убытков, прилагаемый к постановлению о возмещении вреда.

Исчисление убытков осуществляют путем специальных обследований и аналитических расчетов на основании действующих нормативных актов, методической документации, кадастровой оценки природных ресурсов, а также такс для исчисления размера взыскания причиненного вреда. При исчислении убытков учитывают продолжительность негативного воздействия на окружающую среду, соответствующие коэффициенты экологической ситуации и экологической значимости, а также изменение уровня цен.

Компенсация вреда, причиненного окружающей среде нарушением законодательства в области охраны окружающей среды, осуществляется добровольно либо по решению суда или арбитражного суда. Определение размера вреда окружающей среде, причиненного нарушением законодательства в области охраны окружающей среды, осуществляется исходя из фактических затрат на восстановление нарушенного состояния окружающей среды, с учетом понесенных убытков, в том числе упущенной выгоды, а также в соответствии с

проектами рекультивационных и иных восстановительных работ, при их отсутствии – в соответствии с таксами и методиками исчисления размера вреда окружающей среде, утвержденными органами исполнительной власти, осуществляющими государственное управление в области охраны окружающей среды.

Иски о компенсации вреда окружающей среде, причиненного нарушением законодательства в области охраны окружающей среды, могут быть предъявлены в течение двадцати лет.

Определение размера утраты (гибели) или частичной утраты (недобора) урожая сельскохозяйственных культур и урожая многолетних насаждений

Размер утраты (гибели) или частичной утраты (недобора) урожая сельскохозяйственных культур и урожая многолетних насаждений сельскохозяйственного товаропроизводителя определяется согласно Методике определения снижения объема производства сельскохозяйственной продукции в связи с возникшей чрезвычайной ситуацией (утв. Приказом Минсельхоза России № 224 от 15 июня 2009 г.) как количественные потери урожая отдельных видов сельскохозяйственной продукции, исчисленные исходя из площади посева (посадки) и разницы между урожайностью на одном гектаре в среднем за последние пять лет и урожайностью в данном году по ценам реализации сельскохозяйственной продукции предыдущего года по формуле

$$U = [П \cdot (Y_{\text{CP}} - Y_{\text{Ф}})] \cdot Ц,$$

где U – размер утраты (гибели) или частичной утраты (недобора) урожая сельскохозяйственной культуры, урожая многолетних насаждений, руб.; $П$ – размер посевной (посадочной) площади текущего года под конкретной сельскохозяйственной культурой, многолетними насаждениями, га; Y_{CP} – средняя урожайность сельскохозяйственной культуры и многолетних насаждений, сложившаяся за предшествующие пять лет (для многолетних насаждений с учетом периодичности плодоношения), с посевной (посадочной) площади сельскохозяйственного товаропроизводителя, ц/га; $Y_{\text{Ф}}$ – урожайность сельскохозяйственной культуры и многолетних насаждений (для многолетних насаждений с учетом плотности посадок) с посевной (посадочной) площади в текущем году, ц/га; $Ц$ – цена реализации сельскохозяйственной продукции, руб.

Среднюю урожайность сельскохозяйственной культуры и многолетних насаждений (ц/га), сложившуюся за предшествующие пять лет (для многолетних насаждений с учетом периодичности плодоношения), с посевной (посадочной) площади рассчитывают следующим образом:

$$Y_{\text{CP}} = [(B_1/P_1) + (B_2/P_2) + (B_3/P_3) + (B_4/P_4) + (B_5/P_5)]/5,$$

где B_1, B_2, B_3, B_4, B_5 – валовой сбор урожая сельскохозяйственной культуры и многолетних насаждений за предшествующие пять лет, ц; P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 – посевная (посадочная) площадь урожая сельскохозяйственной культуры и многолетних насаждений за предшествующие пять лет, га.

Урожайность сельскохозяйственной культуры и многолетних насаждений (для многолетних насаждений (ц/га) с учетом плотности посадок) с посевной (посадочной) площади в текущем году определяют следующим образом:

$$Y_{\text{Ф}} = B_{\text{Ф}}/P_{\text{Ф}},$$

где $B_{\text{Ф}}$ – валовой сбор урожая сельскохозяйственной культуры и многолетних насаждений в текущем году, ц; $P_{\text{Ф}}$ – посевная (посадочная) площадь сельскохозяйственной культуры и многолетних насаждений, га.

Размер утраты (гибели) или частичной утраты посадок многолетних насаждений сельскохозяйственного товаропроизводителя (руб.), включая питомники, составляет

$$U_1 = K_{\text{Н}} \cdot B_{\text{С}},$$

где U_1 – размер утраты (гибели) или частичной утраты посадок многолетних насаждений, включая питомники, руб.; $K_{\text{Н}}$ – количество погибших насаждений сельскохозяйственного товаропроизводителя, шт.; $B_{\text{С}}$ – остаточная балансовая стоимость одного многолетнего насаждения сельскохозяйственного товаропроизводителя, руб.

Определение размера утраты (гибели) сельскохозяйственных животных

Размер утраты (гибели) сельскохозяйственных животных определяется отдельно по видам животных по следующим группам: основное стадо и молодняк или животные на откорме.

Для основного стада сельскохозяйственных животных размер утраты (гибели) сельскохозяйственных животных определяют по формуле

$$U = \Pi_{\Gamma} \cdot B_{\text{С}}, \text{ руб.},$$

где U – размер утраты (гибели) поголовья основного стада сельскохозяйственных животных, руб.; Π_{Γ} – погибшее поголовье основного стада сельскохозяйственных животных, гол.; $B_{\text{С}}$ – балансовая стоимость одной головы основного стада сельскохозяйственных животных, руб.

Для молодняка или животных на откорме размер утраты (гибели) рассчитывают по формуле

$$U_1 = \Pi_{\Gamma} \cdot M_{\Gamma} \cdot C_{\text{ПР}}, \text{ руб.},$$

где U_1 – размер утраты (гибели) поголовья молодняка (животных) на откорме, руб.; Π_{Γ} – погибшее поголовье молодняка или животных на откорме, гол.; M_{Γ} – масса одной головы молодняка или животных на откорме, ц; $C_{\text{ПР}}$ – себестоимость привеса одного центнера молодняка или животных на откорме, руб/ц.

Определение процента снижения объема производства

Определение процента снижения объема производства по сравнению со средним уровнем объема производства сельскохозяйственной продукции за предыдущие три года определяется по формуле

$$C_i = U_{it} \cdot 100 / [(V_{it1} + V_{it2} + V_{it3}) / 3], \%,$$

где C_i – процент снижения объема производства i -вида сельскохозяйственной продукции, %; U_{it} – размер утраты (гибели) i -вида продукции, руб.; V_{it1} , V_{it2} , V_{it3} – объем производства i -вида продукции за три предыдущих года, руб.

Контрольные вопросы и задания по разделу

1. Кто имеет право на страховые выплаты?
2. Как определить размер утраты (гибели) или частичной утраты (недобора) урожая сельскохозяйственных культур и урожая многолетних насаждений?
3. Как определяется размер утраты (гибели) сельскохозяйственных животных?
4. Приведите методику расчета и определение процента снижения объема производства.

2.3. Чрезвычайные ситуации и методы защиты в условиях их реализации

Пожары, взрывы и аварии как сложные причинно-следственные явления возникают на объектах, где имеются горючие и взрывоопасные вещества и источники зажигания. На предприятиях в больших объемах применяются смазочные вещества, взрывоопасные и горючие газы и жидкости. В технологических процессах используют термические устройства, расплавленный металл, открытое пламя. Многие процессы сопровождаются выделением искр и тепла, следовательно, имеются потенциальные предпосылки для пожаров и взрывов.

Практическая работа № 9 «Определение вида пожара и его последствий»

В зависимости от величины пожарной нагрузки, ее размещения по площади помещения пожары бывают следующих видов: локальный; объемный, регулируемый пожарной нагрузкой; объемный, регулируемый вентиляцией.

Локальный пожар возможен при следующих условиях:

площадь участка, на котором размещена пожарная нагрузка, не превышает допустимых значений, приведенных в табл. 2.30;

расстояние между границами участков ℓ не превышает значений, рассчитанных по формулам

$$h > 3d; \ell = 4d; h < 3d; \ell = 7d - h,$$

где h – высота помещения, м; d – диаметр круглого участка или большая сторона прямоугольного участка размещения пожарной нагрузки, м.

Таблица 2.30

Предельные размеры площади участка при локальном пожаре

Объем помещения, м ³	Твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы	ЛВЖ и ГЖ
До 10 ³	20	100
От 10 ³ до 2 · 10 ³	3	200
От 2 · 10 ³ до 3 · 10 ³	55	300
От 3 · 10 ³ до 5,5 · 10 ³	100	300
От 5,5 · 10 ³ до 7,5 · 10 ³	150	700
От 7,5 · 10 ³ до 10 ⁴	200	900
От 10 ⁴ до 2 · 10 ⁴	300	1300

Более $2 \cdot 10^4$	400	2000
----------------------	-----	------

Вид объемного пожара определяют из соотношений:

$Q_{д1} < Q_{ккр}$ – в помещении будет пожар, регулируемый нагрузкой;
 $Q_{д1} > Q_{ккр}$ – в помещении будет пожар, регулируемый вентиляцией,

где $Q_{д1}$ – пожарная нагрузка, приведенная к древесине на 1 м^2 ограждающих конструкций помещения

$$Q_{д1} = \Sigma(P_i \cdot Q_n) / [(6 F_{пол} - F_{пр}) Q_{нд}], \text{ кг/м}^2,$$

где P_i – общее количество пожарной нагрузки i -го компонента твердых горючих и трудногорючих материалов, кг; Q_n – низшая теплота сгорания i -го компонента материала пожарной нагрузки, МДж/кг; $F_{пр}$ – суммарная площадь проемов помещения, м^2 ; $Q_{нд}$ – низшая теплота сгорания древесины, МДж/кг (принимают $Q_{нд} = 13,85 \text{ МДж/кг}$); $Q_{ккр}$ – удельное критическое количество пожарной нагрузки для помещения

$$Q_{ккр} = [4 500 \Pi^3 / (1 + 500 \Pi^3)] + [V^{0,333} / (6 V_o)], \text{ кг/м}^2,$$

где Π – проемность помещения:

$$\Pi = \Sigma[F_{при} \cdot (h_{при})^{1/2}] / V^{0,667}, \text{ м}^{0,5} \text{ – для помещения объемом } V \leq 10 \text{ м}^3;$$

$$\Pi = \Sigma[F_{при} \cdot (h_{при})^{1/2}] / F_{пол}, \text{ м}^{0,5} \text{ – для помещения объемом } V > 10 \text{ м}^3;$$

где $F_{при}$ – площадь i -го проема помещения, м^2 ; $h_{при}$ – высота i -го проема помещения, м; V_{oi} – количество воздуха, необходимое для сгорания 1 кг материала i -й пожарной нагрузки, $\text{нм}^3/\text{кг}$ (принимают по справочной литературе).

Для каждого вида пожара определяют площадь пожара и параметры, характеризующие его воздействие на здание и оборудование.

Для локальных пожаров площадь пожара (м^2) при тушении привозными средствами равна площади размещения пожарной нагрузки, а для объемных составляет

$$F_{пожоб} = \pi (V_l \cdot V_{свг})^2,$$

где V_l – линейная скорость распространения горения по поверхности, м/мин; $V_{свг}$ – время свободного горения, мин.

Для объемных пожаров при неэффективном действии всех средств тушения площадь пожара $F_{пожоб}$ равна площади объекта.

Продолжительность локального пожара рассчитывают по формуле

$$t_d = Q_1/V,$$

где Q_1 – пожарная нагрузка на 1 м^2 участка; V – средняя скорость выгорания пожарной нагрузки, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$.

Для объемных пожаров продолжительность пожара составит, ч

$$t_{об} = [\Sigma(P_i \cdot Q_{рн}) / [(6285 \text{ А}) (h_{пр})^{1/2}] [n_{ср} \cdot \Sigma P_i / (\Sigma n_i \cdot P_i)],$$

где h_p – высота проемов помещения, м; $n_{ср}$ – средняя скорость выгорания древесины, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{мин})$; n_i – средняя скорость выгорания i -го компонента твердого горючего или трудногорючего материала, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{мин})$.

Вид пожара учитывают при обосновании выбора способа пожаротушения (по площади, объему или локальному) автоматическими установками.

В зависимости от продолжительности пожара по номограммам определяют эквивалентную продолжительность пожара $t_{эКВ}$; она характеризует продолжительность стандартного пожара, последствия от воздействия которого эквивалентны воздействию реального пожара на строительную конструкцию.

Возможность разрушения несущих конструкций, а также конструкций перекрытия или покрытия в зоне пожара определяют на основе сравнения эквивалентной продолжительности $t_{эКВ}$ пожара с пределом огнестойкости конструкций $\Pi_{ок}$:

$t_{эКВ} < \Pi_{ок}$ – конструкция не теряет несущей способности;

$t_{эКВ} > \Pi_{ок}$ – конструкция теряет несущую способность.

