

**высшее**

**образование**

# **ПРАКТИКУМ ПО БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Под ред. профессора А.В. Фролова



А. В. Вяльцев, Г. В. Казьмина, В. А. Лепихова,  
Н. В. Ляшенко, Б. А. Нагнибеда, С. И. Новиков,  
Т. Ф. Пересунько, Л. А. Резник, В. К. Семененко,  
С. И. Сергеев, В. А. Телегин, А. В. Фролов,  
В. Ф. Цыганков, Н. Н. Чибинев, А. С. Шевченко,  
Н. Г. Шупляк

# **ПРАКТИКУМ ПО БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

---

*Под общей редакцией профессора А. В. Фролова*

*Рекомендовано научно-методическим советом  
по безопасности жизнедеятельности Министерства  
образования и науки в качестве учебного пособия  
для студентов вузов, обучающихся по направлениям  
подготовки и специальностям высшего профессионального  
образования*



Ростов-на-Дону  
«Феникс»  
2009

УДК 614.8 (075.8)  
ББК 68.9я73  
КТК 177  
П69

**Рецензенты:**

доктор технических наук, профессор **Е. И. Богуславский**;  
доктор технических наук, профессор **Л. Э. Шварцбург**

**П69** Практикум по безопасности жизнедеятельности : учебное пособие к лабораторным и практическим работам / под общ. ред. А. В. Фролова. — Ростов н/Д: Феникс, 2009. — 490, [3] с. : ил. — (Высшее образование).

**ISBN 978-5-222-14757-3**

В пособии освещены программные вопросы охраны труда и безопасности жизнедеятельности. Основное внимание уделено правовым и организационным основам охраны труда, системе управления охраной труда, идентификации и воздействию на человека негативных факторов среды обитания и производственной деятельности, обеспечению безопасных и безвредных условий труда, основам пожарной безопасности и безопасности в ЧС. Правовые вопросы и мероприятия по обеспечению безопасности жизнедеятельности рассмотрены с учетом мер по совершенствованию государственного управления, требований новых нормативно-правовых актов и достижений науки и техники.

Книга предназначена для студентов высших учебных заведений всех направлений подготовки бакалавров и специалистов. Она будет также полезна специалистам по охране труда и инженерно-техническим работникам предприятий и организаций, преподавателям вузов и обучающих центров системы профессиональной переподготовки и повышения квалификации по охране труда.

**ISBN 978-5-222-14757-3**

УДК 614.8 (075.8)  
ББК 68.9я73

© Коллектив авторов, 2008  
© ООО «Феникс», 2008

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Приобретение практических навыков по обеспечению безопасности жизнедеятельности является наряду с освоением теоретических основ важным аспектом подготовки высококвалифицированных специалистов.

В учебном пособии обобщен многолетний опыт подготовки специалистов, накопленный коллективом кафедры «Безопасность жизнедеятельности и охрана окружающей среды» Южно-Российского государственного технического университета (Новочеркасского политехнического института). Целью пособия является обучение студентов умению работать с нормативно-техническими документами в области безопасности жизнедеятельности, навыкам идентификации опасностей среды обитания человека и выбору методов и средств защиты от них.

Книга существенно отличается от учебных пособий подобного типа тем, что в ней приведен комплекс лабораторных и практических работ, основанный на использовании действующих нормативных документов в области охраны и безопасности труда. Кроме стандартных лабораторных установок НПО «Росучприбор», предусмотрено использование в учебном процессе оригинальных установок, позволяющих проводить работы учебно-исследовательского характера, прививающие навыки проведения экспериментальных исследований, обработки и анализа полученных результатов.

Учебное пособие написано в соответствии с Примерной программой по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» для специальностей высшего профессионального образования.

Книга состоит из двух частей. Первая часть включает лабораторные работы, посвященные изучению основных производственных вредностей и опасностей и способов защиты от них (метеоусловий, световой среды, шума и вибраций, электромагнитных, тепловых и ионизирующих излучений, запыленности и загазованности воздуха, поражения электрическим током).

В каждой работе приводятся общие сведения о параметрах производственной среды, их нормировании, описание приборов и методов

проведения их измерений. Ряд работ посвящен исследованию эффективности методов и средств защиты от вредностей и опасностей. Большое внимание уделено исследованию опасности поражения человека электрическим током и эффективности технических средств защиты.

Вторая часть учебного пособия включает практические работы, выполнение которых позволит студентам получить навыки выбора и применения средств индивидуальной защиты человека от опасностей, способов и средств тушения пожаров, оценки функционального состояния и оказания первой помощи пострадавшим, более глубоко изучить нормативные правовые акты, научиться проводить и правильно оформлять результаты расследования несчастных случаев и аттестацию рабочих мест по условиям труда, составлять инструкции по охране труда.

Учебное пособие подготовлено коллективом преподавателей кафедры «Безопасность жизнедеятельности и охрана окружающей среды» Южно-Российского государственного технического университета (Новочеркасского политехнического института): проф. Фроловым А. В. (общая редакция, предисловие, введение, лабораторные работы № 7, 18, практические работы № 1 и 2), доц. к.т.н. Нагнибеда Б. А. (лабораторные работы № 1, 4 и 5, 7–9), доц. к.т.н. Новиковым С. И. (лабораторные работы № 12–17, практические работы № 3 и 4), доц. к.х.н. Пересунько Т. Ф. (лабораторные работы № 1, 2, 3 и 10, практическая работа № 7), доц. к.т.н. Резник Л. А. (лабораторные работы № 2, 3, 6, 10 и 11), доц. к.т.н. Лепиховой В. А. (лабораторная работа № 5), доц. к.т.н. Шупляком Н. Г. (лабораторная работа № 10), доц. к.т.н. Сергеевым С. И. (лабораторная работа № 6), доц. к.т.н. Семеновко В. К. (лабораторная работа № 18), доц. к.т.н. Чибиневым Н. Н. (практическая работа № 1), ст. преп. Казьминой Г. В. (лабораторные работы № 12–17, практические работы № 3 и 4), ст. преп. Ляшенко Н. В. (лабораторные работы № 8, 9), ст. преп. Телегиним В. А. (лабораторные работы № 4, 11, 18), ст. преп. Цыганковым В. Ф. (лабораторные работы № 1, 4, 5), ст. преп. Шевченко А. С. (практические работы № 3–7), ассистентом Вальцевым А. В. (практическая работа № 2).

Авторский коллектив просит все замечания и предложения по содержанию данного учебного пособия направлять по адресу: 346428, Ростовская область, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132, ЮРГТУ (НПИ), кафедра «Безопасность жизнедеятельности и охрана окружающей среды».

## ВВЕДЕНИЕ

Современный этап развития общества характеризуется не только достижениями научно-технического прогресса, позволяющими значительно облегчить труд, сделать его более производительным и привлекательным, но и высоким уровнем аварийности и травматизма. Проблема обеспечения безопасности труда и других сфер жизнедеятельности человека является одной из актуальнейших проблем современности.

Для успешного решения проблем безопасности — предупреждения несчастных случаев и заболеваний на производстве и в других сферах деятельности — очень важно, чтобы эти проблемы решали высококвалифицированные специалисты, имеющие хорошую подготовку по вопросам безопасности жизнедеятельности.

Каждый инженер должен знать теоретические основы безопасности жизнедеятельности и обладать комплексом практических навыков, необходимых для идентификации вредных и опасных факторов среды обитания человека, для проведения контроля (мониторинга) её состояния, для оценки и анализа уровня безопасности, выбора способов и средств защиты и обеспечения комфортных или допустимых условий жизнедеятельности человека.

Получение таких знаний и умений обеспечивается проведением лабораторных и практических работ по курсу «Безопасность жизнедеятельности». Однако отсутствие в настоящее время систематизированного практикума по этой дисциплине затрудняет проведение этих форм занятий и снижает их эффективность.

Настоящее учебное пособие разработано в соответствии с программой курса «Безопасность жизнедеятельности» и на основе действующих нормативных документов в области охраны труда, охраны окружающей среды и защиты в чрезвычайных ситуациях. Оно призвано помочь студентам более глубоко изучить вопросы идентификации опасностей, оценки и анализа условий труда, нормативные правовые акты, получить практические навыки работы с приборами, проведения измерений параметров окружающей среды и средств защиты.

## ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

### Лабораторная работа № 1 ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

**Цель работы:** 1. Изучить принципы гигиенического нормирования метеорологических условий (микроклимата) в производственных помещениях.

2. Изучить методики и средства контроля параметров микроклимата в производственных помещениях.

3. Научиться оценивать состояние микроклимата на основании гигиенических нормативов.

#### 1.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

##### 1.1.1. Показатели (параметры) микроклимата производственных помещений

Показателями, характеризующими микроклимат производственных помещений, являются:

- ◆ температура воздуха ( $t_a$ , °C);
- ◆ температура поверхностей предметов, окружающих человека ( $t_n$ , °C);
- ◆ относительная влажность воздуха ( $\phi$ , %);
- ◆ подвижность (разнонаправленное движение) воздуха ( $v$ , м/с);
- ◆ интенсивность теплового облучения ( $I$ , Вт/м<sup>2</sup>).

##### 1.1.2. Терморегуляция организма человека

С целью обеспечения незначительной зависимости жизнедеятельности от изменения температуры окружающей среды, а также поддержания постоянства скорости ферментативных (каталитических) биохимических реакций (обмена веществ) температура тела человека поддерживается на постоянном уровне ( $37 \pm 0,5$  °C) независимо от её изменения в окружающей среде. Причём эта температура выше средней температуры окружающей среды. Этот процесс называется *терморегуляцией* и осуществляется нервно-эндокринным путём.

В целом терморегуляция подразделяется на *химическую* (регуляция интенсивности теплообразования в организме) и *физическую* (теплообмен организма с окружающей средой).

Теплообразование в организме за счёт физиологических процессов происходит с разной интенсивностью. Так, в состоянии покоя взрослый человек вырабатывает за 1 час 88–105 Вт тепловой энергии, при тяжёлой работе 300–400 Вт, а при максимально возможных кратковременных нагрузках — до 1000 Вт. Избыточная тепловая энергия, выделяемая человеком, должна быть передана окружающей среде за счёт физических процессов теплообмена. Интенсивность теплообмена организма с окружающей средой зависит от параметров (показателей) микроклимата и осуществляется следующими основными путями: конвекция; радиационный теплообмен; испарение воды с поверхности кожного покрова и др.

*Конвекция* представляет собой процесс передачи тепла от более нагретого тела (тело человека) менее нагретому телу (окружающая среда) веществом (воздухом). Если температура окружающей среды выше температуры тела человека, то процесс идёт в обратном направлении.

*Радиационный теплообмен* представляет собой процесс передачи тепла от более нагретого тела (тело человека) менее нагретому телу (окружающая среда) инфракрасным электромагнитным излучением. Тепло при этом передаётся не воздуху, а предметам (например, стенам, полу, оборудованию и т. п.), температура которых меньше

температуры тела человека. Если температура окружающих предметов выше температуры тела человека, то процесс идёт в обратном направлении.

**Теплоотдача испарением воды** (пота) с поверхности кожного покрова происходит за счёт большой теплоты испарения воды ( $2,3 \cdot 10^6$  Дж/кг).

Конвективный и радиационный теплообмены являются пассивными, так как на их интенсивность организм человека влиять практически не может (за исключением применения одежды с различными теплоизоляционными свойствами).

Испарительная же теплоотдача регулируется достаточно эффективно, так как количество воды (пота), подаваемой через поры кожного покрова для испарения, изменяется в широком диапазоне. Так, например, при температуре воздуха  $\sim 30$  °С и тяжёлой мышечной работе за один рабочий день может выделиться  $\sim 10\text{--}12$  л пота, при испарении которого в окружающую среду рассеивается  $\sim 2,5 \cdot 10^7$  Дж тепловой энергии, что соответствует затрачиваемой мощности  $\sim 870$  Вт.

Поскольку, как было отмечено выше, температура тела человека выше средней температуры окружающей среды, он практически всегда отдаёт ей избыточное тепло.

### 1.1.3. Влияние параметров микроклимата на физическую терморегуляцию и состояние организма человека

На процесс теплоотдачи человека окружающей среде указанными выше путями существенное влияние оказывают некоторые параметры микроклимата помещений (температура, подвижность и относительная влажность воздуха).

Так, на конвективную теплоотдачу значительное влияние оказывают температура и подвижность воздуха (рост температуры воздуха снижает интенсивность теплоотдачи, а увеличение подвижности воздуха интенсифицирует её).

На радиационную теплоотдачу решающее влияние оказывает температура окружающих человека предметов (оборудование, ком-

муникации, стены и др.), которая зависит от параметров технологического процесса и, опосредованно, от температуры воздуха.

На испарительную теплоотдачу значительное влияние оказывают относительная влажность и подвижность воздуха (рост относительной влажности воздуха снижает интенсивность теплоотдачи, а увеличение подвижности воздуха интенсифицирует её).

Изменяя интенсивность теплоотдачи человека окружающей среде, микроклимат влияет на его состояние (комфортность теплоощущений, работоспособность, заболеваемость и т. п.). Важным фактором производственной деятельности является разработка организационных и инженерных мер, направленных на поддержание параметров микроклимата, обеспечивающих комфортное состояние и высокую работоспособность человека.

### 1.1.4. Гигиеническое нормирование параметров микроклимата

Гигиеническое нормирование факторов производственной среды является организационным принципом обеспечения безопасности человека в процессе трудовой деятельности.

В основу нормирования параметров микроклимата производственных помещений положена дифференцированная оценка метеорологических условий в рабочей зоне в зависимости от интенсивности энергозатрат работников, периода года и категории производственных помещений по избыткам явного тепла.

Нормативные показатели микроклимата должны обеспечивать сохранение теплового баланса человека с окружающей средой и поддержание оптимального или допустимого теплового состояния организма.

Принципы нормирования, нормативные величины, требования к организации, методам и средствам контроля показателей микроклимата производственных помещений изложены в Санитарных правилах и нормах «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» (СанПиН 2.2.4.548-96).

Нормируемыми показателями микроклимата в производственных помещениях являются: температура воздуха; температура

наружных поверхностей оборудования, коммуникаций, стен и др. предметов; относительная влажность воздуха; подвижность воздуха; интенсивность теплового облучения.

Основные принципы нормирования показателей микроклимата, заложенные в СанПиН 2.2.4.548-96, следующие:

- ♦ установление оптимальных и допустимых сочетаний нормативных показателей;
- ♦ деление нормативных показателей по временам года (холодный и тёплый периоды) с учётом биоритмов человека;
- ♦ деление вышеуказанных нормативных показателей по категориям тяжести выполняемых работ с учётом энергозатрат работников.

Оптимальные нормативные показатели микроклимата устанавливаются по критериям оптимального теплового и функционального состояния организма человека. Они обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности и являются предпочтительными на рабочих местах. Оптимальные параметры микроклимата устанавливаются для постоянных рабочих мест и должны соответствовать величинам, приведенным в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категории работ по энергозатратам	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Подвижность воздуха, м/с
1	2	3	4	5	6
Холодный	Ia	22 24	21 24	60 40	0,1
	Iб	21 23	20 24	60 40	0,1
	IIa	19 21	18 22	60 40	0,2
	IIб	17 19	16 20	60 40	0,2
	III	16 18	15 19	60 40	0,3

Окончание табл. 1.1

1	2	3	4	5	6
Теплый	Ia	23 25	22 26	60 40	0,1
	Iб	22 24	21 25	60 40	0,1
	IIa	20 22	19 23	60 40	0,2
	IIб	19 21	20 22	60 40	0,2
	III	18 20	17 21	60 40	0,3

Примечание: перепады температуры воздуха по высоте и по горизонтали, а также изменения температуры в течение смены при обеспечении оптимальных величин микроклимата на рабочих местах не должны превышать 2 °С.

Допустимые нормативные показатели микроклимата — это такое сочетание факторов микроклимата, которое не вызывает повреждений или нарушений состояния здоровья, но может приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности. Допустимые параметры микроклимата устанавливаются в тех случаях, когда по технологическим требованиям и экологически обоснованным причинам не могут быть обеспечены оптимальные микроклиматические условия. Допустимые параметры микроклимата устанавливаются для непостоянных рабочих мест при продолжительности пребывания на них работников не > 2 час и должны соответствовать значениям, приведенным в табл. 1.2.

При нормировании параметров микроклимата установлены два периода года — *тёплый* и *холодный*. Тёплый период — период года, характеризующий среднесуточной температурой наружного воздуха > +10 °С. Холодный период — период года, характеризующий среднесуточной температурой наружного воздуха ≤ +10 °С. Среднесуточная температура наружного воздуха принимается по данным гидрометеорологической службы.

Категории тяжести выполняемых работ с учётом интенсивности энергозатрат работников приведены в табл. 1.3.

Таблица 1.2  
Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энерготрат, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Подвижность воздуха, м/с	
		диапазон ниже оптимальных величин	диапазон выше оптимальных величин			для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более
Холодный	Ia (до 139)	20,0 21,9	24,1 25,0	19,0 26,0	15 7 5	0,1	0,1
	Iб (140-174)	19,0 20,9	23,1 24,0	18,0 25,0	15 7 5	0,1	0,2
	IIa (175-232)	17,0 18,9	21,1 23,0	16,0 24,0	15 7 5	0,1	0,3
	IIб (233-290)	15,0 16,9	19,1 22,0	14,0 23,0	15 7 5	0,2	0,4
	III (более 290)	13,0 15,9	18,1 21,0	12,0 22,0	15 7 5	0,2	0,4
Тёплый	Ia (до 139)	21,0 22,9	25,1 28,0	20,0 29,0	15 7 5	0,1	0,2
	Iб (140-174)	20,0 21,9	24,1 28,0	19,0 29,0	15 7 5	0,1	0,3
	IIa (175-232)	18,0 19,9	22,1 27,0	17,0 28,0	15 7 5	0,1	0,4
	IIб (233-290)	16,0 18,9	21,1 27,0	15,0 28,0	15 7 5	0,2	0,5
	III (более 290)	15,0 17,9	20,1 26,0	14,0 27,0	15 7 5	0,2	0,5

Примечание: при обеспечении допустимых величин микроклимата на рабочих местах:

- перепад температуры воздуха по высоте должен быть не более 3 °С;
- перепад температуры воздуха по горизонтали а также её изменения в течение смены не должны превышать:
  - при категориях работ Ia и Iб — 4 °С;
  - при категориях работ IIa и IIб — 5 °С;
  - при категории работ III — 6 °С.

Таблица 1.3  
Категории работ по энерготратам

Категория работ	Энерготраты организма, Вт
1	2
Ia	< 139
Iб	140 174
IIa	175 232

Окончание табл. 1.3

1	2
IIб	233 290
III	> 290

Примечание: 1. К категории Ia относятся работы с интенсивностью энерготрат < 139 Вт, производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением.

2. К категории Iб относятся работы с интенсивностью энерготрат 140-174 Вт, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением.

3. К категории IIa относятся работы с интенсивностью энерготрат 175-290 Вт, связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей (до 1 кг), изделий или предметов в положении стоя или сидя и требующие определённого физического напряжения.

4. К категории IIб относятся работы с интенсивностью энерготрат 233-290 Вт, связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением.

5. К категории III относятся работы с интенсивностью энерготрат > 290 Вт, связанные с постоянными передвижениями, перемещением и переноской значительных (> 10 кг) тяжестей и требующие больших физических усилий.

Для теплового облучения работников нагретыми производственными источниками СанПиН 2.2.4.548-96 устанавливаются допустимые значения интенсивности теплового облучения, приведённые в табл. 1.4.

Санитарные правила и нормы (СанПиН 2.2.4.548-96) рекомендуют использовать для гигиенической оценки тепловой нагрузки среды так называемый THС-индекс — эмпирический показатель, характеризующий сочетанное действие на человека всех параметров микроклимата.

THС-индекс определяется по формуле

$$THC = 0,7t_{\text{в}} + 0,3t_{\text{ш}} \quad (1.1)$$

где  $t_{\text{в}}$  — температура воздуха по «влажному» термометру аспирационного психрометра Ассмана, °С;

$t_{\text{ш}}$  — температура, показываемая шаровым термометром, °С.

Таблица 1.4

Допустимые величины интенсивности теплового облучения поверхности тела работников от производственных источников

Облучаемая поверхность тела, %	Интенсивность теплового облучения, Вт/м <sup>2</sup> , не более
50 и более	35
25-50	70
не более 25	100

*Примечание:* допустимые величины интенсивности теплового облучения работающих от источников излучения, нагретых до белого и красного свечения (раскалённый или расплавленный металл, стекло, пламя и др.), не должны превышать 140 Вт/м<sup>2</sup>. При этом облучению не должно подвергаться более 25 % поверхности тела и обязательным является использование средств индивидуальной защиты, в том числе средств защиты лица и глаз.

При наличии теплового облучения работающих температура воздуха на рабочих местах не должна превышать в зависимости от категории работ следующих величин:

25 °С — при категории работ Ia;      24 °С — при категории работ Ib;  
 22 °С — при категории работ IIa;    21 °С — при категории работ IIб;  
 20 °С — при категории работ III.

ТНС-индекс рекомендуется использовать для оценки интегральной тепловой нагрузки среды на рабочих местах, на которых подвижность воздуха не превышает 0,6 м/с, а интенсивность теплового излучения — 1200 Вт/м<sup>2</sup>.

Рекомендуемые величины интегрального показателя тепловой нагрузки среды (ТНС-индекса) для профилактики перегревания организма приведены в табл. 1.5.

В производственных помещениях, в которых допустимые нормативные величины показателей микроклимата невозможно установить из-за технологических требований к производственному процессу или экономически обоснованной нецелесообразности, условия микроклимата следует рассматривать как вред-

ные и опасные. В целях профилактики неблагоприятного воздействия микроклимата должны быть использованы защитные мероприятия (например, системы местного кондиционирования воздуха, воздушное душирование, компенсация неблагоприятного воздействия одного параметра микроклимата изменением другого, спецодежда и другие средства индивидуальной защиты, помещения для отдыха и обогрева, регламентация времени работы, в частности, перерывы в работе, сокращение рабочего дня, увеличение продолжительности отпуска, уменьшение стажа работы и др.).

Таблица 1.5

Рекомендуемые величины ТНС-индекса для профилактики перегревания организма

Категория работы по энергозатратам	Величина ТНС-индекса, °С
Ia	22,2 26,4
Iб	21,5 25,8
IIa	20,5 25,1
IIб	19,5 23,9
III	18,0 21,8

## 1.2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

### 1.2.1. Требования к организации гигиенического контроля параметров микроклимата

Измерения параметров микроклимата должны проводиться в холодный период года — в дни с температурой наружного воздуха, отличающейся от средней температуры наиболее холодного месяца зимы не более чем на 5 °С, в теплый период года — в дни с температурой наружного воздуха, отличающейся от средней максимальной температуры наиболее жаркого месяца не более чем на 5 °С.

Измерения проводят на рабочих местах. Если рабочим местом является несколько участков помещения, то измерения проводят на каждом из них. В помещениях с большой плотностью рабочих

мест при отсутствии источников локального тепловыделения, охлаждения или влаговыделения, участки измерения параметров микроклимата должны распределяться равномерно. Количество участков определяется по табл. 1.6.

**Таблица 1.6**  
**Количество контрольных участков для измерения параметров микроклимата**

Площадь помещения, м <sup>2</sup>	Количество участков измерения
< 100	4
100 400	8
> 400	Определяется расстоянием между участками, которое не должно превышать 10 м

**Точки измерения:**

- а) при работах, выполняемых сидя, температуру и подвижность воздуха следует измерять на высоте 0,1 и 1,0 м, а относительную влажность воздуха — на высоте 1,0 м от пола или рабочей площадки;
- б) при работах, выполняемых стоя, температуру и подвижность воздуха необходимо измерять на высоте 0,1 и 1,5 м, а относительную влажность воздуха — на высоте 1,5 м;
- в) при наличии источников лучистого тепла тепловое облучение на рабочих местах необходимо измерять от каждого источника, располагая датчик прибора перпендикулярно падающему потоку. Измерения следует проводить на высоте 0,5, 1,0 и 1,5 м от пола или рабочей площадки.