Задача

Двухэтажное здание бытового обслуживания, расположенное в г. Канске Красноярского края, используется для ремонта бытовой и радиоэлектронной техники. Площадь застройки – 1800 м^2 , развернутая площадь – 3600 м^2 . Категория здания по пожарной опасности – В (пожароопасность). Несущие стержневые элементы из стальных незащищенных конструкций, стены, перегородки, перекрытия и покрытия из негорючих листовых или плитных материалов с негорючим утеплителем. Конструктивное решение здания отвечает требованиям III степени огнестойкости, класс конструктивной пожарной опасности – С0, максимальный предел огнестойкости несущих элементов здания – R 15. Количество воздуха, необходимое для сгорания 1 кг

материала пожарной нагрузки, $V_{oi} = 4,2 \text{ м}^3/\text{кг}$. Пожарная нагрузка, размещенная в помещениях здания, приведена в табл. 2.31.

Средняя скорость выгорания древесины $n_{cp} = 2,4 \text{ кг}/(\text{м}^2 \text{ мин})$.

Определить вид пожара, рассчитать его продолжительность и последствия.

Таблица 2.31

Данные о пожарной нагрузке в здании

Помещения	Пожарная нагрузка, МДж/м ²
Административное	650
Производственные	400
Бытовые	350
Зал вычислительной техники	650
Складское	1750

Решение

1. Время прибытия первого подразделения пожарной охраны к месту вызова в городских поселениях и городских округах не должно превышать 10 мин.

2. Наихудшим вариантом развития пожара принимаем пожар в складском помещении высотой $h = 2,5 \text{ м}$, площадью $F = 30 \text{ м}^2$. В помещении размещена наибольшая пожарная нагрузка – 3 918 кг.

Общее количество пожарной нагрузки, приведенное к древесине, составляет $P_i \approx 126,35 \text{ кг}$.

Высота проемов $h_{пр} = 1,8 \text{ м}$, площадь проемов $F_{пр} = 7,2 \text{ м}^2$.

3. Так как объем помещения более 10 м^3 , проемность помещения рассчитываем по формуле

$$\Pi = (F_{пр} \cdot h_{пр})^{1/2} / F_{пол} = (7,2 \cdot 1,8)^{1/2} / 30 = 0,12 \text{ м}^{0,5}.$$

4. Отношение $h/(\Pi)^{1/2} = 2,5/0,12^{1/2} \approx 7,22$.

5. Количество воздуха, необходимое для сгорания 1 кг материала пожарной нагрузки,

$$V_o = \Sigma(V_{oi} \cdot P_i) / \Sigma P_i = 4,2 \cdot 126,35 / 3\,918 \approx 0,135 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

6. Удельное критическое количество пожарной нагрузки для помещения

$$\begin{aligned} Q_{кр} &= [4\,500 \Pi^3 / (1 + 500 \Pi^3)] + [V^{0,333} / (6 V_o)] = \\ &= [4\,500 \cdot 0,12^3 / (1 + 500 \cdot 0,12^3)] + [75^{0,333} / (6 \cdot 0,135)] \approx 9,4 \text{ кг}/\text{м}^2. \end{aligned}$$

7. Пожарная нагрузка, приведенная к древесине на 1 м² ограждающих конструкций помещения,

$$Q_{д1} = \Sigma(P_i \cdot Q_n) / [(6 (F_{пол})^{0,667} - F_{пр}) Q_{нд}] = 126,35 \cdot 13,4 / [(6 \cdot 30^{0,667} - 7,2) 13,85] \approx 2,4 \text{ кг/м}^2.$$

Так как $Q_{д1} < Q_{ккр}$, то в помещении будет пожар, регулируемый нагрузкой, продолжительностью

$$t_{п} = 126,35 \cdot 13,4 / [6 \cdot 285 \cdot 7,2 (1,8)^{1/2}] \approx 0,03 \text{ ч} \approx 18 \text{ мин.}$$

8. По графику (рис. 2.11) в зависимости от продолжительности пожара t и отношения 7,22 определяем эквивалентную продолжительность пожара: $t_{эkv} \approx 4$ мин.

Так как эквивалентная продолжительность пожара $t_{эkv} = 4$ мин не превышает предел огнестойкости несущих элементов – 15 мин (0,25 ч), следовательно, в результате пожара обрушения несущих элементов и перехода пожара с этажа на этаж не произойдет.

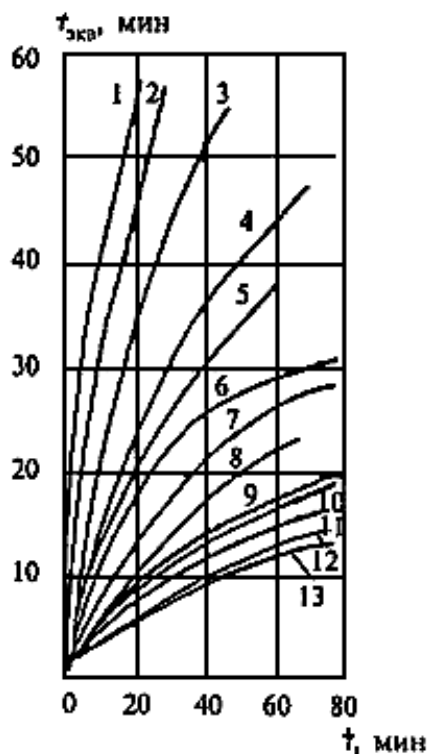


Рис. 2.11. Зависимость эквивалентной продолжительности пожара от времени пожара для горизонтальных незащищенных металлических конструкций в условиях пожаров при отношении $h/(\Pi)^{1/2}$:

- 1 – 1,2; 2 – 1,6; 3 – 2,0; 4 – 2,4; 5 – 2,8; 6 – 3,2; 7 – 3,6;
8 – 4,0; 9 – 4,4; 10 – 4,8; 11 – 5,2; 12 – 5,6; 13 – 6,0

Практическая работа №10

«Определение категории производственных помещений по взрывопожарной и пожарной опасности»

Категорию производственных и складских помещений по взрывопожарной и пожарной опасности определяют согласно СП 12.13130.2009 в такой последовательности:

выявляют номенклатуру и количество опасных веществ (пылей, газов, аэрозолей), находящихся в обращении;

по справочным данным определяют характеристики взрывопожароопасности веществ;

выбирают оборудование и агрегаты, содержащие наибольшее количество веществ;

анализируют возможные аварийные ситуации и выбирают наиболее неблагоприятную из них, когда в помещение поступает наибольшее количество веществ.

Задача

В помещении свободным объемом $V_{св} = 450 \text{ м}^3$ разбита 20-литровая бутылка с ацетоном. Плотность ацетона $\rho_a = 792 \text{ кг/м}^3$.

Определить категорию помещения по взрывопожарной и пожарной опасности, категорию взрывоопасности технологического блока, необходимую площадь легкообрасываемых конструкций.

Решение

1. Количество ацетона в бутылки

$$G = \rho_a \cdot V = 792 \cdot 0,02 = 15,84 \text{ кг.}$$

2. Скорость испарения ацетона

$$W = 10^{-6} \cdot \eta \cdot M^{1/2} \cdot P_H = 10^{-6} \cdot 3,5 \cdot 58,08^{1/2} \cdot 24,35 = 649,5 \cdot 10^{-6} \text{ кг/с,}$$

где $\eta = 3,5$ – коэффициент испарения; $M = 58,08$ – молекулярная масса ацетона; $P_H = 24,35 \text{ кПа}$ – давление насыщенных паров ацетона; $F = 20 \text{ м}^2$, так как 1 л жидкости разливается на 1 м^2 площади пола.

3. Время испарения всего ацетона

$$\tau = G/(W \cdot F) = 15,84/(649,5 \cdot 10^{-6} \cdot 20) = 1219,4 \text{ с.}$$

4. Из формулы ацетона C_3H_6O находим число атомов углерода $n_C = 2$; водорода $n_H = 6$; кислорода $n_O = 1$; галоидов $n_X = 0$.

5. Стехиометрическая концентрация паров ацетона в воздухе

$$C_{ст} = 100/(1 + 4,8 \beta) = 100/(1 + 4,84 \cdot 4) = 4,91 \%,$$

где

$$\beta = n_C + [(n_H - n_X)/4] - (n_0/2) = 3 + [(6 - 0)/4] - (1/2) = 4.$$

6. Избыточное давление взрыва

$$\Delta P = (P_{MAX} - P_0) \cdot G \cdot Z \cdot 100/(V_{СВ} \cdot \rho_{ПГ} \cdot C_{СТ} \cdot K_H) = \\ = (572 - 101) \cdot 15,84 \cdot 0,3 \cdot 100/(450 \cdot 2,408 \cdot 4,91 \cdot 3) = 14,02 \text{ кПа},$$

где $P_{max} = 572$ кПа; $P_0 = 101$ кПа – атмосферное давление; $Z = 0,3$ – коэффициент участия горючего во взрыве; $\rho_{ПГ} = 2,408$ кг/м³ – плотность пара, газа; $K_H = 3$ – коэффициент неплотности помещения.

Поскольку $\Delta P > 5$ кПа, а температура вспышки паров ацетона < 28 °С, помещение, согласно СП 12.13130.2009, относится к категории А – повышенная взрывопожароопасность.

Практическая работа № 11 **«Расчет необходимого расхода воды** **на различных системах пожаротушения»**

Противопожарное водоснабжение подразделяют на системы наружного и внутреннего пожаротушения. Нормативный расход воды на наружное пожаротушение (табл. 2.32) зависит от возможного числа одновременных пожаров на объекте. Для промышленных объектов число одновременных пожаров принимают равным одному при площади территории предприятия до 150 га и двум – при площади более 150 га.

Таблица 2.32

Нормативный расход воды на наружное пожаротушение

Степень огнестойкости здания	Категория здания по взрывопожарной и пожарной опасности	Расход воды, л/с, на один пожар при объеме здания, тыс. м ³						
		до 3	3–5	5–20	20–50	50–200	200–400	более 400
I, II	Г, Д	10	10	10	10	15	20	25
I и II	А, Б, В	10	10	15	20	30	35	40
III	Г, Д	10	10	15	25	–	–	–
III	В	10	10	15	25	–	–	–
IV, V	Г, Д	10	15	20	30	–	–	–
IV, V	В	15	20	25	–	–	–	–

Необходимость устройства внутреннего водопровода определяется назначением помещений, зданий, их этажностью, высотой, объемом. Нормы расхода воды на внутреннее пожаротушение принимают из расчета на две пожарные струи производительностью не менее 2,5 л/с каждая. Тогда расчетный запас воды, м³, на непрерывное тушение пожара в течение 3 ч составит

$$Q = 3 \cdot 3600 \cdot n/1000 \approx 11 \cdot n,$$

где 3600 и 1000 – переводные коэффициенты часов в секунды и литров в метры кубические соответственно; n – расход воды на внутреннее (5 л/с) и наружное пожаротушение (табл. 2.32).

Задача

Определить необходимый объем противопожарного запаса воды, требуемую продолжительность его пополнения и дополнительный объем противопожарного запаса воды для промышленного здания I степени огнестойкости объемом 45 000 м³. Категория здания по взрывопожарной опасности – Б (взрывопожароопасность). Дебит источника водоснабжения Д = 2 л/с.

Решение

1. Расход воды на внутреннее пожаротушение

$$Q_{\text{в}} = 3 \cdot 3600 \cdot n_{\text{в}}/1000 \approx 11 \cdot 5 = 55 \text{ м}^3.$$

2. Расход воды на наружное пожаротушение

$$Q_{\text{н}} = 3 \cdot 3600 \cdot n_{\text{н}}/1000 = 11 \cdot 20 = 220 \text{ м}^3.$$

3. Требуемая продолжительность пополнения противопожарного запаса воды

$$T = 1000 \cdot Q_{\text{в}}/Д = 55000/2 = 27500 \text{ с} = 27500/3600 \approx 7,64 \text{ ч}.$$

Практическая работа № 12 «Расчет автоматических установок пожаротушения»

Расчет водопенных установок пожаротушения ведется в такой последовательности:

определяют группу защищаемого помещения (табл. 2.33);

по данным табл. 2.34 устанавливают параметры водопенных установок пожаротушения – интенсивность подачи воды, пенообразователя и площадь орошения;

общий расход воды и раствора пенообразователя получают произведением интенсивности подачи на площадь орошения.

Таблица 2.33

Группы помещений, производств, технологических процессов

Группа	Перечень помещений, производств, технологических процессов, защищаемых от пожаров
1	Книгохранилища, библиотеки, музеи, концертные и кинозалы, вычислительные центры, магазины, гостиницы, больницы
2	Окрасочные, промывочные с применением ЛВЖ и горючих жидкостей (ГЖ), деревообрабатывающие, текстильные, кожевенные производства, помещения целлюлозно-бумажные, с применением резинотехнических изделий, обслуживание автомобилей (пожарная нагрузка от 200 до 2000 МДж/м ²)
3	Производство резинотехнических изделий
4	Производство горючих натуральных и синтетических волокон, компрессорные станции, переработка горючих газов, ЛВЖ и т.п. (пожарная нагрузка свыше 2000 МДж/м ²)
5	Склады несгораемых материалов в сгораемой упаковке
6	Склады твердых сгораемых материалов
7	Склады лаков, красок, ЛВЖ, ГЖ, пластмасс, резины, каучука, смол

Задача

В цехе дробления резиновой крошки площадью 2000 м² рассчитать автоматическую установку водопенного пожаротушения.