**1.2.2. Приборы и методика измерений параметров микроклимата**

**1.2.2.1. Приборы и методика измерения температуры воздуха**

Температура воздуха измеряется с помощью термометров, принцип действия которых основан на различных физических явлениях и эффектах. Чаще всего применяются жидкостные термо-

метры, точность показаний которых удовлетворяет требованиям СанПиН 2.2.4.548-96. Принцип действия этих термометров основан на явлении теплового объемного расширения термометрической жидкости.

Для измерения минимальной температуры воздуха за определенный промежуток времени (например, за рабочую смену) используется минимальный спиртовой термометр (рис. 1.1). Рабочее положение минимального термометра — горизонтальное. В капилляре термометра, заполненного этиловым спиртом, находится штифт-указатель, который свободно перемещается при отклонении оси термометра от горизонтали. Для приведения минимального термометра в рабочее положение необходимо приподнять его резервуаром кверху и выдержать в таком положении до тех пор, пока штифт не опустится до мениска (плёнки поверхностного натяжения) спирта, после чего термометру придаётся рабочее (горизонтальное) положение. При понижении температуры воздуха столбик спирта перемещается в сторону резервуара, а плёнка поверхностного натяжения увлекает за собой штифт-указатель до тех пор, пока происходит уменьшение температуры. При повышении температуры воздуха столбик спирта в капилляре удлиняется, а штифт-указатель остаётся на месте, удерживаемый силами трения своих шаровых окончаний о стенки капилляра термометра. Положение конца штифта, ближайшего к мениску спирта, указывает минимальную температуру, которую зафиксировал термометр за рассмотренный период времени. По положению мениска термометрической жидкости (спирта) определяется температура воздуха в любой момент времени.

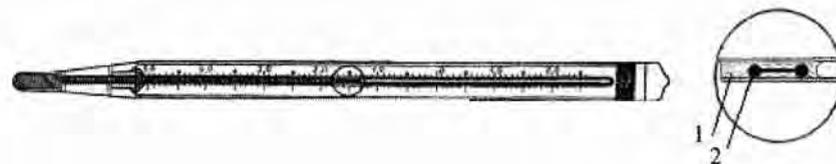


Рис. 1.1. Спиртовой минимальный термометр:  
1 — капилляр; 2 — штифт-указатель.

Для определения максимальной температуры воздуха за определённый промежуток времени используется максимальный ртутный термометр (рис. 1.2).

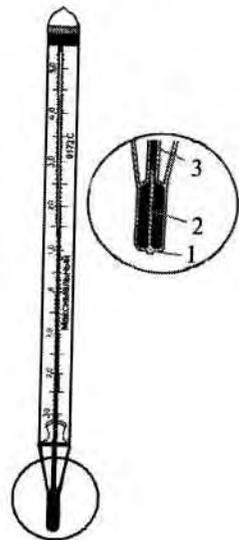


Рис. 1.2. Ртутный максимальный термометр:  
1 – резервуар; 2 – штафт;  
3 – капилляр

Рабочее положение этого термометра — вертикальное или под углом не  $< 10^\circ$  к горизонту. Площадь поперечного сечения капилляра термометра около резервуара уменьшена при помощи тонкого стеклянного штафта, впаянного в его дно, что препятствует (за счёт возросших сил трения) движению столбика ртути обратно в резервуар. Последнее обстоятельство позволяет зафиксировать максимальную температуру за рассмотренный период времени. Для приведения термометра в исходное положение его необходимо встряхнуть, расположив резервуаром вниз, возникающие при этом центробежные силы, действующие на столбик ртути, преодолевают силы трения в месте сужения капилляра, и мениск жидкости покажет температуру воздуха в данный момент времени. После этого термометр го-

тов к следующему циклу измерения максимальной температуры.

В автоматизированных системах контроля параметров микроклимата широко используются электронные средства измерения температуры воздуха. Одним из таких средств является измеритель влажности и температуры воздуха ИВТМ-7 (рис. 1.3). Прибор предназначен для автоматизированного контроля большинства параметров микроклимата (температуры и относительной влажности воздуха, «температуры влажного термометра», ГНС-индекса).

В качестве чувствительного элемента (датчика) измерителя температуры используется терморезистор. Принцип действия прибо-

ра по температурному фактору заключается в зависимости величины сопротивления терморезистора от температуры воздуха.



Рис. 1.3. Измеритель влажности и температуры воздуха ИВТМ-7

Изменяющаяся величина сопротивления терморезистора обрабатывается микроконтроллером, который отображает результат (температуру) на жидкокристаллическом индикаторе и выдаёт его с помощью интерфейса RS-232 на компьютер.

Элементы обработки информации, управления и энергопитания прибора ИВТМ-7 размещены в измерительном блоке, на передней панели которого расположен индикатор на жидких кристаллах, кнопки «ВЫКЛ», «F<sub>1</sub>», «F<sub>2</sub>». На правой боковой поверхности измерительного блока расположены разъёмы для подключения зонда с датчиками, кабеля RS-232 и блока питания (при работе от сети); на задней панели расположен батарейный отсек независимого энергопитания.

В приборе предусмотрена поддержка двух пороговых значений для измеряемых параметров. В качестве порогов задаются верхняя

и нижняя границы диапазона, в котором окажется величина измеряемого параметра. Кроме режима измерения, в приборе имеются дополнительные режимы: режим фиксации, режим ввода порогов и времени отключения.

**Порядок работы с прибором ИВТМ-7**

1. Подсоединить измерительный преобразователь к блоку индикации с помощью соединительного кабеля.
2. Нажать кнопку «F<sub>1</sub>». На индикаторе должно появиться значение температуры окружающей среды.
3. Внести зонд в измеряемую среду, и после установления индикации (не > 5 мин) снять показание.
4. С помощью кнопки «F<sub>1</sub>» на индикаторе можно выбрать:
  - ♦ значение температуры в °C — справа на индикаторе измерительного блока появляется символ «С»;
  - ♦ значение влажности в единицах относительной влажности — в правом нижнем углу индикатора появляется символ «F»;
  - ♦ значение температуры влажного термометра в °C — в правом верхнем углу индикатора появляется символ «М»;
  - ♦ значение влажности в °C по точке росы (с последующим переводом в % по прилагаемым к прибору таблицам) — в правом верхнем углу появляется символ «К».

Переход в другие режимы измерений и порядок работы прибора при использовании компьютера подробно изложены в паспорте к ИВТМ-7.

**1.2.2.2. Приборы и методика измерения относительной влажности воздуха**

Для измерения относительной влажности воздуха используются психрометры Августа (рис. 1.4) и Ассмана (рис. 1.5).

Стационарный психрометр Августа состоит из двух одинаковых жидкостных термометров, размещённых рядом в одинаковых условиях. Резервуар одного из термометров обёрнут тонкой батистовой тканью, свободный (свисающий) конец которой опущен в сосуд с дистиллированной водой. Вода, поднимаясь по капиллярам ткани,

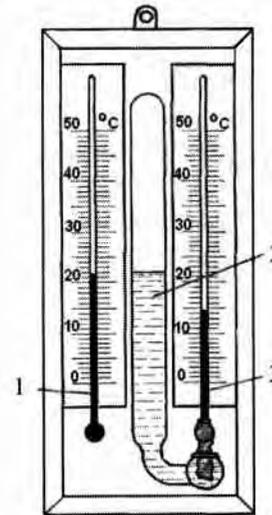


Рис. 1.4. Психрометр Августа:  
1 — «сухой» термометр;  
2 — дистиллированная вода;  
3 — «влажный» термометр

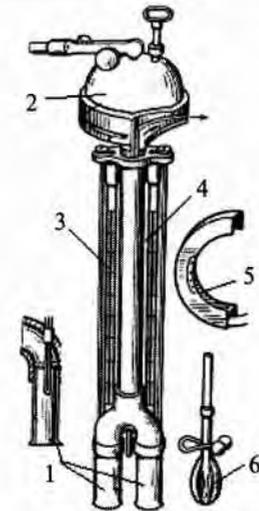


Рис. 1.5. Аспирационный психрометр Ассмана:  
1 — трубка с двойными стенками; 2 — аспиратор; 3 — «сухой» термометр; 4 — «влажный» термометр; 5 — ветровой предохранитель; 6 — пилетка с водой

смачивает резервуар термометра тонкой плёнкой, что дало название термометру «влажный» (смоченный). Вода, испаряясь с поверхности резервуара влажного термометра, охлаждает его, поэтому показания влажного термометра ниже или равны показаниям сухого (несмоченного) термометра. Принцип действия описанного прибора основан на зависимости изменения интенсивности испарения воды с поверхности резервуара влажного термометра от относительной влажности воздуха.

Относительная влажность воздуха (φ, %) определяется по разности показаний сухого и влажного термометров с помощью психрометрической таблицы или по формуле

$$\phi = [M_s - \alpha(t_c - t_s) \cdot P] \cdot 100 / M_c, \quad (1.2)$$

где  $M_s, M_c$  — максимальная абсолютная влажность соответственно при температуре по влажному и сухому термометрам, Па;

$\alpha$  — психрометрический коэффициент, зависящий от скорости движения воздуха, омывающего прибор, и от типа психрометра (определяется по табл. 1.7).

Аспирационный психрометр Ассмана принципиально устроен так же, как и психрометр Августа, за исключением того, что резервуары его термометров помещены в специальную трубчатую оправу с двойными стенками, через которую при помощи аспиратора (вентилятора) с постоянной скоростью ( $\sim 4$  м/с) продувается анализируемый воздух.

Таблица 1.7

Значения психрометрического коэффициента в зависимости от скорости движения воздуха

Скорость движения воздуха, м/с	Психрометрический коэффициент ( $\beta$ )	Скорость движения воздуха, м/с	Психрометрический коэффициент ( $\beta$ )
0,13	0,0013	0,8	0,0008
0,16	0,0012	2,3	0,0007
0,20	0,0011	3,0	0,00069
0,30	0,0010	4,0	0,00067
0,40	0,0009		

Благодаря иеющим особенностям точность измерения влажности воздуха психрометром Ассмана выше, по следующим причинам:

- ♦ на показания термометров практически не влияет тепловое излучение нагретых тел из-за наличия трубчатой оправы с двойными стенками для резервуаров;
- ♦ на показания смоченного термометра не влияет изменение скорости движения воздуха в помещении, так как его резервуар омывается потоком воздуха с постоянной скоростью, обеспечивающей неизменную величину психрометрического коэффициента ( $\alpha = 6,6 \cdot 10^{-4}$ ) в формуле (1.2).

Принцип действия психрометра Ассмана такой же, как и психрометра Августа.

Перед измерением влажности воздуха аспирационным психрометром в пипетку набирают дистиллированную воду и увлажняют

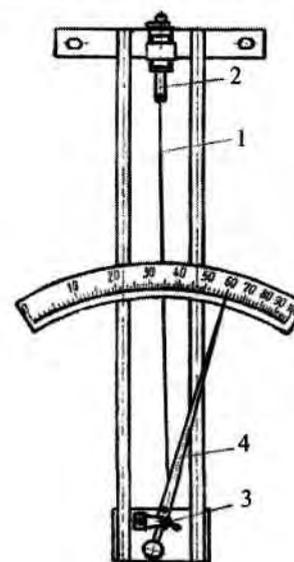


Рис. 1.6. Волосной гигрометр:  
1 — обезжиренный волос;  
2 — регулировочный винт; 3 — противовес;  
4 — указатель относительной влажности

тканевую оболочку влажного термометра, после чего включают аспиратор, прибор устанавливают вертикально в точке измерения и через 3-5 мин снимают показания термометров и определяют относительную влажность по формуле (1.2) или психрометрическим таблицам.

Прямое определение относительной влажности воздуха с относительной погрешностью до 2 % выполняют с помощью гигрометров — волосного и плёночного. Датчиком влажности у волосного гигрометра (рис. 1.6) служит обезжиренный человеческий волос, длина которого увеличивается при возрастании относительной влажности воздуха, и наоборот.

Чувствительным элементом плёночного гигрометра является

обезжиренная плёнка, изготовленная из кишечника животных, площадь которой с увеличением относительной влажности возрастает, и наоборот.

В качестве электронного средства измерения относительной влажности воздуха используется измеритель влажности и температуры воздуха ИВТМ-7, описанный в п. 1.2.2.1. Датчиком относительной влажности воздуха является электрическая ёмкость с изменяющейся диэлектрической проницаемостью.

Принцип действия прибора основан на зависимости электрической ёмкости датчика от изменения относительной влажности воздуха.

Процесс измерения относительной влажности воздуха такой же, как и измерения температуры.

1.2.2.3. Приборы и методика измерения подвижности воздуха

Для измерения подвижности воздуха используют кататермометры и электротермоанемометры.

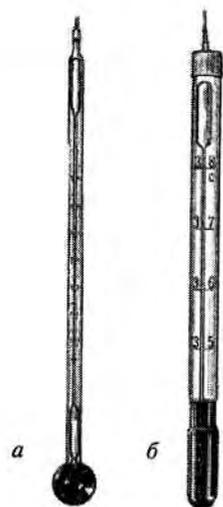


Рис. 1.7. Кататермометры:  
а – шаровой; б – цилиндрический

Кататермометры применяются при температуре воздуха и окружающих поверхностей не выше 29 °С при отсутствии вблизи места исследования интенсивных тепловых излучений, вносящих большие погрешности в измерение. Кататермометр (см. рис. 1.7) представляет собой спиртовой термометр с шаровым (цилиндрическим) резервуаром и капилляром, расширяющимся в верхней части. Шкала кататермометра градуирована в градусах (у шарового  $t = 33+40$  °С, у цилиндрического  $t = 35+38$  °С). В обоих случаях средняя точка шкалы составляет  $t = 36,5$  °С, т. е. равна температуре тела человека.

Принцип действия кататермометра основан на зависимости скорости

охлаждения предварительно нагретого резервуара от скорости омывания его воздухом, т. е. подвижности воздуха.

Для измерения подвижности воздуха кататермометр нагревают в тёплой воде ( $t \sim 70$  °С) или над парами кипящей воды, не касаясь её. Нагревание следует проводить осторожно, не допуская разрыва столбика спирта в капилляре кататермометра. Нагревание заканчивают при заполнении спиртом половины объёма верхнего расширения капилляра, после чего кататермометр тщательно вытирают насухо и подвешивают в месте исследования так, чтобы он не качался, а воздух свободно обтекал его поверхность.

Процесс измерения подвижности воздуха заключается в отсчёте (по секундомеру) интервала времени, в течение которого темпе-

ратура кататермометра снизится от  $t_1$  до  $t_2$  (по шкале кататермометра). Температуры  $t_1$  и  $t_2$  выбираются такими, чтобы выполнялось условие  $(t_1 + t_2) / 2 = 36,5$  °С.

Кроме того, измеряется температура воздуха в помещении в начале и в конце временного интервала определения подвижности воздуха ( $t_{a1}$  и  $t_{a2}$ ).

Подвижность воздуха вычисляется в следующей последовательности.

1. Определяется охлаждающая сила воздуха ( $H$ ) по формуле

$$H = F \cdot (t_1 - t_2) / 3\tau, \quad (1.3)$$

где  $F$  — фактор (константа) конкретного экземпляра кататермометра (наносится на стержне прибора при тарировке), мДж/(см<sup>2</sup> · град);  $\tau$  — время охлаждения прибора от  $t_1$  до  $t_2$ , с.

2. Определяется разность ( $\Delta t$ , °С) между средней температурой прибора во время измерений (36,5 °С) и средней температурой воздуха за это время ( $(t_{a1} + t_{a2}) / 2$ , °С):

$$\Delta t = 36,5 - (t_{a1} + t_{a2}) / 2. \quad (1.4)$$

3. Определяется отношение  $H / \Delta t$  и по табл. 1.8 (только для шарового кататермометра) находится соответствующая величина подвижности воздуха в помещении.

Таблица 1.8

Подвижность воздуха по шаровому кататермометру

$H/\Delta t$	$u$ , м/с	$H/\Delta t$	$u$ , м/с
1	2	3	4
1.35	0,039	2.45	0,93
1.40	0,054	2.50	0,98
1.45	0,062	2.55	1,03
1.50	0,089	2.60	1,07
1.55	0,11	2.65	1,12
1.60	0,13	2.70	1,16
1.65	0,15	2.75	1,21
1.70	0,17	2.80	1,26

Окончание табл. 1.8

1	2	3	4
1,75	0,20	2,65	1,31
1,80	0,22	2,90	1,36
1,85	0,25	2,95	1,41
1,90	0,28	3,00	1,46
1,95	0,32	3,05	1,51
2,00	0,35	3,10	1,56
2,05	0,39	3,15	1,62
2,10	0,44	3,20	1,67
2,15	0,49	3,25	1,72
2,20	0,54	3,30	1,78
2,25	0,60	3,35	1,84
2,30	0,67	3,40	1,89
2,35	0,75	3,45	1,95
2,40	0,83	3,50	2,01

4. Величина подвижности воздуха ( $v$ , м/с) может быть рассчитана по эмпирическим формулам:  
для шарового кататермометра

$$v = \left\{ \left[ 3,784 / (H/\Delta t - 1,215) \right] - 1,994 \right\}^{-1} \text{ при } H/\Delta t \leq 2,473, \quad (1.5)$$

$$v = \left\{ \left[ 1,534 / (H/\Delta t - 1,215) \right] - 0,174 \right\}^{-1} \text{ при } H/\Delta t > 2,473; \quad (1.6)$$

для цилиндрического кататермометра

$$v = \left[ 0,597 \cdot (H/\Delta t) - 0,838 \right]^2 \text{ при } H/\Delta t \leq 2,514, \quad (1.7)$$

$$v = \left[ 0,508 \cdot (H/\Delta t) - 0,545 \right]^2 \text{ при } H/\Delta t > 2,514. \quad (1.8)$$

Для измерения подвижности воздуха и одновременно его температуры используются также термоанемометры. Принцип действия прибора основан на изменении сопротивления в датчике прибора, которое зависит от температуры и подвижности воздуха.

Для измерения скорости движения однонаправленных потоков воздуха в помещениях используют анемометры (крыльчатый и чашечный). Принцип действия анемометров основан на линейной зависимости скорости вращения рабочего органа (крыльчатки и крестовины с полушариями) от скорости движения воздуха.

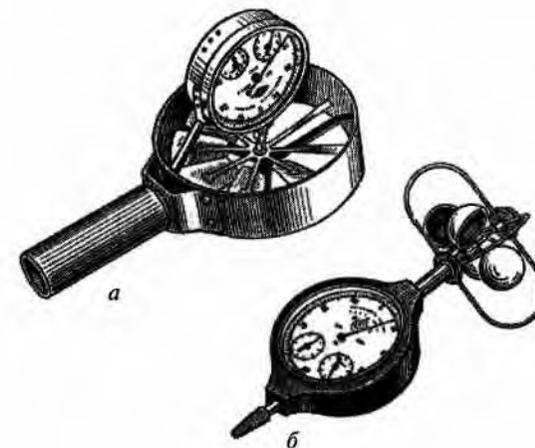


Рис. 1.8. Анемометры:  
а – крыльчатый; б – чашечный

Крыльчатый анемометр (рис. 1.8, а) предназначен для измерения скорости движения воздуха в диапазоне 0,3+5 м/с. Датчик прибора, воспринимающий движение воздуха, выполнен в виде лёгкой крыльчатки из алюминиевой фольги, насаженной на ось. Под напором движущегося воздуха крыльчатка вращается, а счётчик фиксирует число её оборотов. Для включения и выключения счётчика числа оборотов крыльчатки прибор снабжён арретиром (выключателем). Порог чувствительности анемометра 0,3 м/с. Анемометр снабжён паспортом с индивидуальным тарифовочным графиком (рис. 1.9) для перевода числа оборотов крыльчатки (делений счётчика) в единицу времени в скорость движения воздуха.

Измерение скорости движения воздуха анемометром ведётся в следующей последовательности.

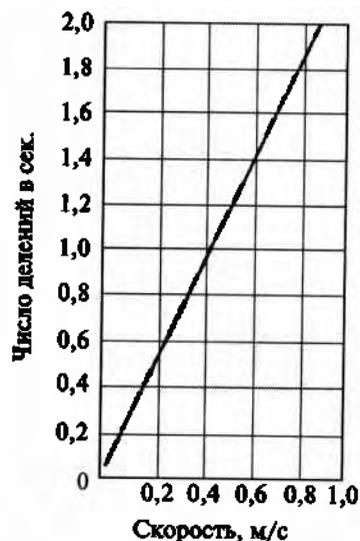


Рис. 1.9. Тарировочный график анемометра (пример)

Чашечный анемометр (рис. 1.8,б) служит для измерения скорости движения воздуха в диапазоне  $1+20$  м/с, в условиях разнонаправленных (в горизонтальной плоскости) потоков воздуха, так как его показания не зависят от направления воздушного потока. Порог чувствительности чашечного анемометра  $0,8$  м/с.

Датчик прибора, воспринимающий движение воздуха, состоит из четырёх полых полушарий, посаженных на крестовину, вращающуюся вокруг вертикальной оси. Под напором движущегося воздуха крестовина с полушариями вращается, а счётчик фиксирует число её оборотов. Для включения и выключения счётчика числа оборотов крестовины с полушариями прибор снабжён арретиром (выключателем). Чашечный анемометр также снабжён паспортом с индивидуальным тарировочным графи-

1. Анемометр располагается так, чтобы плоскость вращения крыльчатки была перпендикулярна направлению движения воздушного потока.

2. При выключенном счётчике записываются его показания (первый отсчёт).

3. По достижении устойчивого вращения крыльчатки включаются одновременно счётчик числа оборотов и секундомер.

4. Через 100 с одновременно выключаются счётчик и секундомер и записываются показания счётчика (второй отсчёт) и секундомера.

5. Определяется число оборотов (делений счётчика) за одну секунду.

6. По тарировочному графику определить скорость движения воздуха в м/с.

ком (см. рис. 1.9) для перевода числа оборотов крестовины с полушариями (делений счётчика) в единицу времени в скорость движения воздуха.

#### Приборы и методика измерения интенсивности теплового излучения

Интенсивность теплового излучения измеряется актинометром. Принцип действия прибора основан на явлении генерирования термоэдс в спаях разнородных металлов (термопары) при их нагревании. Термопары соединены в батареи и расположены с задней стороны прибора под крышкой. Техника измерения интенсивности теплового излучения следующая: откинув крышку, прибор подносят к источнику излучения (той стороной, где располагается термобатарея) и по измерительной шкале определяют интенсивность теплового потока.

#### Приборы и методика определения ТНС-индекса

ТНС-индекс определяется по показаниям влажного термометра аспирационного психрометра (п. 1.2.2) и шарового термометра.

Шаровой термометр состоит из шара диаметром 90 мм из листовой меди толщиной 0,4 мм, окрашенного в чёрный цвет. В центре шара размещается датчик температуры (терморезистор). Измеряемая данной системой температура является равновесной, обусловленной радиационным и конвективным теплообменом между шаром и окружающей средой. На температуру датчика внутри шара оказывают влияние температура воздуха, тепловое излучение окружающих предметов и подвижность воздуха. Шаровой термометр является составной частью измерителя влажности и температуры воздуха ИВТМ-7, описанного в п. 1.2.2.

При определении ТНС-индекса в контрольную точку помещения устанавливаются аспирационный психрометр и шаровой термометр. После 5-минутной выдержки снимаются показания влажного и шарового термометров и по формуле (1.1) рассчитывается величина ТНС-индекса.