Решение

1. Группа защищаемого помещения – 3 (табл. 2.33).
2. Интенсивность подачи воды в защищаемое помещение 0,24 л/(м² · с), а пенообразователя (ПО) – 0,12 л/(м² · с) – табл. 2.34.
3. Площадь орошения 12 м² (табл. 2.34).
4. Расход воды

$$Q_{\text{в}} = 0,24 \cdot 12 = 2,88 \text{ л/с.}$$

5. Расход пенообразователя

$$Q_{\text{ПО}} = 0,12 \cdot 12 = 1,44 \text{ л/с.}$$

Таблица 2.34

Параметры сприклерных установок пожаротушения

Группа производства, помещения, технологического процесса	Интенсивность орошения, л/(м ² ·с)		Площадь орошения сприклера, м ²	Площадь для расчета расхода, м ²	Время работы установки, с	Расстояние между оросителями, м
	воды	раствора ПО				
1	0,08	–	12	120	30	4
2	0,12	0,08	12	240	60	4
3	0,24	0,12	12	240	60	4
4	0,30	0,15	12	360	60	4
5	0,32	0,16	9	180	60	3
6	0,4	0,24	9	180	60	3
7	–	0,40	9	180	–	3

Установки тушения пожаров газовыми составами предназначены для тушения и локализации пожаров в тех случаях, когда применение других средств тушения не дает требуемого эффекта или ограничено какими-либо условиями.

В установках газового пожаротушения используют следующие огнетушащие вещества: диоксид углерода CO₂, перфторбутан C₄F₈, азот N₂, аргон Ar, составы 3,5 и 3,5В (на основе бромистого этила).

Задача

Рассчитать установку для тушения пожара углекислотой, если известны: объем защищаемого помещения $W_{\text{п}} = 200 \text{ м}^3$, коэффициент, учитывающий особенности процесса газообмена, утечки углекислоты через неплотности и проемы защищаемого помещения, $K_{\text{у}} = 1,9$; длина трубопровода от установки до места тушения загорания $\ell = 90 \text{ м}$.

Решение

1. Необходимое количество огнегасительного состава, кг

$$G_{\text{Г}} = G_{\text{В}} \cdot W_{\text{п}} \cdot K_{\text{у}} + G_{\text{О}},$$

где $G_{\text{В}} = 0,7 \text{ кг/м}^3$ – огнегасительная концентрация газового состава для углекислоты; $G_{\text{О}} = 0,2 \cdot G_{\text{Г}}$ – количество углекислоты, остающейся в установке после окончания ее работы, кг.

Тогда

$$G_r = 0,7 \cdot 200 \cdot 1,9 + 0,2 \cdot G_r;$$

$$G_r = 332,5 \text{ кг.}$$

2. Необходимое количество рабочих баллонов с углекислотой

$$N_6 = G_r / (V_6 \cdot \rho \cdot \alpha_H) = 332,5 / (25 \cdot 0,625 \cdot 1) = 21 \text{ шт.},$$

где $V_6 = 25$ л – объем баллона, в котором содержится 15,6 кг углекислоты; $\rho = 0,625$ кг/л – плотность углекислоты; α_H – коэффициент, учитывающий наполнение баллона, $\alpha_H = 1$;

3. Количество резервных баллонов

$$N_p = N_6 = 21 \text{ шт.}$$

4. Пропускная способность трубопровода

$$G = 0,1 [P_1 \cdot \gamma_1 / (2 \cdot A \cdot \ell)]^{1/2} = 0,1 [50 \cdot 10^{-4} \cdot 625 / (2 \cdot 0,044 \cdot 90)]^{1/2} = 0,06 \text{ кг/с,}$$

где $P_1 = 50$ кг/см² – удельное давление углекислоты в начале трубопровода (в баллонах); $\gamma_1 = 625$ кг/м³ – удельный вес углекислоты в начале трубопровода (в баллонах); $A = 0,044$ – $0,027$ – удельное сопротивление трубопровода при условном диаметре трубопровода 40 мм.

Задача

Для помещения категории В объемом $V = 300$ м³ рассчитать установку пожаротушения огнегасительным составом 3,5. Площадь постоянно открытых проемов в помещении составляет $S_o = 6$ м². Длина трубопровода 60 м, диаметр 40 мм.

Решение

1. Расчетное количество состава 3,5, кг

$$q_p = k \cdot q_H \cdot V,$$

где $k = 1,13$ – $1,25$ – коэффициент компенсации неучитываемых потерь огнегасительного состава; q_H – норма расхода состава, кг/м³, для помещений категории В $q_H = 0,22$ (см. табл. 2.32).

Тогда

$$q_p = 1,25 \cdot 0,22 \cdot 300 = 82,5 \text{ кг.}$$

2. Дополнительный расход состава 3,5 на открытые проемы определяется из расчета 2 кг на 1 м² площади S_o. В нашем случае он равен

$$2 \cdot 6 = 12 \text{ кг.}$$

3. Дополнительный расход состава на потери в трубопроводе зависит от длины трубопровода и его диаметра, для примера он равен 5,7 кг/с. При расчетном времени состава 3,5 для помещений категории В этот расход равен

$$5,7 \cdot 2 = 11,4 \text{ кг.}$$

Поэтому уточненное расчетное количество состава

$$q'_p = 82,5 + 12 + 11,4 = 105,9 \text{ кг.}$$

4. Общее количество состава 3,5

$$q_{\text{общ}} = 1,1 q'_p = 1,1 \cdot 105,9 = 116,49 \text{ кг,}$$

где 1,1 – коэффициент, учитывающий остаток состава в баллонах.

5. Расчетное число баллонов

$$n_p = q_{\text{общ}}/q_{\text{бал}}, \text{ шт.,}$$

где q_{бал} – количество состава, заряжаемого в один баллон емкостью 40 л, для состава 3,5 q_{бал} = 46 кг.

Тогда

$$n_p = 116,49/46 = 2,53.$$

Вывод: принимаем расчетное число баллонов n_p = 3, а с учетом резервного запаса n'_p = 3 · 2 = 6 баллонов.

Задача

Объем склада для хранения твердых материалов $V = 120 \text{ м}^3$, высота 4,5 м. Негерметичность $K = 0,5 \%$ (отношение суммарной площади проемов к площади ограждающих конструкций).

Рассчитать количество генераторов типа «Габар-П» для пожаротушения склада.

Решение

1. Поскольку защищаемый объем $V = 100 \text{ м}^3$, выбираем генератор «Габар-П-6» (табл. 2.35).

Таблица 2.35

Характеристика генераторов «Габар-П»

Показатель	Габар П-2	Габар П-6	Габар П-10
Диаметр, мм	300	510	510
Высота, мм	365	535	535
Масса, кг	15	50	60
Масса заряда, кг	2	6	10
Защищаемый объем помещения, м^3	До 60	До 130	До 210
Время выпуска АОС, с	30 ± 5	35 ± 5	40 ± 5
Огнетушащая концентрация АОС, $\text{кг}/\text{м}^3$	0,05	0,05	0,05

2. Количество генераторов

$$N = q_n \cdot V \cdot K_1 \cdot K_2 / Q, \text{ шт.},$$

где $q_n = 0,005 \text{ кг}/\text{м}^3$ – нормативная огнетушащая концентрация АОС; Q – масса заряда ТТК одного генератора, кг (см. табл. 2.35); K_1 – коэффициент, учитывающий неравномерность заполнения помещения (при высоте помещения до 3 м $K_1 = 1,2$; при высоте до 12 м – $K_1 = 1,3$); K_2 – коэффициент, учитывающий негерметичность помещения (при негерметичности помещения 0,5 % $K_2 = 1,2$; при негерметичности 1,5 % – $K_2 = 1,9$)

$$N = 0,05 \cdot 100 \cdot 1,3 \cdot 1,2 / 6 = 1,3 \text{ шт.}$$

Вывод: принимаем два генератора.

Практическая работа № 13

«Расчет необходимого времени эвакуации из помещения»

Количество и общую ширину эвакуационных выходов определяют в зависимости от максимального числа эвакуирующихся через них людей и предельно допустимого расстояния от наиболее удаленного места возможного пребывания людей (рабочего места) до ближайшего эвакуационного выхода СП 1.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы».

Необходимое время эвакуации людей из помещений и зданий устанавливают по расчету времени движения одного или нескольких людских потоков через эвакуационные выходы от наиболее удаленных мест размещения людей – по времени выхода из него последнего человека.

Расчетная схема эвакуации представляет собой отдельно выполненную или возможно нанесенную на план здания схему, на которой отражены:

- количество людей на начальных участках – источниках (проходы между рабочими местами, оборудованием, рядами кресел и т. п.);
- направление их движения (маршруты);
- геометрические параметры участков пути (длина, ширина) и виды участков пути.

Расчетная схема эвакуации должна учитывать ситуацию, при которой хотя бы один человек находится в наиболее удаленной от выхода из здания (сооружения) точке.

При расчете весь путь движения людского потока разделяют на участки (проход, коридор, дверной проем, лестничный марш, тамбур).

Пути движения людей и выходы высотой менее 1,9 м и шириной менее 0,7 м при составлении расчетной схемы эвакуации не учитывают, за исключением случаев, установленных в нормативных документах по пожарной безопасности.

Рассмотрев количество людей на начальных участках пути, определяют направление их движения.

Длину (вдоль оси пути) и ширину каждого участка пути эвакуации принимают по проекту. Определение длины отличается для горизонтальных и наклонных путей. К наклонным путям относятся лестницы и пандусы. Свободная ширина b наклонного пути, например лестничного марша, принимается в свету – от перил до стены. Длину

наклонного пути L принимают по истинному его значению. Этажные и междуэтажные площадки в целях упрощения и облегчения вычислений, учитывая их небольшие размеры и меньшую сложность движения по ним в сравнении с лестничными маршами, допускается отнести к наклонным путям. Тогда средняя длина наклонного пути в пределах одного этажа для двухмаршевых лестниц, с учетом движения по площадкам, составит

$$L = L' / \cos \alpha, \text{ м,}$$

где L' – горизонтальная проекция длины наклонного пути, м; α – угол наклона к горизонту (не допуская серьезной погрешности, длина пути по двухмаршевой лестнице равна его утроенной высоте $H - L = 3 \cdot H$).

Пандусы, если их наклон незначителен (меньше 1:8), можно относить к горизонтальным путям, при более значительных наклонах – к лестницам. Длину наклонного пути также определяют по его оси.

Пути движения в пределах здания обычно пересекаются дверными проемами, декоративными порталами, имеют сужения за счет различных архитектурных или технологических элементов, выступающих из плоскости ограждений. Такие местные сужения независимо от их характера называются проемами шириной b . Длину пути в проеме можно не учитывать, если она не превышает 0,7 м, т. е. длину одного шага, в противном случае движение в проеме рассматривают как движение на самостоятельном расчетном участке горизонтального пути.

Лестничные клетки являются центрами тяготения людских потоков (для первого этажа – выходы наружу), на входе в которые заканчивается второй этап эвакуации. Поэтому расчетные схемы составляют для каждой части этажа, по которой люди эвакуируются через предусмотренную для этого лестничную клетку, имеющую выход наружу.

При выходе людей на участок «неограниченной» ширины, например в вестибюль, ширина пути b будет зависеть от количества людей N и длины ℓ участка: $b = 4$ м при $N < 100$ чел. и $\ell \leq 6$ м; $b = 6$ м – в остальных случаях.

Расчетное время эвакуации определяют в зависимости от параметров движения людского потока:

плотности (отношение площади эвакуационных путей, занятой людьми, к площади эвакуационных путей) и скорости движения;

интенсивности движения (число людей, проходящих через 1 м ширины эвакуационного пути или эвакуационного выхода за 1 мин); конструктивно-планировочных решений эвакуационных путей и выходов (ширины, длины и др.).

Расчетное время эвакуации определяют как сумму времени движения людского потока по участкам пути, мин

$$t_p = t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_i,$$

где t_1 – время движения людского потока на первом участке пути, мин

$$t_1 = \ell_1 / V_1,$$

где ℓ_1 – длина первого участка пути, м; V_1 – скорость движения людского потока на первом участке, м/мин (принимают по СП 1.13130.2009 в зависимости от плотности).

Плотность людского потока на первом участке пути, чел/м²

$$D_i = N_1 \cdot f / (\ell_1 \cdot \delta_1),$$

где N_1 – число людей на первом участке, чел.; f – средняя площадь горизонтальной проекции человека, м² (для взрослого человека в летней одежде $f = 0,1$ м², в весенне-осенней – $f = 0,113$ м² и в зимней одежде – $f = 0,125$ м²); δ_1 – ширина первого участка пути, м; t_2, t_3, \dots, t_i – время движения людского потока на каждом из следующих после первого участка пути, мин.

При плотности людского потока более 0,5 образуется скопление людей на рассматриваемом участке. В этом случае необходимо пересмотреть конструктивно-планировочные решения эвакуационных путей и выходов.