1.3. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

**Задание 1.** *Определить параметры микроклимата в производственном помещении при отсутствии интенсивного теплового облучения и воздушного душирования и сделать заключение о соответствии их гигиеническим нормативам.*

1. Ознакомиться с устройством приборов и методикой измерения параметров микроклимата.
2. Определить относительную влажность воздуха с помощью психрометров Августа или Ассмана.
3. Определить подвижность воздуха с помощью кататермометра.
4. Сравнить полученные значения температуры, подвижности, относительной влажности воздуха с нормативными параметрами микроклимата.
5. Сделать заключение о соответствии параметров микроклимата гигиеническим нормативам.
6. В случае неудовлетворительного состояния микроклимата в помещении дать рекомендации по его нормализации.
7. Полученные данные занести в табл. 1.9.

Таблица 1.9

Экспериментальные и нормативные значения параметров микроклимата

Показатели микроклимата	Гигиенический норматив в соответствии с СанПиН 2.2.4-548.96		Фактическое значение
	Оптимальные значения	Допустимые значения	
Температура воздуха, °С			
Относительная влажность воздуха, %			
Подвижность воздуха, м/с			

**Задание 2.** *Определить ТНС-индекс и сделать заключение о соответствии его величины гигиеническому нормативу.*

1. Определить температуру воздуха в контрольной точке на рабочем месте по «влажному» термометру аспирационного психрометра Ассмана.

2. Поместить температурный датчик измерителя влажности и температуры воздуха ИВТМ-7 в зачернённый шар и установить его в контрольную точку, после стабилизации индикации измеряемого параметра (через 5 мин) снять показания прибора.

3. Рассчитать ТНС-индекс по формуле (1.1).
4. Сравнить рассчитанное значение ТНС-индекса с гигиеническим нормативом.
5. Сделать заключение о соответствии микроклимата на рабочем месте гигиеническим нормам.
6. В случае неудовлетворительного состояния микроклимата в помещении дать рекомендации по его нормализации.
7. Результаты измерений и расчёта занести в табл. 1.10.

Таблица 1.10

Результаты экспериментального определения ТНС-индекса

Наименование показателей микроклимата	Значение показателя микроклимата
Температура внутри зачерненного шара, °С	
Температура, измеренная влажным термометром, °С	
Тепловая нагрузка среды, °С	
Нормативное значение ТНС-индекса, °С	

**Задание 3.** *Исследовать метеорологические условия на условном рабочем месте при различной интенсивности воздушного душирования.*

1. Включить вентилятор для создания воздушного потока в контрольной точке.
2. Определить относительную влажность воздуха в контрольной точке (на расстоянии 0,5+0,7 м от вентилятора) при помощи аспирационного психрометра Ассмана.
3. Измерить скорость движения воздуха в контрольной точке крыльчатым или чашечным анемометром.
4. Сравнить полученные результаты с нормами оптимальных и допустимых параметров микроклимата.
5. В случае неудовлетворительного состояния микроклимата в контрольной точке дать рекомендации по его нормализации.
6. Результаты измерений и расчётов занести в табл. 1.11.

Таблица 1.11

Экспериментальные и нормативные значения параметров микроклимата

Состояние микроклимата	Температура воздуха (°С) по термометрам		Показания счётчика анемометра, число делений		Время работы анемометра, с	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	Температура воздуха, °С
	«влажному»	«сухому»	$n_1$	$n_2$				
1. В воздушном потоке								
2. Нормативный оптимальный микроклимат								
3. Нормативный допустимый микроклимат								

Отчёт должен содержать:

1. Наименование и цель работы.
2. Программу работы.
3. Описание используемых приборов и оборудования.
4. Таблицы результатов измерений.
5. Результаты обработки экспериментальных данных с соответствующими расчётами.
6. Выводы по каждому пункту программы.

Литература

1. Алексеев С. В., Усенко В. Р. Гигиена труда. — М.: Медицина, 1988. — 566 с.
2. Каспаров А. А. Гигиена труда и промышленная санитария. — М.: Медицина, 1981. — 366 с.
3. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. СанПиН 2.2.4.548-96. — М.: Минздрав России, 1997. — 20 с.

Контрольные вопросы

1. Какими параметрами характеризуется микроклимат производственных помещений?
2. Каким образом осуществляется терморегуляция организма человека?
3. Каким образом параметры микроклимата влияют на процессы терморегуляции организма человека?
4. Какие основные принципы гигиенического нормирования параметров микроклимата использованы в СанПиН 2.2.4.548-96?
5. Каковы принципиальные отличия оптимальных и допустимых параметров микроклимата?
6. Какие приборы используются в санитарно-гигиенической практике для измерения текущих и экстремальных величин температуры воздуха в помещениях?
7. Как работает минимальный спиртовой термометр?
8. Какой принцип фиксации экстремального значения температуры в ртутном максимальном термометре?
9. Почему для измерения подвижности воздуха можно использовать только кататермометры и термоанемометры?
10. Какой принцип действия кататермометра?
11. Какой принцип действия крыльчатого и чашечного анемометров?
12. Какие физические эффекты используются для измерения влажности воздуха психрометрами и гигрометрами?
13. Каков порядок измерения относительной влажности воздуха аспирационным психрометром Ассмана?
14. Какой физический эффект используется в приборе для измерения интенсивности теплового облучения?
15. Какова физическая сущность ТНС-индекса?
16. Каким образом измеряется и рассчитывается ТНС-индекс?

## Лабораторная работа № 2 ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

**Цель работы:** изучить существующие санитарно-гигиенические нормы и требования к искусственному освещению производственных помещений, ознакомиться с приборами, изучить их устройство и принцип действия, освоить методику измерения параметров освещения.

### 2.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

**Освещение** — получение, распределение и использование световой энергии для обеспечения благоприятных условий видения предметов и объектов. Оно влияет на настроение и самочувствие, определяет эффективность труда.

В зависимости от источника света освещение может быть трех видов: *естественное, искусственное и совмещенное (смешанное)*.

#### 2.1.1. Светотехнические характеристики освещения

Для гигиенической оценки освещения используются светотехнические характеристики, принятые в физике.

**Видимое излучение** — участок спектра электромагнитных колебаний в диапазоне длин волн от 380 до 770 нм ( $1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$ ), регистрируемых человеческим глазом.

**Световой поток  $F$**  — мощность лучистой энергии, оцениваемая по производимому ею зрительному ощущению. За единицу светового потока принят люмен (лм).

**Сила света  $I_s$**  — пространственная плотность светового потока:

$$I_s = dF/d\omega, \quad (2.1)$$

где  $dF$  — световой поток (лм), равномерно распределяющийся в пределах телесного угла  $d\omega$ . Единица измерения силы света — кандела (кд), равная световому потоку в 1 лм (люмен), распространяющемуся внутри телесного угла в 1 стерадиан.

**Освещенность  $E$**  — поверхностная плотность светового потока, люкс (лк):

$$E = dF/dS, \quad (2.2)$$

где  $dS$  — площадь поверхности ( $\text{м}^2$ ), на которую падает световой поток  $dF$ .

**Яркость  $B$**  — поверхностная плотность силы света в заданном направлении. Яркость, являющаяся характеристикой светящихся тел, равна отношению силы света в каком-либо направлении к площади проекции светящейся поверхности на плоскость, перпендикулярную к этому направлению:

$$B = I_s/dS \cdot \cos \alpha, \quad (2.3)$$

где  $I_s$  — сила света, кд;  $dS$  — площадь излучающей поверхности,  $\text{м}^2$ ;  $\alpha$  — угол между направлением излучения и плоскостью, град.

Единицей измерения яркости является  $\text{кд}/\text{м}^2$  — это яркость такой плоской поверхности, которая в перпендикулярном направлении излучает силу света 1 кд с площади  $1 \text{ м}^2$ .

#### 2.1.2. Виды, системы и источники искусственного освещения

**Искусственное освещение** предусматривается в помещениях, в которых испытывается недостаток естественного света, а также для освещения помещения в те часы суток, когда естественная освещенность отсутствует.

По принципу организации искусственное освещение можно разделить на два вида: общее и комбинированное.

**Общее освещение** предназначено для освещения всего помещения, оно может быть равномерным или локализованным. **Общее равномерное** освещение создает условия для выполнения работ

в любом месте освещаемого пространства. При *общем локализованном* освещении светильники размещают в соответствии с расположением оборудования, что позволяет создавать повышенную освещенность на рабочих местах.

*Комбинированное* освещение состоит из общего и местного. Его целесообразно устраивать при зрительных работах высокой точности, а также при необходимости создания в процессе работы определенной направленности светового потока. *Местное* освещение предназначено для освещения только рабочих поверхностей и не создает необходимой освещенности даже на прилегающих к ним участках. Оно может быть стационарным и переносным. Применение только местного освещения в производственных помещениях запрещается, так как резкий контраст между ярко освещенными и неосвещенными местами утомляет зрение, замедляет скорость работы и нередко является причиной несчастных случаев.

По функциональному назначению искусственное освещение подразделяется на *рабочее, аварийное, эвакуационное и охранное*.

*Рабочее* освещение предусматривается для всех помещений производственных зданий, а также участков открытых пространств, предназначенных для работы, прохода людей и движения транспорта.

*Аварийное* освещение в помещениях и на местах производства работ необходимо предусматривать, если отключение рабочего освещения и связанное с этим нарушение обслуживания оборудования может привести к взрыву, пожару, длительному нарушению технологического процесса или работы объектов жизнеобеспечения. Наименьшая освещенность, создаваемая аварийным освещением, должна составлять 5 % освещенности, нормируемой для рабочего освещения, но не менее 2 лк внутри зданий и не менее 1 лк для территории предприятий.

*Эвакуационное* освещение следует предусматривать в местах, отведенных для прохода людей, в проходах и на лестницах, служащих для эвакуации людей в количестве более 50 человек. Это освещение должно обеспечивать на полу основных проходов (или на земле) и на ступенях лестниц освещенность не менее 0,5 лк в помещениях и 0,2 лк на открытой территории.

*Охранное* освещение предусматривается вдоль границ территории, охраняемой в ночное время. Охранное освещение должно обеспечивать освещенность не менее 0,5 лк на уровне земли.

В качестве источников искусственного освещения применяются *лампы накаливания и газоразрядные лампы*.

В *лампах накаливания* источником света является раскаленная вольфрамовая проволока. Эти лампы дают непрерывный спектр излучения с повышенной (по сравнению с естественным светом) интенсивностью в желто-красной области спектра. По конструкции лампы накаливания бывают вакуумные, газонаполненные, бесспиральные (галогенные).

Общим недостатком ламп накаливания является сравнительно небольшой срок службы (менее 2000 часов) и малая световая отдача (отношение создаваемого лампой светового потока к потребляемой электрической мощности) (8–20 лм/Вт). В промышленности они находят применение для организации местного освещения.

Наибольшее применение в промышленности находят *газоразрядные лампы* низкого и высокого давления. Газоразрядные лампы низкого давления, называемые *люминесцентными*, содержат стеклянную трубку, внутренняя поверхность которой покрыта люминофором, наполненную дозированным количеством ртути (30–80 мг) и смесью инертных газов под давлением около 400 Па. На противоположных концах внутри трубки размещаются электроды, между которыми, при включении лампы в сеть, возникает газовый разряд, сопровождающийся излучением преимущественно в ультрафиолетовой области спектра. Это излучение, в свою очередь, преобразуется люминофором в видимое световое излучение. В зависимости от состава люминофора люминесцентные лампы обладают различной цветностью.

В последние годы появились газоразрядные лампы низкого давления со встроенным высокочастотным преобразователем. Газовый разряд в таких лампах (называемый *вихревым*) возбуждается на высоких частотах (десятки кГц), за счет чего обеспечивается очень высокая светоотдача.

К газоразрядным лампам высокого давления (0,03–0,08 МПа) относят *дуговые ртутные лампы* (ДРЛ). В спектре излучения этих ламп преобладают составляющие зелено-голубой области спектра.

Основными достоинствами газоразрядных ламп являются их долговечность (свыше 10000 часов), экономичность, малая себестоимость изготовления, благоприятный спектр излучения, обеспечивающий высокое качество цветопередачи, низкая температура поверхности. Светоотдача этих ламп колеблется в пределах от 30 до 105 лм/Вт, что в несколько раз превышает светоотдачу ламп накаливания. Одним из недостатков газоразрядных ламп является наличие стробоскопического эффекта, описанного ниже.