Скорость движения людского потока (м/мин) на участках пути, следующих после первого, принимают (СП 1.13130.2009) в зависимости от значения интенсивности движения людского потока по каждому из этих участков пути

$$q_i = q_{i-1} \cdot \delta_{i-1} / \delta_i,$$

где δ_i, δ_{i-1} – ширина рассматриваемого i -го и предшествующего ему участка пути, м; q_i, q_{i-1} – интенсивность движения потока по рассматриваемому i -му и предшествующему участкам пути, м/мин (определяют по СП 1.13130.2009 в зависимости от плотности потока).

Рассчитанные значения интенсивности движения людского потока сравнивают с максимальными, которые составляют, м/мин:

для горизонтальных путей	16,5
дверных проемов	19,6
лестницы вниз	16
лестницы вверх	11

Если значение $q_i \leq q_{\max}$, то определяют время движения людского потока по участку пути.

Если на каком-либо участке пути значение $q_i \geq q_{\max}$, то ширину данного участка увеличивают на такое значение, при котором соблюдается условие $q_i \leq q_{\max}$.

Необходимое время эвакуации людей (мин) рассчитывают с учетом времени появления опасных факторов пожара $t_{кр}^{опф}$ и коэффициента безопасности, равного 0,8, т. е.

$$t_{необх} = 0,8 \cdot t_{кр}^{опф},$$

где $t_{кр}^{опф}$ – критическая продолжительность пожара по условию достижения каждым из опасных факторов пожара (повышенная температура, потеря видимости, пониженное содержание кислорода и каждого из токсичных газообразных продуктов горения), мин. Методика расчета приведена в ГОСТ 12.1.004-91.

Необходимое время эвакуации людей из производственных помещений I, II и III степени огнестойкости принимают по табл. 2.36.

Таблица 2.36

Необходимое время эвакуации людей

Категория помещения по взрывопожарной и пожарной опасности	Необходимое время эвакуации, мин, при объеме помещения, тыс. м ³				
	до 15	30	40	50	60 и более
А, Б	0,5	0,75	1	1,5	1,75
В	1,25	2	2	2,5	3
Г, Д	Не ограничивается				

Примечания. При использовании табл. 2.36 учитывают дополнения к ней:

1. *Необходимое время эвакуации, указанное в табл. 2.36, установлено для производственных помещений высотой до 6 м. При высоте помещений более 6 м необходимое время эвакуации увеличивается: при высоте помещений до 12 м – на 20, до 18 м – на 30 и 24 м и более – на 40 %.*

2. *Необходимое время эвакуации людей с этажерок, площадок, галерей и других рабочих мест, расположенных выше отметки, равной половине высоты помещения, уменьшается вдвое по сравнению с данными, приведенными в табл. 2.36.*

Задача

Определить параметры эвакуации $N = 50$ чел. в домашней одежде из помещения шириной $A = 15$ м, длиной $B = 30$ м через дверной проем в стене толщиной $b = 0,7$ м шириной $b_{\text{пр}} = 1,6$ м. Площадь, не занятая оборудованием, составляет 30 % от площади помещения.

Решение

1. Расстояние движения наиболее удаленного человека от дверного проема

$$L = (A/2) + B = (15/2) + 30 = 37,5 \text{ м.}$$

2. Площадь помещения, не занятая оборудованием,

$$S = 0,3 \cdot A \cdot B = 0,3 \cdot 15 \cdot 30 = 135 \text{ м}^2.$$

3. Плотность движения людского потока в помещении

$$D_{\text{п}} = N \cdot f/S = 50 \cdot 0,1/135 = 0,04 \text{ чел/м}^2.$$

4. По СП 1.13130.2009 в зависимости от плотности $D_{\text{п}}$ принимаем: скорость движения потока $V_{\text{п}} = 100$ м/мин; интенсивность движения $q_{\text{п}} = 4$ м/мин.

5. Поскольку $q_{\text{п}} < q_{\text{max}}$, $4 < 16,5$, то время движения наиболее удаленного человека к дверному проему составит

$$t_{\text{п}} = L/V_{\text{п}} = 37,5/100 = 0,375 \text{ мин.}$$

6. Интенсивность движения людского потока в дверном проеме

$$q_{\text{пр}} = q_{\text{п}} \cdot A/b_{\text{пр}} = 4 \cdot 15/1,6 = 37,5 \text{ м/мин.}$$

7. Поскольку $q_{\text{пр}} > q_{\text{max}}$, $37,5 > 19,6$, то ширину данного участка эвакуационного пути надо увеличить, так как проем не в состоянии пропустить всех и перед ним образуется скопление людей.

Предусмотрим два дверных проема шириной b' по 1,6 м каждый. Тогда интенсивность движения людского потока через один проем составит

$$q'_{\text{пр}} = q_{\text{п}} \cdot A/(2 b'_{\text{пр}}) = 4 \cdot 15/(2 \cdot 1,6) = 18,75 \text{ м/мин.}$$

Сравниваем полученное значение с критическим: $18,75 < 19,6$, поэтому время движения людского потока через дверной проем составит

$$t_{\text{пр}} = v/V_{\text{пр}} = 0,7/36 = 0,02 \text{ мин},$$

где $V_{\text{пр}}$ – скорость движения потока через дверной проем, принимаем в зависимости от $q_{\text{пр}}$, м/мин.

Практическая работа № 14 «Расчет молниезащиты объекта»

Устройство молниезащиты – это система, позволяющая защитить здание, сооружение или промышленные коммуникации от воздействий молнии; включает в себя устройства защиты от прямых ударов молнии (внешняя молниезащитная система – МЗС) и устройства защиты от вторичных воздействий молнии (внутренняя МЗС). В частных случаях молниезащита может содержать только внешние или только внутренние устройства.

Внешняя МЗС в общем случае состоит из молниеприемников, токоотводов и заземлителей.

Молниеприемник непосредственно воспринимает прямой удар молнии; может быть специально установленным, в том числе на объекте, либо его функции выполняют конструктивные элементы защищаемого объекта; в последнем случае они называются естественными молниеприемниками.

Молниеприемники могут состоять из произвольной комбинации следующих элементов: стержней, натянутых проводов (тросов), сетчатых проводников (сеток).

Следующие конструктивные элементы зданий и сооружений могут рассматриваться как естественные молниеприемники:

а) металлические кровли защищаемых объектов при условии, что:

электрическая непрерывность между разными частями обеспечена на долгий срок;

толщина металла кровли составляет не менее величины t , приведенной в Инструкции по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций, если необходимо предохранить кровлю от повреждения или прожога;

толщина металла кровли составляет не менее 0,5 мм, если ее обязательно защищать от повреждений и нет опасности воспламенения находящихся под кровлей горючих материалов;

кровля не имеет изоляционного покрытия. При этом небольшой слой антикоррозионной краски, или слой 0,5 мм асфальтового покрытия, или слой 1 мм пластикового покрытия не считается изоляцией;

неметаллические покрытия на/или под металлической кровлей не выходят за пределы защищаемого объекта;

б) металлические конструкции крыши (фермы, соединенная между собой стальная арматура);

в) металлические элементы типа водосточных труб, украшений, ограждений по краю крыши и т. п., если их сечение не меньше значений, предписанных для обычных молниеприемников;

г) технологические металлические трубы и резервуары, если они выполнены из металла толщиной не менее 2,5 мм и проплавление или прожог этого металла не приведет к опасным или недопустимым последствиям;

д) металлические трубы и резервуары, если они выполнены из металла толщиной не менее значения t , приведенного в Инструкции по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций, и если повышение температуры с внутренней стороны объекта в точке удара молнии не представляет опасности.

Несущая конструкция несет на себе молниеприемник и токоотвод, объединяет все элементы молниеотвода в единую механически прочную конструкцию.

Токоотвод, соединяющий молниеприемник с заземлителем, предназначен для пропускания тока молнии. Молниеприемник состоит:

- из стержней, установленных на отдельно стоящих опорах (или одной опоре), на каждую опору должен быть предусмотрен минимум один токоотвод;

- отдельно стоящих горизонтальных проводов (тросов) или из одного провода (троса), на каждый конец троса требуется минимум по одному токоотводу.

Если молниеприемник представляет собой сетчатую конструкцию, подвешенную над защищаемым объектом, на каждую ее опору требуется не менее одного токоотвода. Общее количество токоотводов должно быть не менее двух.

Следующие конструктивные элементы зданий могут считаться естественными токоотводами:

а) металлические конструкции при условии, что:

- электрическая непрерывность между разными элементами является долговечной и соответствует требованиям п. 3.2.4.2 указанной выше Инструкции;

- они имеют не меньшие размеры, чем требуются для специально предусмотренных токоотводов. Металлические конструкции могут иметь изоляционное покрытие;

б) металлический каркас здания или сооружения;

в) соединенная между собой стальная арматура здания или сооружения;

г) части фасада, профилированные элементы и опорные металлические конструкции фасада при условии, что их размеры соответствуют указаниям, относящимся к токоотводам, а их толщина составляет не менее 0,5 мм.

Металлическая арматура железобетонных строений считается обеспечивающей электрическую непрерывность, если она удовлетворяет следующим условиям:

- примерно 50 % соединений вертикальных и горизонтальных стержней выполнены сваркой или имеют жесткую связь (болтовое крепление, вязка проволокой);

- электрическая непрерывность обеспечена между стальной арматурой различных заранее заготовленных бетонных блоков и арматурой бетонных блоков, подготовленных на месте.

Заземлитель служит для отвода тока молнии от молниеприемника с токоотвода в землю. Во всех случаях, за исключением использования отдельно стоящего молниеотвода, заземлитель молниезащиты следует совместить с заземлителями электроустановок и средств связи. Если эти заземлители должны быть разделены по каким-либо технологическим соображениям, их следует объединить в общую систему с помощью системы уравнивания потенциалов.

Целесообразно использовать следующие типы заземлителей: один или несколько контуров, вертикальные (или наклонные) электроды, радиально расходящиеся электроды или заземляющий контур, уложенный на дне котлована, заземляющие сетки.

Заземлитель в виде наружного контура предпочтительно прокладывать на глубине не менее 0,5 м от поверхности земли и на расстоянии не менее 1 м от стен. Заземляющие электроды должны располагаться на глубине не менее 0,5 м за пределами защищаемого объекта и быть как можно более равномерно распределенными; при этом стремятся свести к минимуму их взаимное экранирование.

Глубину закладки и тип заземляющих электродов выбирают из условия обеспечения минимальной коррозии, а также возможно меньшей сезонной вариации сопротивления заземления в результате высыхания и промерзания грунта.

Здания и сооружения, подлежащие молниезащите, подразделяют на три категории согласно СО 153.34.21.122-2003 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций»:

к I категории относятся здания и сооружения, в которых хранятся и перерабатываются в открытом виде взрывчатые вещества или внутри которых длительно сохраняются или систематически образуются смеси газов, паров или пыли горючих веществ с воздухом или другими окислителями, способными взорваться от электрической искры. Защиту таких зданий и сооружений осуществляют отдельно стоящими молниеотводами;

к II категории относятся здания и сооружения, в которых взрывчатые или легковоспламеняющиеся вещества хранятся прочно закупоренными, а взрывоопасные смеси газов, паров или пыли могут возникать только во время аварий. Защиту зданий и сооружений осуществляют как отдельно стоящими молниеотводами, так и молниеотводами, устанавливаемыми на защищаемых объектах;

к III категории относятся все прочие здания и сооружения, в которых воздействие молний может вызвать пожар, разрушения и поражения людей и животных. Защиту зданий и сооружений осуществляют как отдельно стоящими молниеотводами, так и молниеотводами, устанавливаемыми на защищаемых объектах.

Защитное действие молниеотвода характеризуется его зоной защиты (А или Б), т. е. пространством вблизи молниеотвода, вероятность попадания молнии в которое не превышает определенного значения (зона типа А обладает степенью надежности 99,5 % и выше, типа Б – 95 % и выше).

Расчет молниезащиты покажем на примерах.

Задача

Рассчитать молниезащиту склада удобрений, расположенного в г. Красноярске. Высота цеха $H = 10$ м, длина $A = 25$ м, ширина $B = 8$ м. Категория по взрывопожароопасности – Б (взрывопожароопасная). Ожидаемое число ударов молнией в год в здание склада составляет 0,005.

Решение

1. Категория здания склада по молниезащите – II.
2. Поскольку ожидаемое число ударов молнией в год в здание склада < 1 , то зона защиты молниеотвода – Б.

3. Предусматриваем молниезащиту в виде отдельно стоящего стержневого молниеотвода. Расстояние от молниеотвода до ближайшей наружной стены здания склада $\ell = 4$ м.

4. Радиус защиты

$$R_x = [(A/2)^2 + (B + \ell)^2]^{1/2} = [(25/2)^2 + (8 + 4)^2]^{1/2} = 17,33 \text{ м.}$$

5. Высота молниеотвода

$$h = (R_x - 1,63 H)/1,5 = (17,33 - 1,63 \cdot 10)/1,5 = 22,42 \text{ м.}$$

Принимаем высоту молниеотвода $h = 25$ м.

6. Высота вершины конуса зоны молниезащиты

$$h_0 = 0,92 h = 0,92 \cdot 25 = 23 \text{ м.}$$

7. Радиус границы зоны молниезащиты на уровне высоты здания склада

$$r_0 = 1,5 h = 1,5 \cdot 25 = 37,5 \text{ м.}$$

Вывод: поскольку $h_0 > R_x$, $r_0 > H$, следовательно, отдельно стоящий стержневой молниеотвод высотой 25 м обеспечивает защиту склада от прямого удара молнии.

Задача

Для условий предыдущей задачи рассчитать молниезащиту склада одиночным тросовым молниеотводом.

Решение

1. Пункты с 1 по 2 – см. решение предыдущей задачи.
2. Примем высоту расположения стального троса $h = 15$ м.
3. С учетом провеса троса высота опор составит

$$h_{\text{опт}} = h + 2 = 15 + 2 = 17 \text{ м.}$$

4. Радиус зоны защиты на уровне высоты склада

$$r_x = 1,7 [h - (H/0,92)] = 1,7 [15 - (10/0,92)] = 7,02 \text{ м.}$$

5. Высота вершины конуса зоны защиты

$$h_0 = 0,92 h = 0,92 \cdot 15 = 13,8 \text{ м.}$$

6. Радиус границы зоны молниезащиты на уровне земли

$$r_0 = 1,7 h = 1,7 \cdot 15 = 25,5 \text{ м.}$$

Вывод: при $h_0 = 13,8$ м и $r_0 = 25,5$ м защита здания склада от прямых ударов молнии обеспечивается.

Практическая работа № 15

«Расчет вероятности подтопления объекта АПК»

Степень потенциальной подтопляемости территории оценивают с учетом инженерно-геологических и гидрогеологических условий площадки строительства и прилегающих территорий, конструктивных и технологических особенностей проектируемых и эксплуатируемых сооружений, в том числе инженерных сетей.

При прогнозировании подтопления различают два периода времени:

- в течение первого поднимающийся уровень подземных вод или увеличивающаяся влажность грунтов практически еще не оказывают влияния на строительство или эксплуатацию сооружения и территории;
- в течение второго поднимающийся уровень подземных вод и увеличивающееся водонасыщение грунтов оказывают интенсивное, отрицательное по своим последствиям влияние на строительство или эксплуатацию сооружений и территорий.

Первый период определяется как расчетный T_p и принимается для I класса сооружений (повышенный уровень ответственности) равным 25 годам, для II класса (нормальный уровень ответственности) – 15 годам. Если за этот период уровень подземных вод или влажность грунта не достигнут значений H_c или ω_c , то территорию условно следует считать потенциально неподтопляемой и прогнозную оценку потенциальной подтопляемости впоследствии необходимо будет повторить с учетом произошедших за этот период времени изменений природных и техногенных факторов. В этот период происходит в основном формирование явления подтопления.

Во второй период идет только дальнейшее развитие явления подтопления, но этот период является наиболее опасным. Он характеризуется, с одной стороны, проявлением опасных для сооружений и территории последствий подтопления, а с другой – действием на застроенных или застраиваемых территориях различных защитных мероприятий.

В связи с этим различают группы предприятий по количеству потребляемой ими воды, от которого зависит объем возможных утечек. Классификация промышленных предприятий по удельному расходу (потреблению, включающему водоснабжение и водоотведение) воды приведена в табл. 2.37. Определение классификационной группы по табл. 2.37 можно провести и для городской застройки на основе оценки соответствующих удельных расходов воды.

**Классификация промышленных предприятий
по удельному расходу воды**

Классификационная группа предприятия	Удельный расход воды, м ³ /сут на 1 га занимаемой предприятием площади	Отрасль промышленности
А	15000–80000 и более	Целлюлозно-бумажная, энергетическая, частично металлургическая
Б	15000–5000	Горно-обогатительные фабрики и комбинаты, химическая, нефтехимическая, металлургическая отрасли
В	5000–500	Машиностроительная, станкостроительная, трубопрокатные заводы
Г	500–50	Стройматериалов и др.
Д	< 50	Элеваторы, мукомольные заводы, хлебоприемные пункты и т. п.

Оценку потенциальной подтопляемости территории производят на основании критерия потенциальной подтопляемости Р

$$P = (h_e - \Delta h) / H_c,$$

где h_e – уровень подземных вод (УПВ) до начала подтопления, определяемый по данным инженерных изысканий, м (отсчет ведется от поверхности земли); $\Delta h = f(x, y, t, \omega_0)$ – величина возможного прогнозного подъема подземных вод, м (в точке с координатами (x, y) и в момент времени t при их дополнительном питании ω_0); ω_0 – величина дополнительного инфильтрационного питания или в данном случае техногенная нагрузка, м³/сут на 1 м² территории, определяется ориентировочно на основе стационарных режимных наблюдений (основной способ) или по аналогии; в большинстве случаев носит случайный характер; H_c – критический подтопляющий уровень подземных вод, м (отсчет ведется от поверхности земли).

При невозможности определения средней скорости подъема уровня подземных вод оценку производят на основе сравнения природных условий застраиваемой площадки с типовыми схемами (табл. 2.38), а также характеристики проектируемого сооружения по количеству потребляемой воды на 1 га площади (см. табл. 2.37).

**Типовые схемы природных условий территорий,
подверженных подтоплению**

Номер схемы природных условий	Типовые литологические разрезы	Тол- щина слоя, м	Глубина залегания подземных вод h_B , м	Гидрологические зоны увлажнения и их географическая приуроченность
1	Слой 1 – лессовидные суглинки и супеси просадочные, фильтрационно-аназотронные. Слой 2 (водоупор) – глины, песчаники, аргиллиты, известняки и др.	До 25	15–25	Зона переменного увлажнения (Уфимское плато, Среднерусская возвышенность, долина р. Дон, Западная Сибирь, Азово-Черноморская полоса)
2	Слой 1 – супеси, суглинки, пески флювиогляциальные. Слой 2 – (водоупор относительный) – глины и суглинки моренные	До 15	До 10	Зона избыточного увлажнения (центральные и северо-западные районы европейской части бывшего СССР)
3	Слой 1 – суглинки или супеси покровные малой мощности. Слой 2 (водоупор) – глины набухающие	1–5	Более 15	Зона недостаточного и частично переменного увлажнения (Среднее и Нижнее Поволжье, Приволжская низменность, Северный Кавказ)
4	Слой 1 – суглинки, супеси, пески пылеватые, мелкие, крупные, галечники. Слой 2 (водоупор) – коренные породы различного возраста	До 10	5–10	Зона переменного увлажнения (центральные районы европейской части бывшего СССР, западный и восточный склоны Урала, Восточная Сибирь)

При $P \leq 1$ и $t_c \leq T_p$ (t_c – период времени, в течение которого наступает $H_c = h_e - \Delta h$) территорию признают потенциально подтопляемой, а потенциально неподтопляемой – при $t_c > T_p$.

За критический подтопляющий уровень подземных вод принимается такое его положение (существующее или возможное) в рас-

смаатриваемом пункте территории и в заданный момент времени, при котором возникает:

а) подтопление заглубленных помещений, сооружений и коммуникаций и затопление котлованов и траншей при строительстве;

б) обводнение грунтов оснований в активной зоне, ведущее к снижению прочностных и деформационных свойств грунтов, осадкам, просадкам, набуханию грунтов оснований и т. д.;

в) интенсификация существующих или возникновение новых инженерно-геологических процессов (оползни, карст, пучение и т. д.);

г) коррозия металла и бетона подземных сооружений и конструкций;

д) засоление грунтов (в том числе вторичное), вызывающее гибель растений;

е) ухудшение санитарных условий, требующее поддержания необходимой влажности в подвальных и заглубленных помещениях и т. д.

Таким образом, величина H_C характеризует требования объекта к подземным водам с точки зрения создания условий, необходимых для его нормальной эксплуатации. Величина H_C указывается проектной организацией в техническом задании на изыскания на основании позиций «а», «г»–«е». При заданной величине H_C в некоторых случаях дополнительно следует учитывать и эффективную высоту капиллярного поднятия.

Степень потенциальной подтопляемости (интенсивности возможного подтопления территории) удобно определять временем t_C достижения уровня подземных вод критических значений при их подъеме, $P = 1$. При этом будем иметь

$$\Delta h = h_B - H_C.$$

При известном выражении Δh (решение конкретной фильтрационной задачи) методом последовательных приближений определяют время t_C , при котором подъем уровня достигает критических значений H_C .

При использовании данных табл. 2.38, из которых определяют скорость подъема V , величину t_C находят по формуле

$$t_C = (h_B - H_C)/V.$$

Далее определяют степень потенциальной подтопляемости:

для I класса сооружений первая степень потенциальной подтопляемости (наиболее опасная) – подтопление происходит через 5 и ме-

нее лет, вторая степень – через 10, третья – через 15, четвертая – через 20 и пятая – через 25 лет;

для II класса сооружений – только первые три степени потенциальной подтопляемости.

При проведении оценок потенциальной подтопляемости под отдельные здания и сооружения целесообразным является выявление действующих факторов подтопления (локальных и региональных, главным образом внутренних), а также установление характерного режима подземных вод на данной площадке и прилегающих территориях, что во многих случаях может быть выполнено простым обследованием территории с учетом конструктивных и технологических особенностей проектируемых и эксплуатируемых зданий и сооружений, в том числе водонесущих коммуникаций.

Для ответственных сооружений при соответствующем обосновании выполняется количественный прогноз изменения уровня подземных вод с учетом техногенных факторов на основе специальных комплексных исследований, включающих как минимум годовой цикл стационарных наблюдений за режимом подземных вод. В случае необходимости для выполнения указанных исследований, помимо изыскательской организации, должны привлекаться в качестве исполнителей специализированные проектные или научно-исследовательские институты.

Для выполнения количественной прогнозной оценки подтопляемости должна быть заблаговременно создана стационарная гидрогеологическая сеть (сеть наблюдательных скважин, пунктов наблюдений за динамикой влажности, балансовых площадок) и проведен цикл наблюдений. Длительный цикл режимных наблюдений особенно важен для застроенной территории, продолжительность предпрогнозного цикла гидрогеологических наблюдений которой определяется необходимостью выявления закономерностей формирования водного режима и характеристикой режимообразующих факторов; для территории, на которой уже начался подъем уровня (напора) подземных вод, – необходимостью выявления и характеристикой факторов подтопления (в том числе интенсивности дополнительной инфильтрации). Точность выполненной количественной оценки в значительной мере определяется возможностью установления мест утечек, их интенсивностью и сроками существования, а также возможностью учета их изменений за прогнозируемый период времени.

Если при прогнозируемом уровне подземных вод возможно недопустимое ухудшение физико-механических свойств грунтов основания, развитие неблагоприятных физико-геологических процессов, нарушение условий нормальной эксплуатации заглубленных помещений и т. п., в проекте должны предусматриваться соответствующие защитные мероприятия, в частности:

гидроизоляция подземных конструкций;

мероприятия, ограничивающие подъем уровня подземных вод, включающие утечки из водонесущих коммуникаций и т. п. (дренаж, противодиффузионные завесы, устройство специальных каналов и т. д.);

мероприятия, препятствующие механической или химической суффозии грунтов (дренаж, шпунт, закрепление грунтов);

устройство стационарной сети наблюдательных скважин для контроля развития процесса подтопления, своевременного устранения утечек и т. д.

Задача

Проектируется строительство элеватора в Восточной Сибири на площадке с критическим подтопляющим уровнем подземных вод $H_C = 10$ м. По данным изысканий, на стадии выбора площадки природные условия соответствуют схеме № 4 (см. табл. 2.38). По количеству потребляемой воды (менее $50 \text{ м}^3/\text{сут}$ на 1 га) элеватор относится к группе Д (см. табл. 2.37).

Сочетание схемы природных условий с предприятием группы Д соответствует IV типу территории по ее потенциальной подтопляемости, т. е. возможность подтопления ее минимальна. Скорость подъема грунтовых вод $V = 0,1$ м/год, т. е. за 10 лет $\Delta h = 1$ м.

Критерий потенциальной подтопляемости элеватора

$$P = (h_B - \Delta h)/H_C = (15 - 1)/10 = 1,4.$$

Вывод: территория строительства элеватора не является потенциально подтопляемой, так как $P > 1$.

Время t_C достижения уровня подземных вод критических значений при их подъеме

$$t_C = t_C = (h_B - H_C)/V = (15 - 10)/0,1 = 50 \text{ лет}.$$

Вывод: территория элеватора по степени потенциальной подтопляемости ниже пятой ($t_C > 25$ лет), т. е. данную территорию следует считать условно потенциально неподтопляемой.

Практическая работа № 16

«Расчет последствий химической аварии на объекте АПК»

К химически опасным объектам (ХОО) относят предприятия, где обращаются (производятся, транспортируются, хранятся, утилизируются, уничтожаются) опасные химические вещества (ОХВ).

К числу показателей, характеризующих аварийную опасность ХОО, относят количество населения, проживающего в зоне возможного загрязнения при потенциальной аварии.

Перечень ОХВ и их предельное количество на объекте определены Федеральным законом «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».

Причинами аварий на ХОО являются недостаточная надежность и отказы в работе отдельных технических систем и агрегатов, нарушение правил безопасности работ, ошибочные действия персонала и др. Приведем примеры некоторых химических аварий.

В Тамбовском ОАО «Пигмент» 13 февраля 2002 г. при пуске аммиачного компрессора в цехе аммиачных холодильных установок произошел гидравлический удар, в результате которого разрушился корпус цилиндра высокого давления и смесь аммиака поступила в производственное помещение.