Освещение рабочих помещений осуществляется светильниками — приборами, состоящими из источника света и арматуры, которая защищает источник света от механических повреждений, дыма, пыли, а также служит для крепления и подключения источника к сети питания.

В зависимости от назначения, по конструктивному исполнению светильники подразделяются по степени защиты от пыли, влаги, химически агрессивных сред; их изготавливают из коррозионно-стойких материалов, герметичными. Различают светильники открытые, закрытые, пыленепроницаемые, влагозащищенные, взрывозащищенные и для химически активной среды.

На освещенность рабочих поверхностей в производственном помещении влияют отражение и поглощение света стенами, потолком и другими поверхностями, расстояние от светильника до рабочей поверхности, состояние излучающей поверхности светильника, наличие рассеивателя света и т. д. Вследствие этого полезно используется лишь часть светового потока, излучаемого источником света.

Величина, характеризующая эффективность использования источников света, называется *коэффициентом использования светового потока или коэффициентом использования осветительной установки* ( $\eta$ ) и определяется как отношение фактического светового потока ( $F_{\text{факт}}$ ) к суммарному световому потоку ( $F_{\text{лампы}}$ ) используемых источников света, определенному по их номинальной мощности в соответствии с нормативной документацией:

$$\eta = F_{\text{факт}} / F_{\text{лампы}}. \quad (2.4)$$

Значение фактического светового потока  $F_{\text{факт}}$  можно определить по результатам измерений в помещении средней освещенности  $E_{\text{ср}}$  по формуле:

$$F_{\text{факт}} = E_{\text{ср}} \cdot S, \quad (2.5)$$

где  $S$  — площадь помещения, м<sup>2</sup>.

### 2.1.3. Нормирование искусственного освещения

Наименьшая освещенность рабочих поверхностей в производственных помещениях устанавливается в зависимости от характеристики зрительной работы, системы освещения и регламентируется строительными нормами и правилами СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение».

Характеристика зрительной работы определяется минимальным размером объекта различения, контрастом объекта с фоном и свойствами фона.

*Объект различения* — рассматриваемый предмет, отдельная его часть или дефект, которые следует контролировать в процессе работы.

*Фон* — поверхность, прилегающая непосредственно к объекту различения, на котором он рассматривается. Фон считается: светлым при коэффициенте отражения  $r$  светового потока поверхностью — более 0,4; среднесветлым при коэффициенте отражения от 0,2 до 0,4; темным при коэффициенте отражения менее 0,2.

*Контраст* объекта различения с фоном ( $K$ ) определяется отношением абсолютной величины разности яркостей объекта  $B_o$  и фона  $B_\phi$  к наибольшей из этих двух яркостей. Контраст считается большим при значениях  $K$  более 0,5; средним — при значениях  $K$  от 0,2 до 0,5; малым — при значениях  $K$  менее 0,2.

В соответствии со СНиП 23-05-95 все зрительные работы делятся на 8 разрядов в зависимости от размера объекта различения и условий зрительной работы. Для первых четырех разрядов зрительной

работы установлены подразряды: для производственных помещений — в зависимости от светлости и контрастности объекта различения и фона; для общественных и жилых помещений — в зависимости от доли времени рабочей смены, затрачиваемой на выполнение зрительной работы.

Кроме цветности источников света и цветовой отделки интерьера, влияющих на субъективную оценку освещения, важным параметром, характеризующим качество освещения, является коэффициент пульсации освещенности  $K_n$ :

$$K_n = (E_{\max} - E_{\min}) / 2E_{\text{ср}} \cdot 100 \%, \quad (2.6)$$

где  $E_{\max}$  — максимальное значение пульсирующей освещенности на рабочей поверхности;

$E_{\min}$  — минимальное значение пульсирующей освещенности;

$E_{\text{ср}}$  — среднее значение освещенности.

Пульсации освещенности на рабочей поверхности не только утомляют зрение, но и могут вызывать неадекватное восприятие наблюдаемого объекта за счет появления стробоскопического эффекта. *Стробоскопический эффект* — кажущееся изменение или прекращение движения объекта, освещаемого светом, периодически изменяющимся с определенной частотой. Например, если вращающийся белый диск с черным сектором освещать пульсирующим световым потоком (вспышками), то сектор будет казаться неподвижным при частоте  $f_{\text{всп}} = f_{\text{вращ}}$ , медленно вращающимся в обратную сторону при  $f_{\text{всп}} > f_{\text{вращ}}$ , медленно вращающимся в ту же сторону при  $f_{\text{всп}} < f_{\text{вращ}}$ , где  $f_{\text{всп}}$  и  $f_{\text{вращ}}$  — соответственно частоты вспышек и вращения диска. Пульсации освещенности на вращающихся и линейно движущихся объектах могут вызывать видимость их неподвижности, что в свою очередь, может явиться причиной травматизма.

Значение  $K_n$  изменяется от нескольких процентов (для ламп накаливания) до нескольких десятков процентов (для люминесцентных ламп). Малое значение  $K_n$  для ламп накаливания объясняется большой тепловой инерцией нити накала, препятствующей замет-

ному уменьшению светового потока  $F_{\text{лм}}$  ламп в момент перехода мгновенного значения переменного напряжения сети через 0. В то же время газоразрядные лампы обладают малой инерцией и изменяют свой световой поток  $F_{\text{лм}}$  почти пропорционально амплитуде сетевого напряжения.

Для уменьшения коэффициента пульсации освещенности  $K_n$  люминесцентные лампы включаются в разные фазы трехфазной электрической сети.

В соответствии со СНиП 23-05-95 коэффициент пульсации освещенности  $K_n$  нормируется в зависимости от разряда зрительных работ и сочетаний с показателем ослепленности  $P$ :

$$P = (s-1) \cdot 10^3, \quad (2.7)$$

где  $s$  — коэффициент ослепленности, определяемый как

$$s = (\Delta B_{\text{пор}})_z / \Delta B_{\text{пор}}, \quad (2.8)$$

здесь  $\Delta B_{\text{пор}}$  — пороговая разность яркости объекта и фона при обнаружении объекта на фоне равномерной яркости;  $(\Delta B_{\text{пор}})_z$  — то же при наличии в поле зрения блеского (яркого) источника света. Значения допустимой минимальной освещенности рабочих мест поверхностей, коэффициентов ослепленности и пульсации светового потока приведены в СНиП-23.05.95 (2003), табл. 1, 2.

## 2.2. ПРИБОРЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

Работа проводится на лабораторной установке — макете и в специально оборудованной комнате (боксе).

Лабораторная установка состоит из макета производственного помещения, оборудованного различными источниками искусственного освещения, и люксметра-пульсометра для измерения значений освещенности и коэффициента её пульсаций. Макет и люксметр-пульсометр устанавливаются на лабораторный стол.

Внешний вид макета представлен на рис. 2.1.

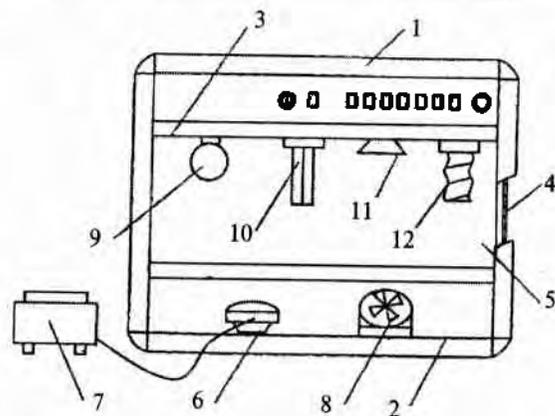


Рис. 2.1. Внешний вид макета

Макет имеет каркас 1 из алюминиевого профиля, пол 2, потолок 3, боковые стенки 4, заднюю стенку и переднюю стенку 5. 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 тона, при этом нижняя окрашенная половина стенки темнее верхней.

Передняя стенка 5 жестко вмонтирована в каркас и выполнена из тонированного прозрачного стекла.

В передней нижней части каркаса 1 (рис. 2.1) предусмотрено окно для установки измерительной головки 6 люксметра-пульсометра 7 внутрь каркаса.

На полу 2 размещен вентилятор 8 для наблюдения стробоскопического эффекта и охлаждения ламп в процессе работы.

На потолке 3 размещены 7 патронов, в которых установлены две лампы накаливания 9, три люминесцентные лампы 10 типа КЛ9, галогенная лампа 11 и люминесцентная лампа 12 типа СКЛЭН с высокочастотным преобразователем. Вертикальная проекция ламп отмечена на полу двумя цифрами, соответствующими номерам ламп на лицевой панели макета.

Включение электропитания установки производится автоматом защиты, находящимся на задней панели каркаса, и регистрируется сигнальной лампой, расположенной на передней панели каркаса.

На передней панели каркаса (рис. 2.2) расположены органы управления и контроля, в том числе:

- ◆ лампа индикации включения напряжения сети;
- ◆ переключатель для включения вентилятора;
- ◆ ручка регулирования частоты вращения вентилятора;
- ◆ переключатели (1–7) для включения ламп.



Рис. 2.2. Передняя панель 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 каркаса (рис. 2.2).

На задней панели каркаса расположен автомат защиты сети и двоячная розетка с напряжением 220 В для подключения измерительных приборов.

Для выполнения работы в лабораторной установке применяется следующее оборудование: фотоэлектрический люксметр Ю-116, пульсометр.

Люксметр Ю-116 состоит из фотоэлемента (рис. 2.3) с набором поглотительных насадок 3, 4, 5, 6 и гальванометра 2. Действие прибора основано на фотоэлектрическом эффекте. Световой поток, попадающий на селеновый фотоэлемент, вызывает электрический ток, величина которого фиксируется стрелкой гальванометра

пропорционально величине светового потока. Прибор имеет две шкалы измерения: от 0 до 30 лк и от 0 до 100 лк, и соответствующие им кнопки управления. При нажатии левой кнопки отсчет показаний ведется по шкале 0–30 лк, при нажатии правой — 0–100 лк. Наибольшую погрешность измерений прибор дает при малых отклонениях стрелки гальванометра. Поэтому на каждой шкале обозначено допустимое начало измерения. На шкале 0–30 лк эта точка находится над отметкой 5 лк, а на шкале 0–100 лк — над отметкой 20 лк.

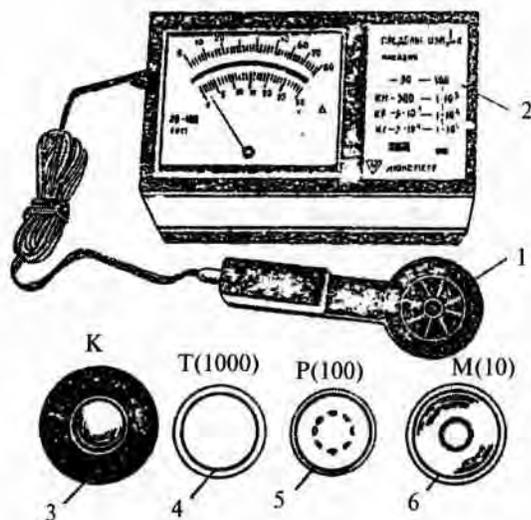


Рис. 2.3. Люксметр Ю-116

Для измерения больших освещенностей (свыше 100 лк) на фотоземлет надевают светопоглощающие насадки К, М, Р, Т. Насадка К выполнена в виде полусферы из белой светорассеивающей пластмассы и служит для уменьшения косинусной погрешности, связанной с углом падения света на фотоземлет. Насадка К применяется только совместно с одной из насадок, М, Р или Т. При использовании насадок К и М коэффициент ослабления светового потока составляет 10, при использовании насадок К и Р — 100, а

насадок К и Т — 1000. Показания прибора при использовании насадок умножают на соответствующий коэффициент ослабления.