В ОАО «Турса» г. Южно-Сахалинска 27 августа 2002 г. произошла авария на аммиачно-холодильной установке с выбросом аммиака. Причина аварии – короткое замыкание из-за нарушения изоляции на контактных клеммах электроцита машинного отделения.

На одном из мясокомбинатов в Новосибирской области произошел выброс аммиака из системы охлаждения. Отравления различной степени тяжести получили 30 чел., 1 чел. погиб.

На базе хранения мороженого в г. Нальчике произошел взрыв холодильной камеры с аммиаком. Последствия аварии: 6 чел. погибли, 6 чел. получили травмы различной тяжести.

Аварии с ОХВ классифицируют:

- по месту аварии:
промышленная площадка;
транспортное средство;
- по типу источника очага химического заражения:
активный;
пассивный;
скрытный;

- по масштабу аварии:

частная авария – авария, связанная с незначительной утечкой ОХВ;

объектовая авария – авария, сопровождающаяся образованием зоны заражения, глубина которой не превышает радиуса санитарно-защитной зоны объекта;

местная авария – авария, сопровождающаяся образованием зоны заражения, глубина которой достигает жилой застройки;

региональная авария – авария, в результате которой зона заражения ОХВ распространяется в глубь жилых районов; такие аварии связаны с полным разрушением крупной единичной емкости или группы емкостей;

глобальная авария – авария, связанная с полным разрушением всех хранилищ на крупном ХОО; такие аварии возможны в военное время или в результате крупной диверсии (теракта), а также в результате стихийного бедствия;

- по характеру заражения:

только атмосферы;

атмосферы и почвы (воды);

только почвы (воды);

- по путям воздействия на людей;

- по сопутствующим поражающим факторам:

скорости поражающего воздействия;

глубине распространения заражения среды с критическими концентрациями:

мощности и времени действия очага заражения и др.

При аварийном выбросе химически опасное вещество поступает в атмосферу в виде газа, пара или аэрозоля (рис. 2.12), образуя в зависимости от физических свойств и агрегатного состояния ОХВ:

первичное облако зараженного воздуха, т. е. облако, формирующееся в результате мгновенного (1–3 мин) перехода ОХВ в атмосферу;

вторичное облако зараженного воздуха, т. е. облако, образующееся при испарении разлившегося ОХВ с подстилающей поверхности.

При возникновении аварии формируются:

зона химического загрязнения – территория, на которую распространилось облако, загрязненное ОХВ;

зона химического поражения – территория, в пределах которой в результате воздействия ОХВ произошло массовое поражение людей.

Последствия аварии связаны с тремя основными характеристиками зон химического загрязнения и поражения: масштабами, опасностью и продолжительностью, что влияет на массовость поражения и ущерб от аварии.

Массовость поражения людей при химической аварии определяется как абсолютной численностью пораженных, так и их удельным весом среди населения. Массовые случаи условно разделяют по интенсивности поражения (количество случаев на 1 тыс. населения) следующим образом: низкая – до 20; средняя – 21–50; высокая – 51–100; очень высокая – свыше 100.



Рис. 2.12. Формирование поражающих факторов при аварии на химически опасном объекте

Оценка химической обстановки – это определение масштабов и степени заражения окружающей среды ОХВ, возникающего при аварии на объектах экономики, жизнедеятельности и оказывающего влияние на здоровье персонала, населения и ликвидацию последствий.

Исходными данными для оценки химической обстановки являются: общее количество ОХВ на объекте и данные о размещении их запасов в технологических емкостях и трубопроводах;

количество ОХВ, выброшенного в атмосферу, и характер его разлива на подстилающей поверхности («свободно», «в поддон» или «в обваловку»);

высота поддона или обваловки емкости;

метеорологические условия: температура воздуха, скорость ветра на высоте 10 м (на высоте флюгера), степень вертикальной устойчивости атмосферы.

При заблаговременном прогнозировании масштабов заражения ОХВ в случае аварии в качестве исходных данных принимают выброс ОХВ в максимальной по объему единичной емкости, а для сейсмоопасных районов – общий запас ОХВ на объекте, метеорологические условия – инверсия, скорость ветра 1 м/с.

Для прогноза масштабов заражения непосредственно после аварии в качестве исходных данных принимают конкретные данные о количестве выброшенного ОХВ и реальные метеоусловия.

Масштабы заражения ОХВ определяют:

для сжатых газов – только по первичному облаку;
ядовитых жидкостей, кипящих при температуре окружающей среды, – только по вторичному облаку;
сжиженных газов – отдельно по первичному и вторичному облаку.

При расчете масштабов заражения ОХВ принимают следующие условия:

емкости, содержащие ОХВ, разрушаются полностью;

толщина слоя жидкости для ОХВ (h), разлившейся свободно по подстилающей поверхности, принимается равной 0,05 м по всей площади разлива; для ОХВ, разлившихся в поддон или в обвалование, определяется из соотношений:

- при разливах из емкостей, имеющих самостоятельный поддон (обвалование)

$$h = H - 0,2, \text{ м,}$$

где H – высота поддона (обвалования), м;

- при разливах из емкостей, расположенных группой, имеющих общий поддон (обвалование)

$$h = Q_0 / (F \cdot \rho), \text{ м,}$$

где Q_0 – количество выброшенного (разлившегося) при аварии вещества, т; ρ – плотность вещества, т/м³; F – реальная площадь разлива в поддон (обваловку), м²;

при авариях на газо- и продуктопроводах величина выброса ОХВ принимается равной его максимальному количеству, содержащемуся в трубопроводе между автоматическими отсекающими, например для аммиакопроводов – 275–500 т.

Задача

Произошел разлив 68,5 т сжиженного аммиака в поддон из емкости. Высота обваловки $H = 2$ м. На момент происшествия аварии скорость ветра составляла 3 м/с, температура воздуха 20 °С. Северная граница объекта, где произошел разлив аммиака, находится на расстоянии $S = 200$ м от места аварии. Затем идет санитарно-защитная зона шириной $L = 300$ м, за которой расположен микрорайон. Необходимо оценить масштабы и опасность химического заражения на первые $N = 4$ ч.

Скорость переноса переднего фронта зараженного воздуха при скорости ветра 3 м/с и изотермии $V_n = 18$ км/ч.

Решение

1. Продолжительность действия ОХВ

$$T = (h \cdot \rho) / (K_2 \cdot K_4 \cdot K_7), \text{ ч},$$

где h – толщина слоя ОХВ, м; ρ – плотность ОХВ, т/м³ (табл. 2.40); K_2 – коэффициент, зависящий от физико-химических свойств аварийных химических опасных веществ (АХОВ), (табл. 2.40); K_4 – коэффициент, зависящий от скорости ветра (табл. 2.39); K_7 – коэффициент, учитывающий влияние температуры воздуха (для сжатых газов $K_7 = 1$, табл. 2.40).

Таблица 2.39

Значение коэффициента K_4 в зависимости от скорости ветра

Скорость ветра, м/с	K_4
1	1,0
2	1,33
3	1,67
4	2,0
5	2,34
6	2,67
7	3,0
8	3,34
9	3,67
10	4,0
15	5,68

Таблица 2.40

Характеристика некоторых АХОВ и вспомогательные коэффициенты для определения глубины зоны заражения

АХОВ	Плотность, т/м ³ , газ <hr/> жидкость	Пороговая токсодоза, мг·мин/л	Значение коэффициента							
			K ₁	K ₂	K ₃	K ₇ для температуры воздуха, °С				
						-40	-20	0	20	40
Аммиак (NH ₃)	0,0008	15	0,18	0,025	0,04	0	0,3	0,6	1	1,4
	0,681					0,9	1	1	1	1
Ацетонитрил	–	21,6	0	0,004	0,028	0,02	0,3	1	1	2,6
	0,786									
Ацетогциан- гидрин	–	1,9	0	0,002	0,316	0	0	0,3	1	1,5
	0,932									
Водород фтористый	–	4	0	0,028	0,15	0,1	0,2	0,5	1	1
	0,989									
Водород хлористый	0,0016	2	0,28	0,037	0,3	0,4	0,6	0,8	1	1,2
	1,191					1	1	1	1	1
Сероводород	0,0015	16,1	0,27	0,042	0,036	0,3	0,5	0,8	1	1,2
	0,964					1	1	1	1	1
Сернистый ангидрид	0,0029	1,8	0,11	0,049	0,333	0	0	0,3	1	1,7
	1,462					0,2	0,5	1	1	1
Сероуглерод	–	45	0	0,021	0,013	0,1	0,2	0,4	1	2,1
	1,263									
Фтор	0,0017	0,2	0,95	0,038	3,0	0,7	0,8	0,9	1	1,1
	1,512					1	1	1	1	1
Хлор	0,0032	0,6	0,18	0,052	1,0	0	0,3	0,6	1	1,4
	1,553					0,9	1	1	1	1

Примечание.

Значение плотности газообразных АХОВ приведены для атмосферного давления; при давлении в емкости, отличном от атмосферного, плотности определяются путем умножения данных на значение давления в атмосферах (1 атм = 760 мм рт. ст.).

Пороговые значения токсодоз определены ориентировочно расчетом по соотношению $D = 240 \cdot K \cdot ПДК_{р.з.}$ – предельно допустимая концентрация рабочей зоны по ГОСТ 12.1.005-88, мг/л: где $K = 5$ для раздражающих ядов, $K = 29$ для всех прочих ядов.

Значение K_7 приведены в числителе – для первичного облака, в знаменателе – для вторичного облака.

Таким образом, продолжительность действия ОХВ составит:

$$T = (2 - 0,2) 0,681 / (0,025 \cdot 1,67 \cdot 1,0) = 29,4 \text{ ч.}$$

2. Поскольку аммиак находится в сжиженном состоянии, расчет масштабов заражения производим по первичному и вторичному облаку.

3. Эквивалентное количество АХОВ в первичном облаке (т. е. такое количество хлора, как наиболее опасное из АХОВ, масштаб за-

ражения которым при инверсии эквивалентен масштабу заражения при конкретной степени вертикальной устойчивости атмосферы – изотермии)

$$Q_{31} = K_1 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot K_7 \cdot Q_0, \text{ т,}$$

где K_1 – коэффициент, зависящий от условий хранения ОХВ (для сжатых газов $K_1 = 1$); K_3 – коэффициент, равный отношению пороговой токсодозы хлора к пороговой токсодозе аммиака (табл. 2.40); K_5 – коэффициент, учитывающий степень вертикальной устойчивости атмосферы: при инверсии – 1, при изотермии – 0,23, при конвекции – 0,08. Степень вертикальной устойчивости атмосферы определяют по табл. 2.41; K_7 – коэффициент, учитывающий влияние температуры воздуха (табл. 2.40); для сжатых газов $K_7 = 1$; Q_0 – количество выброшенного (разлившегося) при аварии вещества.

Итак, эквивалентное количество АХОВ в первичном облаке

$$Q_{31} = 0,18 \cdot 0,04 \cdot 0,23 \cdot 1,0 \cdot 68,5 = 0,113 \text{ т.}$$

Таблица 2.41

Степень вертикальной устойчивости атмосферы

Скорость ветра, м/с	Ночь		Утро		День		Вечер	
	Облачность							
	ясно, переменная	сплошная	ясно, переменная	сплошная	ясно, переменная	сплошная	ясно, переменная	сплошная
< 2	ин	из	из (ин)	из	к (из)	из	ин	из
2–3,9	ин	из	из (ин)	из	из	из	из (ин)	из
> 4	из	из	из	из	из	из	из	из

Примечание: ин – инверсия; из – изотермия; к – конвекция; буквы в скобках – при снежном покрове.

4. Эквивалентное количество ОХВ во вторичном облаке

$$Q_{32} = (1 - K_1) \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 (Q_0/h \cdot \rho), \text{ т,}$$

где K_1, K_2, K_3, K_7 – табл. 2.40; K_4 – табл. 2.39; K_5 – коэффициент, учитывающий степень вертикальной устойчивости атмосферы: при инверсии – 1, при изотермии – 0,23, конвекции – 0,08; K_6 – коэффициент, зависящий от времени, прошедшего после начала аварии t , значение коэффициента определяется после расчета продолжительности действия ОХВ (при благоприятном планировании ($t = 4$ ч) – табл. 2.42).