Люксметр-пульсометр содержит, корпус 1 (рис. 2.4), на лицевой панели которого расположен стрелочный индикатор 2, переключатель 3 режима измерения (освещенность Е — коэффициент пульсации  $K_p$ ), переключатель 4 диапазона измерения (100–30) и переключатель 5 включения напряжения сети со встроенным индикатором. На задней стенке корпуса 1 закреплен сетевой шнур 6 с вилкой и держатель 7 предохранителя. В качестве приемника светового потока используется измерительная головка 8 с насадками 9. При выключенном питании прибор работает как люксметр (Ю-116) и позволяет измерять освещенность в диапазоне от 5 до 100000 лк. Выбор диапазона определяется насадками. В положении 100 переключателя 4 диапазона измерения с насадками К и М измеряется освещенность до 100 лк, с насадками К и Р — до 10000 лк и с насадками К и Т — до 100000 лк. В положении 30 переключателя диапазона измерения с этими же насадками измеряется освещенность до 300 лк, 3000 лк и 30000 лк соответственно.

При включении питания прибор позволяет измерять коэффициент пульсации освещенности в диапазоне от 0 до 30 % или от 0 до 100 %

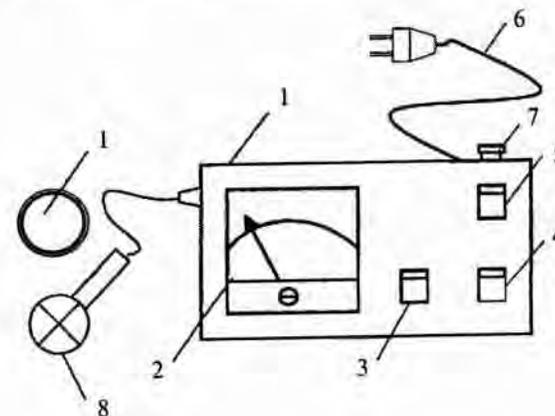


Рис. 2.4. Люксметр-пульсометр

в зависимости от положения переключателя диапазона измерения. Следует обратить внимание на то, чтобы измерение коэффициента пульсации производилось при тех же насадках, что и измерение освещенности.

*Специально оборудованная комната (бокс)* не имеет естественного освещения. В ней расположено несколько верхних светильников различного типа и светильник местного освещения, что позволяет исследовать общее и комбинированное искусственное освещение.

С помощью трансформатора можно изменять напряжение в сети, а с помощью специального механизма — высоту подвеса верхнего светильника. Это позволяет исследовать зависимость освещенности на рабочем месте от напряжения в сети, от высоты подвеса светильника, а также построить изолюксы распределения светового потока светильника. Оборудование позволяет определить коэффициент отражения светового потока по методике, разработанной в МГТУ им. Н. Э. Баумана.

Для выполнения работы в боксе используется следующее оборудование: фотоэлектрический люксметр Ю-116 (описание приведено выше), фотометр ФМ-58.

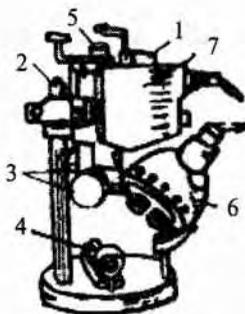


Рис. 2.5. Общий вид фотометра ФМ-58

Фотометр ФМ-58 (рис. 2.5) предназначен для измерения коэффициентов отражения (КО) фотоэлектрическим способом. Он состоит из головки 1, штатива 2, измерительных барабанов 3, поворотного предметного столика с лимбом 4, окуляра 5, осветителя 6, переключателя светофильтров 7.

В основу устройства прибора положен принцип сравнения и выравнивания двух световых потоков, излучаемых осветителем, путем изменения одного из них с помощью диафрагм с переменным отверстием, т. е. достижения фотометрического равновесия.

Один световой поток направляется на эталонную пластинку, другой — на исследуемый образец.

Отраженные световые пучки I и II (рис. 2.6) попадают в прибор через две диафрагмы 1, связанные с измерительными барабанами 2. Оптической системой прибора оба пучка сводятся в один и направляются в окуляр.

При визуальном методе измерения наблюдатель видит круг, разделенный линией пополам. Яркость левой половины круга определяется световым потоком, проходящим через правую диафрагму; яркость правой половины круга зависит от светового потока, проходящего через левую диафрагму. Световые потоки, выходящие из осветителя, равны, но при

отражении от исследуемых поверхностей с различными коэффициентами отражения они изменяются, а значит, становятся равными яркости каждой половины круга.

Для того чтобы уравнять яркости, необходимо уменьшить яркость более яркой половины. Это осуществляют изменением отверстия диафрагмы, через которую проходит большой световой поток. На измерительных барабанах, связанных с диафрагмами, нанесено отношение в процентах площади

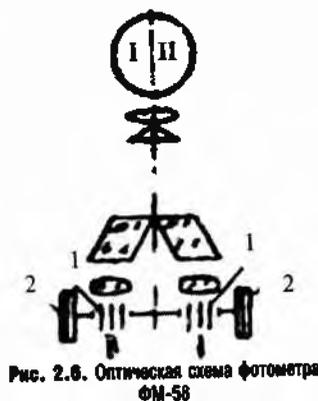


Рис. 2.6. Оптическая схема фотометра ФМ-58

площади отверстия диафрагмы при данном ее раскрытии к площади при максимальном ее раскрытии (черная шкала). Так как световой поток равномерного пучка света, проходящего через диафрагму, пропорционален площади ее раскрытия, то отношение площадей отверстий диафрагм даст отношение потоков. Для определения коэффициентов отражения тел к фотометру прилагается баритовая пластинка, служащая эталоном, с которым сравнивают исследуемые образцы. Коэффициент отражения баритовой пластинки равен 89 %.

### 2.2.1. Требования безопасности при выполнении лабораторной работы

К выполнению работы допускаются студенты, ознакомленные с устройством лабораторной установки, принципом действия и мерами безопасности при проведении лабораторной работы.

Для предотвращения перегрева установки при длительной работе ламп необходимо включить вентилятор.

После проведения лабораторной работы отключить электропитание стенда и люксметра-пульсометра.

### 2.2.2. Порядок проведения экспериментальной части лабораторной работы при использовании макета производственного помещения

1. Установить стенки макета производственного помещения таким образом, чтобы стороны, окрашенные в темные тона, были обращены внутрь помещения.
2. Включить установку с помощью автомата защиты, находящегося на задней панели каркаса.
3. Включить лампы (выбор ламп производится по заданию преподавателя).
4. Произвести измерение освещенности с помощью люксметра-пульсометра не менее чем в пяти точках макета производственного помещения (в центре и углах пола), определить среднее значение освещенности  $E_{ср}$ .
5. Установить стенки макета производственного помещения таким образом, чтобы стороны, окрашенные в светлые тона, были обращены внутрь помещения.
6. Произвести измерение освещенности не менее чем в пяти точках макета производственного помещения, определить среднее значение освещенности.
7. Сравнить полученные в результате измерений по пп. 4 и 6 значения освещенности с допустимыми значениями освещенности, приведенными в СНиП 23-05-95 или СанПиН 2.2.1/2.1.1-1278-03 (разряд зрительных работ принять по указанию преподавателя).

8. По результатам измерений освещенности для варианта с темной и светлой окраской стен вычислить значение фактического светового потока  $F_{факт}$  по формуле (2.5).

9. Вычислить коэффициент использования осветительной установки  $\eta$  для варианта с темной и светлой окраской стен по формуле (2.4). Суммарный световой поток  $F_{лампы}$  выбрать по номинальной мощности для каждого типа ламп из табл. 2.1.

Таблица 2.1

Световые характеристики ламп

Тип ламп	Номинальная мощность, Вт	Номинальный световой поток, лм
Лампа накаливания	60	730
Лампа накаливания криптоновая	60	800
Лампа люминесцентная КЛ19	9	600 (465)*
Лампа люминесцентная СКЛЭН	11	700
Лампа галогенная	50	850

\* После минимальной продолжительности горения (2000 часов)

10. Повторить измерения для другого типа ламп.
11. Сравнить значения коэффициентов использования осветительных установок, полученные для случаев с использованием различных источников света и различной окраской стен.
12. С помощью люксметра-пульсометра измерить коэффициент пульсации освещенности при включении одной лампы накаливания, а затем — при включении одной люминесцентной лампы типа КЛ19. Сравнить полученные значения.
13. Измерить и сравнить между собой коэффициенты пульсации освещенности при включении одной люминесцентной лампы, затем — двух и, наконец, при включении трех люминесцентных ламп типа КЛ19. (Следует учесть, что люминесцентные лампы включены в три различные фазы трехфазной сети, поэтому измерительную головку люксметра-пульсометра необходимо располагать в геометрическом центре системы включенных ламп.)
14. Включить люминесцентную лампу типа КЛ19 в центре установки и вентилятор. Вращая ручку «Частота», регулируемую скорость

вращения лопастей вентилятора, подобрать такую частоту, при которой возникает стробоскопический эффект (лопасти кажутся неподвижными).

15. Выключить стенд. Составить отчет о работе.

### 2.2.3. Порядок выполнения экспериментальной части лабораторной работы в специально оборудованной лаборатории

1. Включить установленные на рабочих местах светильники, определить тип ламп и систему освещения.

2. Пользуясь люксметром, определить освещенность на рабочем месте. Для этого положить фотоэлемент на рабочую поверхность чувствительным слоем вверх, снять показания прибора.

3. Определить фон (коэффициент отражения рабочей поверхности) на фотометре ФМ-58 путем перечисленных ниже действий.

4. Включить фотометр в сеть.

5. Поставить в горизонтальное положение поворотный предметный столик 4 (см. рис. 2.5), установив на лимбе «0».

6. Поставить переключатель светофильтров 7 в положение, соответствующее цвету исследуемой поверхности (12 — белый, черный, 3 — зеленый, 5 — желтый).

7. Исследуемый образец, качественно имитирующий фон, положить на держатель под правым барабаном, баритовую пластинку — под левым.

8. Правый барабан 3 установить на деление (по черной шкале), соответствующее величине коэффициента отражения баритовой пластинки (89 %), и, глядя в окуляр 5, поворотом левого барабана добиться фотометрического равновесия.

Отсчет по черной шкале левого барабана даст значение коэффициента отражения исследуемого образца.

9. При заданном фоне выполнить исследование для других цветов (черного, зеленого, желтого) на фотометре ФМ-58 в том же порядке. Данные замеров занести в таблицу, составленную по нижеприведенной форме 1.

Форма 1

Тип лампы	Система освещения	Освещенность, замеренная на рабочем месте, лк	КО фона, %	Объект	КО объекта
				черная линия	
				зеленая линия	
				желтая линия	

10. Подсчитать контраст объектов с фоном по соответствующим формулам.

11. Определить размер объектов в мм (толщину самой тонкой линии на чертежах).

12. По нормам СНиП-23-05-95 определить наименьшую нормируемую освещенность для принятых видов окраски рабочей поверхности, принимая во внимание параметры, определенные выше (разряд зрительных работ, фон, контраст объекта с фоном, тип ламп, вид освещения).

13. Полученные результаты расчетов и замеров занести в таблицу, составленную по нижеприведенной форме 2.

Форма 2

Вид зрительных работ (объект)	Разряд зрительных работ	Размер объекта различения, мм	Контраст объекта с фоном	Фон	Освещенность, лк		Вывод
					замеренная	нормируемая	
Черная линия							
Зеленая линия							
Желтая линия							

14. В заключение записать в форму вывод о возможности проведения исследования зрительных работ при замеренном значении освещенности.

15. При исследовании параметров комбинированного искусственного освещения вид зрительной работы, число и тип светильника задает преподаватель (напряжение в сети 220 В).

16. Включить светильники общего освещения в соответствии с заданием.

17. Определить общее освещение на рабочем месте.

18. Изменить высоту подвеса верхнего светильника и замерить освещенность на том же рабочем месте при высоте подвеса 60, 80, 100, 120 см.

19. Включить светильник местного освещения.

20. Замерить освещенность на том же рабочем месте при высоте подвеса лампы местного освещения 60, 80, 100 и 120 см.

21. Определить в каждом случае долю общего освещения в %.