Таблица 2.42

**Значения коэффициента K_6 в зависимости от времени
после аварии t**

t	$t^{0,8}$	t	$t^{0,8}$	t	$t^{0,8}$	t	$t^{0,8}$
0,1	0,158	2,6	2,148	5,1	3,682	7,6	5,066
1,0	1,000	3,5	2,724	6,0	4,198	8,5	5,540
2,5	2,081	5,0	3,624	7,5	5,012	10,0	6,310

Таким образом, эквивалентное количество ОХВ во вторичном облаке

$$Q_{32} = (1 - 0,18) \cdot 0,025 \cdot 0,04 \cdot 1,67 \cdot 0,23 \cdot 4^{0,8} \cdot 1 (68,5/1,8 \cdot 0,681) = 0,053 \text{ т.}$$

5. Глубину зоны заражения первичным облаком, т. е. территории, на которой концентрация аммиака достигает значений, опасных для жизни людей, определяем методом интерполяции по табл. 2.43:

Таблица 2.43

Глубина зоны заражения, км

Скорость ветра, м/с	Эквивалентная масса АХОВ, т					
	0,01	0,1	1,0	10	100	1000
1	0,38	1,25	4,75	19,20	81,91	363
3	0,22	0,68	2,17	7,96	31,30	130
5	0,17	0,53	1,68	5,53	20,82	83,6
7	0,14	0,45	1,42	4,49	16,16	63,16
9	0,12	0,40	1,25	3,96	13,50	51,6
11	0,11	0,36	1,13	3,58	11,74	44,15
13	0,30	0,33	1,04	3,29	10,48	38,90
Более 15	0,10	0,31	0,92	3,07	9,70	34,98

$$\Gamma' = 0,68 + [(2,17 - 0,68)/(1 - 0,1)] (0,49 - 0,1) = 1,33 \text{ км.}$$

6. Глубину зоны заражения вторичным облаком находим по табл. 2.43 методом интерполяции

$$\Gamma'' = 0,22 + [(0,68 - 0,22)/(0,1 - 0,01)] (0,053 - 0,01) = 0,44 \text{ км.}$$

7. Полная глубина заражения аммиаком

$$\Gamma = \Gamma' + 0,5 \Gamma'' = 1,33 + 0,44 \cdot 0,5 = 1,55 \text{ км.}$$

8. Предельно возможное значение глубины переноса воздушных масс

$$\Gamma_H = N \cdot V_n = 4 \cdot 18 = 72 \text{ км.}$$

9. Глубина зоны заражения для микрорайона

$$\Gamma_M = \Gamma - S - L = 1,55 - 200 \cdot 10^{-3} - 300 \cdot 10^{-3} = 1,05 \text{ км.}$$

Вывод: жилые районы микрорайона окажутся в зоне заражения аммиаком.

Практическая работа № 17 **«Расчет противодымной вентиляции** **и необходимого воздухообмена при аварийной вентиляции»**

При возникновении пожара все находящиеся в здании люди должны быть эвакуированы. Из-за особенностей движения воздуха и продуктов сгорания сильному задымлению подвергаются лестничные клетки и лифтовые шахты. Опасные факторы пожара могут представлять смертельную опасность для людей, находящихся в здании.

Основная задача вытяжной противодымной вентиляции заключается в проветривании путей эвакуации и обеспечении в них условий для безопасного выхода людей по эвакуационным путям из здания.

Производительность вытяжных противодымных устройств зависит от дымообразующей способности веществ и материалов (табл. 2.44).

Таблица 2.44

Дымообразующая способность веществ и материалов

Вещества и материалы	Дымообразующая способность D , м ² /кг	
	Тление	Горение
1	2	3
Бутиловый спирт	80	
Бензин А-76	256	
Этилацетат	330	
Циклогексан	470	
Толуол	562	
Дизельное топливо	620	
Древесина	345	23
Древесное волокно (береза, осина)	323	104
Древесно-стружечные плиты	760	90

1	2	3
Древесно-волокнистые плиты	879	130
Фанера	700	140
Сосна	759	145
Береза	756	160
Линолеум ПВХ	200	270
Стеклопластик	640	340
Полиэтилен	1290	890
Табак «Юбилейный», 1-й сорт	240	120
Пенопласт ПВХ-9	2090	1290
Пенопласт ПС-1-200	2050	1000
Резина	1680	850
Полиэтилен высокого давления	1930	790
Пленка ПВХ марки ПДО-15	640	400
Пленка марки ПДСО-12	820	470
Турбинное масло	243	
Лен разрыхленный	3,37	
Ткань вискозная	63	63
Атлас декоративный	32	32
Ткань мебельная полушерстяная	103	116
Репс	50	50
Полотно палаточное	57	58

При расчете производительности вытяжных противодымных устройств исходят из двух предпосылок:

1) в небольших по объему помещениях кислорода относительно немного, и количество образующегося дыма зависит от притока воздуха из смежных помещений и снаружи через проемы в наружных ограждениях. Приток происходит под действием гравитационных сил и давления ветра

$$L_1 = 3584 \Sigma A_{ЭВ} [h_0 (\gamma_H - \gamma) \cdot \rho_H + 0,7 \cdot v^2 \cdot (\rho_H)^2]^{1/2} \text{ К, кг/ч,}$$

где $\Sigma A_{ЭВ}$ – эквивалентная (по расходу) площадь дверей эвакуационных выходов, м^2 ; h_0 – расчетная высота от нижней границы задымленной зоны до середины двери

$$h_0 = 0,5 H + 0,2, \text{ м,}$$

где H – высота наиболее высоких дверей эвакуационных выходов, м ; γ_H – удельный вес наружного воздуха, Н/м^3 ; γ – удельный вес дыма, Н/м^3 (если горят жидкости или газы, принимают $\gamma = 4 \text{ Н/м}^3$, твердые тела – $\gamma = 5 \text{ Н/м}^3$, волокнистые материалы $\gamma = 6 \text{ Н/м}^3$); ρ_H – плотность

наружного воздуха, кг/м^3 ; v – скорость ветра, м/с (при $v = 1 \text{ м/с}$ принимают $v = 0 \text{ м/с}$, а при $v > 1 \text{ м/с}$ – по нормативным данным (параметры Б), но не более 5 м/с); K – коэффициент, принимаемый обычно равным 1 , а в случае гравитационных вытяжных систем при одновременном тушении пожара автоматическими спринклерными системами $K = 1,2$;

2) в помещениях производственных и складских для помещений площадью не более 1600 м^2 массовый расход удаляемых продуктов горения составит

$$L_2 = 676,8 P \cdot y^{1,5} \cdot K, \text{ кг/ч,}$$

где P – периметр очага пожара, принимаемый равным большему из периметров открытых или негерметично закрытых емкостей горючих веществ или мест складирования горючих или негорючих материалов (деталей) в горючей упаковке, м . Для помещений, оборудованных автоматическими спринклерными системами, $P = 12 \text{ м}$; y – расстояние от нижней границы задымленной зоны до пола, м (для помещений принимают $y = 2,5 \text{ м}$).

Требуемая площадь клапанов дымоудаления составит

$$F = L / [\mu (2 \cdot \rho_{\text{ПГ}} \cdot \Delta P_{\text{РАСП}})^{1/2}], \text{ м}^2,$$

где L – массовый расход удаляемых продуктов горения, кг/с ; μ – коэффициент расхода проема дымоудаления; для проемов прямоугольного или квадратного сечения $\mu = 0,64$, для щелей и проемов круглого сечения – $\mu = 0,8$; $\Delta P_{\text{РАСП}}$ – располагаемый перепад давления, Па ; $\rho_{\text{ПГ}}$ – плотность продуктов горения

$$\rho_{\text{ПГ}} = 353 / (t_{\text{ПГ}} + 273), \text{ кг/м}^3,$$

где $t_{\text{ПГ}}$ – температура продуктов горения

$$t_{\text{ПГ}} = \{ Q_K / C_p \cdot L + \alpha [F_{\text{ПОЛ}} + P_{\text{ОГ}} (H - Z)] \} + t_{\text{В}}, \text{ } ^\circ\text{C,}$$

где Q_K – конвективная составляющая мощности очага пожара

$$Q_K = (1 - \varphi) \cdot \eta \cdot Q_p \cdot \psi_{\text{УД}} \cdot F_{\text{Г}}, \text{ кВт,}$$

где φ – доля теплоты, отдаваемой очагом пожара, ограждающим строительным конструкциям (при отсутствии данных рекомендуется принимать $\varphi = 0,4$); η – коэффициент полноты сгорания пожарной нагрузки (принимают $\eta = 0,85\text{--}0,95$); Q_p – теплота сгорания горючей нагрузки, кДж/кг ; $\psi_{\text{УД}}$ – удельная скорость выгорания, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{мин})$; $F_{\text{Г}}$ –

площадь очага пожара, м^2 ; C_p – удельная изобарная теплоемкость воздуха и продуктов горения, $\text{кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$; принимают $C_p = 1,09$; α – коэффициент теплоотдачи от продуктов горения к ограждающим конструкциям для прямоугольного в плане помещения, $\text{кВт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; принимают $\alpha = 0,012$; $F_{\text{пол}}$ – площадь пола помещения, м^2 ; $P_{\text{ог}}$ – периметр ограждающих конструкций, м ; Z – требуемая высота незадымленной зоны от пола помещения, м ; $t_{\text{в}}$ – температура внутреннего воздуха, $^{\circ}\text{С}$.

По справочной литературе, исходя из типоразмерного ряда поперечного сечения, подбираем к установке дымовые клапаны.

Объемный часовой расход удаляемых продуктов горения

$$G = 3600 \cdot L_{\text{у}}/\rho_{\text{пг}}, \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Удаление дыма производится специальными вытяжными дымо-сосными установками (рис. 2.13), способными удалять дымовые газы с высокой температурой.

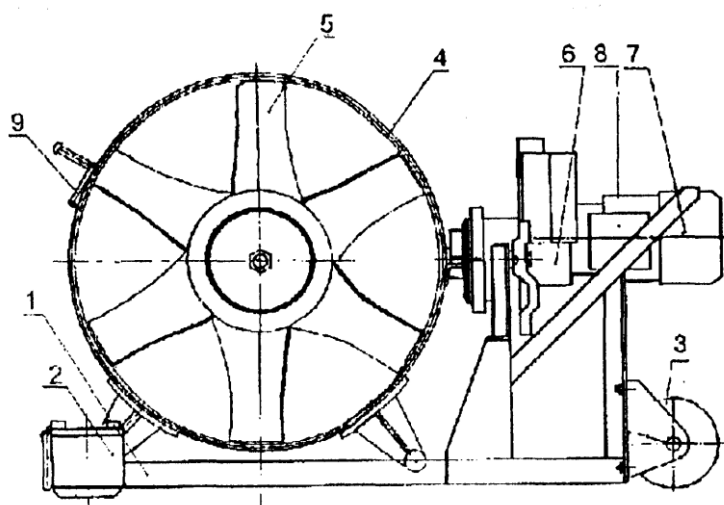


Рис. 2.13. Дымосос:

1 – рама; 2 – опора; 3 – колесо; 4 – обечайка; 5 – лопасть вентилятора;
6 – привод; 7 – электродвигатель; 8 – пульт управления; 9 – ручка

Принцип работы дымососа состоит в том, что за счет разности давлений, создаваемой рабочим колесом, дымовые газы поступают в улитку, где его частицы отбрасываются к периферии и вместе с некоторым количеством воздуха (8–10 %) отводятся в выносной малогабаритный циклон для их окончательного выделения.

Допускается применение крышных вентиляторов (рис. 2.14) в соответствующем исполнении. Промышленность производит вентиляционные установки, способные удалять в течение часа рабочую среду с температурой от 400 до 600 °С.



Рис. 2.14. Крышной вентилятор

Вентиляторы дымоудаления гарантированно сохраняют свою работоспособность в течение:

минимум 120 мин – при температуре рабочей среды до 400 °С;

минимум 60 мин – при температуре рабочей среды до 600 °С.

Присоединение воздухопроводов к вентиляционным установкам обычно производится без гибких вставок или с гибкими вставками из несгораемых материалов. Для обеспечения пожарной безопасности дымоудаляющие установки устанавливают в отдельных вентилируемых помещениях с противопожарными перегородками 1-го типа. Вентиляция помещений, где установлены вытяжные противодымные вентиляторы, должны обеспечивать при пожаре температуру в помещении не выше 60 °С в теплый период года.

Задача

Определить площадь проема дымоудаления из одноэтажного здания прямоугольного в плане и объемного часового расхода удаляемых продуктов горения при следующих исходных данных:

требуемая высота незадымленной зоны $Z = 2,5$ м от пола помещения;

теплота сгорания горючей нагрузки $Q_p = 13850$ кДж/кг;

удельная скорость выгорания $\psi_{уд} = 0,9$ кг/(м² · мин) = 0,015 кг/(м² · с);

площадь очага пожара $F_{\Gamma} = 9 \text{ м}^2$, пола помещения $F_{\text{ПОЛ}} = 1500 \text{ м}^2$;
периметр ограждающих конструкций $L_{\text{ОК}} = 150 \text{ м}$;
температура внутреннего и наружного воздуха соответственно
 $t_{\text{В}} = t_{\text{Н}} = 20 \text{ }^{\circ}\text{С}$;
высота помещения от пола до места выброса продуктов горения
 $H = 6,0 \text{ м}$.

Решение

1. Долю теплоты, отдаваемой очагом пожара, ограждающим строительным конструкциям, принимаем $\varphi = 0,4$.

2. Коэффициент полноты сгорания принимаем $\eta = 0,9$.

3. Конвективная составляющая мощности очага пожара

$$Q_{\text{К}} = (1 - \varphi) \cdot \eta \cdot Q_{\text{Р}} \cdot \psi_{\text{УД}} \cdot F_{\Gamma} = (1 - 0,4) \cdot 0,9 \cdot 13\,850 \cdot 0,015 \cdot 9 \approx 1\,010 \text{ кВт.}$$

4. Массовый расход продуктов горения

$$G_{\text{У}} = 0,032 (Q_{\text{К}})^{3/5} \cdot Z = 0,032 \cdot 1010^{3/5} \cdot 2,5 \approx 5,08 \text{ кг/с.}$$

5. Температура продуктов горения

$$t_{\text{ПГ}} = \{Q_{\text{К}}/C_{\text{Р}} \cdot G_{\text{К}} + \alpha [F_{\text{ПОМ}} + L_{\text{ОК}} (H - Z)]\} + t_{\text{В}} = \\ = \{1010/1,09 \cdot 5,08 + 0,012 [1500 + 150 (6 - 2,5)]\} + 20 \approx 54 \text{ }^{\circ}\text{С.}$$

6. Плотности наружного воздуха $\rho_{\text{Н}}$ и продуктов горения $\rho_{\text{ПГ}}$

$$\rho_{\text{Н}} = 353/(t_{\text{Н}} + 273) = 353/(20 + 273) \approx 1,2 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_{\text{ПГ}} = 353/(54 + 273) \approx 1,08 \text{ кг/м}^3.$$

7. Располагаемый перепад давления, т. е. разность давлений внутри помещения и вне его на уровне проема дымоудаления

$$\Delta P_{\text{РАСП}} = g \cdot (\rho_{\text{Н}} - \rho_{\text{ПГ}}) \cdot (H - Z) = 9,8 \cdot (1,2 - 1,08) \cdot (6 - 2,5) = 4,116 \text{ Па.}$$

8. Требуемая площадь клапанов дымоудаления

$$F_{\text{У}} = G_{\text{У}}/[\mu (2 \cdot \rho_{\text{ПГ}} \cdot \Delta P_{\text{РАСП}})^{1/2}] = 5,08/[0,64 (2 \cdot 1,08 \cdot 4,116)^{1/2}] \approx 2,13 \text{ м}^2.$$

По справочной литературе, исходя из типоразмерного ряда размеров поперечного сечения, подбираем к установке два клапана дымовых КПУ-1М.

9. Объемный часовой расход удаляемых продуктов горения

$$L = 3600 \cdot G_{\text{У}}/\rho_{\text{ПГ}} = 3600 \cdot 5,08/1,08 \approx 16933,33 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

В зданиях, высота которых от планировочной отметки земли до уровня нижнего края оконных и дверных проемов, используемых для спасения людей, верхнего этажа превышает 28 м, нормативными документами регламентируется применение незадымляемых лестничных клеток. По принятой в Российской Федерации классификации незадымляемые лестничные клетки подразделяют на три типа:

Н1 – незадымляемость обеспечивается за счет устройства входов в лестничные клетки через наружную (воздушную) зону по балконам, лоджиям и открытым переходам (рис. 2.15);

Н2 – незадымляемость обеспечивается за счет подачи наружного воздуха при пожаре в объем лестничной клетки (рис. 2.16);

Н3 – незадымляемость обеспечивается за счет подачи наружного воздуха при пожаре в объем тамбур-шлюза перед лестничной клеткой (рис. 2.17).

Тамбур-шлюз – это противопожарная преграда, проходное пространство между дверями, служащее для защиты от проникновения огня, дыма и т. п., из одного помещения в другое.

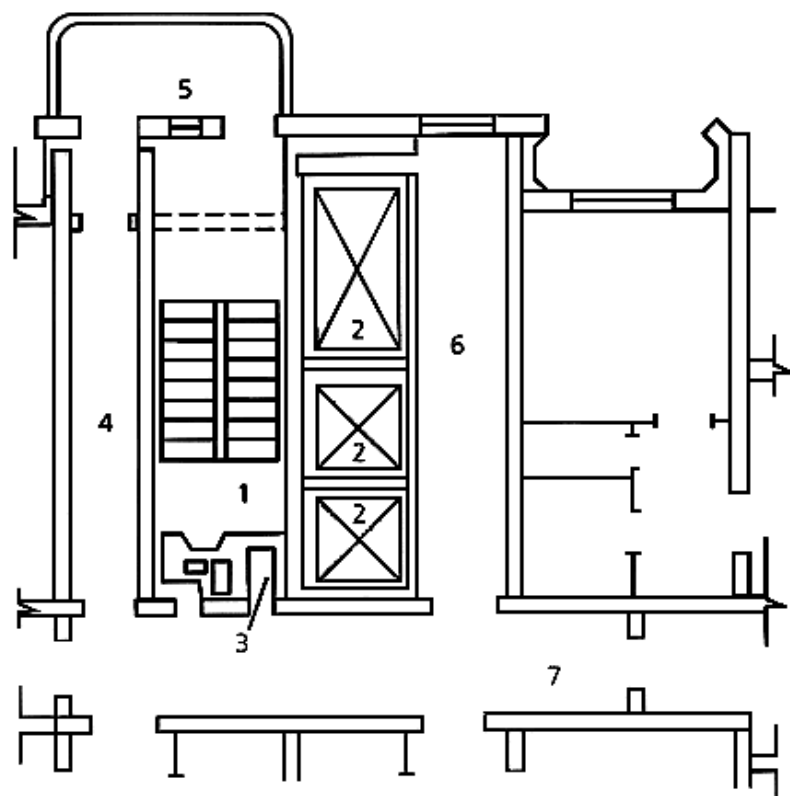


Рис. 2.15. Незадымляемая лестничная клетка типа Н1:
 1 – лестничная клетка; 2 – шахта лифта; 3 – шахта дымоудаления;
 4 – переход в лестничную клетку; 5 – балкон; 6 – лифтовой холл;
 7 – поэтажный коридор

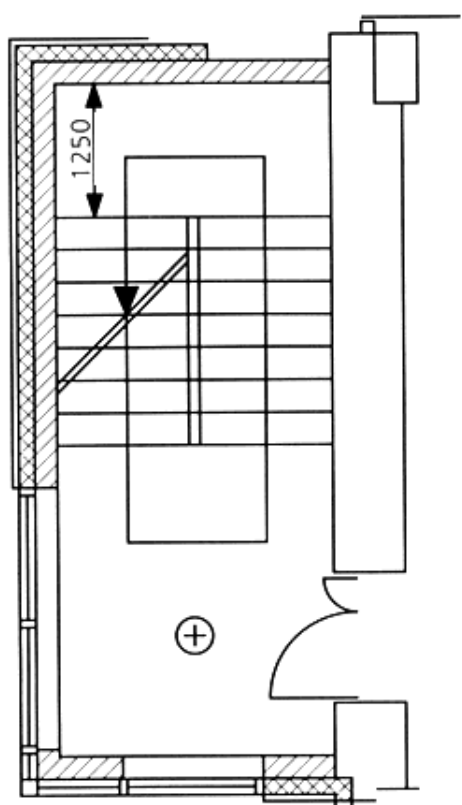


Рис. 2.16. Незадымляемая лестничная клетка типа Н2

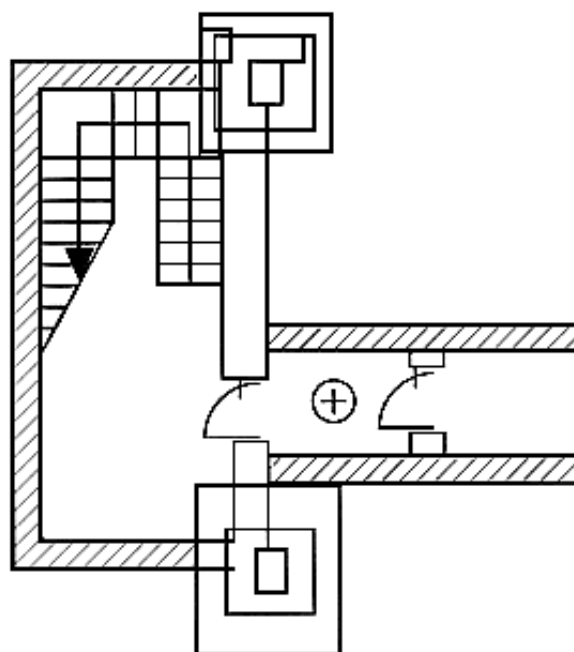


Рис. 2.17. Незадымляемая лестничная клетка типа Н3

С целью предотвращения распространения продуктов горения при пожаре по вертикали в зданиях, оборудованных незадымляемыми лестничными клетками, необходимо устраивать подачу наружного воздуха в шахты лифтов для создания в них избыточного по отношению к смежным помещениям давления. Подпор воздуха создают также в шахтах лифтов, соединяющих подземные и наземные этажи здания, и в тамбур-шлюзах перед такими лифтами в подземных этажах.

Контрольные вопросы и задания по разделу

1. Приведите виды пожаров и их последствия.
2. Как определить категории производственных помещений по взрывопожарной и пожарной безопасности?
3. Приведите методику расчета расхода воды на тушение пожара.
4. Приведите методику расчета времени эвакуации из помещения при пожаре.
5. Как определить вероятность подтопления объекта АПК?
6. Приведите методику расчета последствий химической аварии.
7. Приведите расчет противодымной вентиляции и необходимого воздухообмена при пожаре.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В связи со значительными экономическими потерями, вызванными производственным травматизмом, профессиональными заболеваниями, возрастает значимость разработки новых методов и средств обеспечения безопасности труда, а также новых подходов в обучении безопасности труда.

Содержащиеся в настоящем учебном пособии сведения по безопасности производственных объектов и производств дают общее представление об этой сложной, многофункциональной и разноплановой сфере человеческой деятельности, направленной на обеспечение безопасности труда.

Сложившаяся на рынке труда ситуация требует подготовки специалистов, способных реализовать основные принципы охраны труда на различных уровнях производственной деятельности. Низкое качество подготовки рабочих приводит к высокой текучести и нехватке рабочей силы на работах, связанных с повышенной опасностью в процессе труда и, как следствие, к снижению трудовых ресурсов в связи с производственным травматизмом и профессиональными заболеваниями.

Добиться успеха в области обеспечения безопасности труда можно лишь объединив усилия федеральных и региональных органов по труду, муниципальных образований, государственного надзора и контроля, работодателей и работников, их объединений, а также ученых и специалистов для трудной и кропотливой работы во имя сохранения жизни и здоровья работников.

ЛИТЕРАТУРА

1. Безбородов, Ю.Н. Безопасность и экологичность проекта: учеб. пособие / Ю.Н. Безбородов, Н.Д. Булчаев, Л.Н. Горбунова. – Красноярск: СФУ, 2015. – 148 с. (Электронная библиотека СФУ).
2. Белов, С.В. Безопасность жизнедеятельности. Конспект лекций: в 2 т. / С.В. Белов, А.А. Морозова, В.П. Сивков; под. ред. С.В. Белова. – Москва: ВАСОТ, 1992.
3. Горбунова, Л.Н. Безопасность жизнедеятельности: учеб. пособие / Л.Н. Горбунова, Н. Батов. – Красноярск: СФУ, 2017. – 540 с. (Электронная библиотека СФУ).
4. Долин, П.А. Электробезопасность. Теория и практика: учеб. пособие для вузов / П.А. Долин. – Москва: Изд. дом МЭИ, 2012.
5. Орловский, С.Н. Борьба с лесными, степными и торфяными пожарами: учеб. пособие / С.Н. Орловский. – Красноярск, 2016. – 299 с.
6. Основы промышленной безопасности: учеб. пособие: в 2 ч. / С.И. Васильев, Л.Н. Горбунова, О.Н. Русак [и др.]. – Красноярск: ИПК СФУ, 2009. – Ч. 1. – 617 с.
7. Панова, З.Н. Защита и безопасность в чрезвычайных ситуациях: практикум / З.Н. Панова, М.Г. Неделина. – Красноярск, 2017. – 182 с.
8. Русак, О.Н. Безопасность жизнедеятельности / О.Н. Русак, К.Р. Малаян, Н.Г. Занько. – Санкт-Петербург: Лань, 2000.
9. Чепелев, Н.И. Безопасность жизнедеятельности: учеб. пособие / Н.И. Чепелев, А.Н. Ковальчук, Ю.М. Степанов; Краснояр. гос. аграр. ун-т, Хакас. ф-л. – Красноярск, 2014. – 196 с.
10. Чепелев, Н.И. Надзор и контроль в сфере охраны труда: учеб. пособие / Н.И. Чепелев; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2019. – 178 с.
11. Чепелев, Н.И. Охрана труда в сельскохозяйственном предприятии: учеб. пособие / Н.И. Чепелев; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2019. – 318 с.
12. Чепелев, Н.И. Производственная безопасность: лаборатор. практикум / Н.И. Чепелев, Л.Н. Горбунова; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2020. – 208 с.
13. Чепелев, Н.И. Производственная безопасность в агропромышленном комплексе: учеб. пособие / Н.И. Чепелев, Л.Н. Горбунова; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2020. – 174 с.
14. Эрделевский, А.М. Компенсация морального вреда: анализ законодательства и судебной практики / А.М. Эрделевский. – М.: БЕК, 2000.

БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ

Лабораторный практикум

Электронное издание

Чепелев Николай Иванович

Редактор Т.М. Мاستрич

Подписано в свет 30.05.2022. Регистрационный номер 39
Редакционно-издательский центр Красноярского государственного аграрного университета
660017, Красноярск, ул. Ленина, 117
e-mail: rio@kgau.ru