22. Каждая бригада студентов проводит весь комплекс исследований при различном напряжении в сети (220, 180, 150, 120 В). Полученные результаты измерений занести в таблицу, составленную по нижеприведенной форме 3.

Форма 3

Тип светильника	Высота подвеса светильника, м		Освещенность, лк, от освещения		Доля общего освещения	Вывод
	верхнего	местного	общего	комбинированного		
1	2	3	4	5	6	7

23. В заключение сделать вывод, достаточна ли освещенность на рабочем месте для выполнения заданного характера зрительных работ при общем и комбинированном освещении на рабочем месте в зависимости от напряжения в сети и высоты подвеса светильника.

#### Литература

1. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение. — М.: Стройиздат, 1996.

2. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. — М.: Минздрав РФ, 2003.

3. Методические указания «Оценка освещения рабочих мест». МУ 2.2.4 706-98.

4. ГОСТ 13.828-68. Светильники. Виды и обозначения.

5. Черниловская Ф. М. Освещение промышленных предприятий и его гигиеническое значение. — М.: Изд-во Медицина, 1971. — 284 с.

6. Суворов Г. А. и др. Освещение на производстве: Эколого-гигиеническая оценка и контроль / Под. ред. Н. Ф. Измерова. — М.: Ред. журнала «Охрана труда и социальное страхование», 1998. — 136 с.

#### Контрольные вопросы

1. Что такое освещение помещений?
2. Перечислите виды освещения в зависимости от источника света.
3. Что такое световой поток, сила света, освещенность, яркость?
4. Какие бывают системы искусственного освещения?
5. Перечислите виды искусственного освещения по функциональному назначению.
6. Назовите источники искусственного освещения.
7. В чем заключается принцип нормирования параметров световой среды?
8. Как определяется разряд и подразряд зрительных работ?
9. Что такое коэффициент пульсации светового потока?
10. Каким способом можно уменьшить коэффициент пульсации светового потока?
11. Объясните суть стробоскопического эффекта.
12. Что такое коэффициент использования осветительной установки?
13. Перечислите приборы, используемые для гигиенической оценки параметров световой среды.
14. Объясните принцип действия и устройство люксметра Ю-116.
15. Объясните принцип действия и устройство люксметра-пульсометра.
16. Объясните принцип действия и устройство фотометра ФМ-58.

### Лабораторная работа № 3 ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЕСТЕСТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

**Цель работы:** изучить существующие санитарно-гигиенические нормы и требования к естественному освещению, освоить методику измерения параметров естественного освещения.

#### 3.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Естественное освещение для работы в дневное время следует предусматривать во всех производственных помещениях с постоянным пребыванием в них людей. Естественное освещение более экономичное и совершенное с точки зрения медико-санитарных требований по сравнению с искусственным.

Естественное освещение характеризуется коэффициентом естественной освещенности (КЕО). КЕО(е) — это отношение естественной освещенности  $E_e$ , создаваемой в некоторой точке заданной плоскости внутри помещения светом неба (непосредственным или отраженным), к наружной горизонтальной освещенности  $E_n$ , создаваемой светом полностью открытого небосвода:

$$\text{КЕО}(e) = \frac{E_e}{E_n} 100 \% \quad (3.1)$$

По конструктивным особенностям естественное освещение подразделяется на боковое, осуществляемое через световые проемы в наружных стенах (окна); верхнее, осуществляемое через фонари и световые проемы в перекрытии, а также световые проемы в местах перепадов высот смежных зданий; комбинированное — сочетание верхнего и бокового естественного освещения.

Необходимая освещенность рабочих мест естественным светом зависит от системы естественного освещения и разряда выполня-

емых зрительных работ, который характеризуется размером минимального объекта различения. Нормируемой характеристикой естественного освещения является КЕО.

При боковом естественном освещении нормируется минимальное значение КЕО: при одностороннем — в точке, расположенной на расстоянии 1 м от стены, противоположной стене с оконными проемами, а при двухстороннем — в точке, находящейся в геометрическом центре помещения на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности или пола. При верхнем и комбинированном освещении нормируется среднее значение КЕО:

$$e_{\text{ср}} = \frac{1}{N-1} \left( \frac{l_1}{2} + l_2 + l_3 + \dots + \frac{l_n}{2} \right),$$

где  $N$  — количество точек определения (КЕО) (первая и последняя точки принимаются на расстоянии 1 м от поверхности наружных стен и перегородок);

$l_1, l_2, l_3, \dots, l_n$  — КЕО в точках характерного разреза помещения.

В соответствии со СНиП 23-05-95 нормированное значение КЕО для зданий, расположенных в различных группах административных районов Российской Федерации по обеспеченности солнечными ресурсами, определяется по формуле

$$e_n^N = e_n^I \cdot m_N, \quad (3.2)$$

где  $e_n^I$  — значение КЕО для зданий, расположенных в I группе административных районов по солнечным ресурсам;

$m_N$  — коэффициент светового климата, зависящий от номера группы административных районов по солнечным ресурсам, месту расположения светового проема и его ориентации по сторонам света. Значения  $e_n^I$  и  $m_N$  приведены в соответствующих таблицах СНиП 23.05.95.

Для обеспечения достаточности естественного освещения на стадии проектирования производственного здания определяют

необходимую площадь световых проемов. На стадии эксплуатации производственного здания для правильной расстановки оборудования и размещения рабочих мест в зависимости от выполнения работ с различной степенью зрительного напряжения КЕО определяют аналитически, графическим методом или по экспериментальным данным.

*Методика расчета площади световых проемов*

Отношение площади световых проемов (окон) к площади пола помещения  $S_0/S_n$  (%), обеспечивающее нормированное значение КЕО при боковом освещении помещения, определяется по формуле

$$100 \frac{S_0}{S_n} = \frac{e_n^N \eta_o K_3}{\tau_o r_1} K_{зк} \quad (3.3)$$

При верхнем освещении:

$$100 \frac{S_0}{S_\phi} = \frac{e_n^N \eta_\phi K_3}{\tau_o r_2 K_\phi} \quad (3.4)$$

- где  $S_0, S_\phi$  — площадь окон и фонарей соответственно, м<sup>2</sup>;
- $e_n^N$  — нормированное значение КЕО, %
- $K_3$  — коэффициент запаса, определяемый в зависимости от назначения помещения;
- $\eta_o, \eta_\phi$  — световые характеристики окна или фонаря соответственно;
- $\tau_o$  — общий коэффициент светопропускания (учитывает оптические свойства светопропускающего материала, потери света в переплетах из-за загрязнения остекленных поверхностей, в несущих конструкциях, солнцезащитных устройствах);
- $r_1, r_2$  — коэффициенты, учитывающие отражение света от стен и подстилающей поверхности;
- $K_\phi$  — коэффициент, учитывающий тип фонаря;
- $K_{зк}$  — коэффициент, учитывающий затенение окон противостоящим зданием.

По этим же формулам можно определить значение КЕО в любой точке помещения.

*Методика определения КЕО при боковом освещении с использованием графических зависимостей*

При использовании графических зависимостей расчет КЕО осуществляют в следующей последовательности.

1. Определяют непосредственным измерением или по строительным чертежам площадь  $S_0$  (м<sup>2</sup>) световых проёмов, площадь  $S_n$  (м<sup>2</sup>) освещаемой части пола помещения и находят их отношение  $S_0/S_n$ .
2. Определяют глубину помещения  $h_n$  (м) от световых проёмов до расчётной точки, высоту  $h_o$  (м) верхней грани световых проёмов (окон) над уровнем рабочей поверхности и находят их отношение.
3. С использованием графика, изображённого на рис. 3.1, по значениям отношений  $S_0/S_n$  и  $h_n/h_o$  находят значение КЕО.

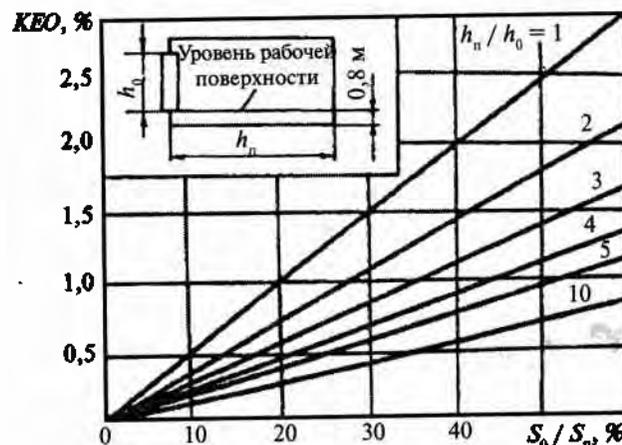


Рис. 3.1. График для определения КЕО по значению площади светового проема и освещаемой площади пола

При необходимости определения размеров оконных проёмов, обеспечивающих требуемое по условиям трудовой деятельности

значение КЕО, можно использовать график, приведённый на рис. 3.2. По графику на пересечении вычисленного отношения  $h_n / h_0$  (точка А) и необходимой величины КЕО (точка В) определяют требуемое значение  $S_0 / S_n$  (точка В), выраженное в процентах. Далее определяют требуемую площадь световых проёмов.

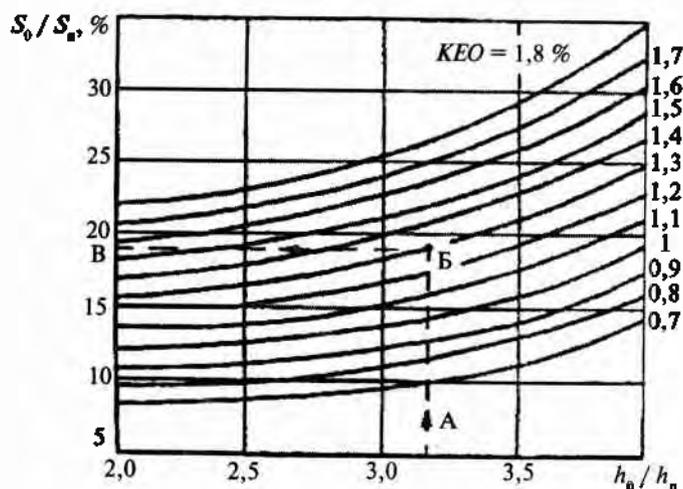


Рис. 3.2. График определения КЕО по глубине помещения и высоте световых проёмов

Графики, приведенные на рис. 3.1 и 3.2, построены для окон с двумя слоями листового оконного стекла в спаренных металлических открывающихся переплётах. Если проектом предусмотрены другие типы заполнителей световых проёмов, то найденное по графику значение нужно умножить на поправочный коэффициент  $k$ , значение которого принимают по справочным данным.

#### Методика определения КЕО по экспериментальным данным

Для определения КЕО по экспериментальным данным необходимо одновременно провести измерения естественной освещённости внутри и снаружи помещения. Замеры производятся с по-

мощью фотоэлектрического люксметра Ю-116. Описание прибора и принцип действия приведены в лабораторной работе № 2 «Исследование параметров искусственного освещения производственных помещений».

Для замеров внутри и снаружи помещения необходимо выбрать базовые точки и установить в них фотоэлементы люксметров. При этом пластины фотоэлементов, обращенные вверх, устанавливают параллельно полу на высоте стола (0,8 м от пола). Замеры естественной освещённости внутри и снаружи помещения проводятся одновременно не менее 10 раз в каждой точке. По окончании измерений рассчитывают средние арифметические значения естественной освещённости в базовых точках внутри и снаружи помещения, а затем по формуле (3.1) определяют КЕО.

### 3.2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

**Задание 1.** *Определить значение КЕО в заданной преподавателем расчетной точке.*

Аналитическим методом работа выполняется в следующей последовательности.

1. Определить размеры помещения: длину  $A$ , глубину  $B$ , высоту  $H$ , м.
2. Определить суммарную площадь оконных проёмов.
3. Определить расстояние от световых проёмов до расчетной точки, м.
4. Определить расстояние от условной рабочей поверхности до верхней грани световых проёмов, м.
5. Определить коэффициенты отражения от стен, потолка, пола (по окраске). Выполнить расчет средневзвешенного коэффициента отражения.
6. Определить табличные значения параметров, входящих в формулу (3.1) или (3.4) по табл. 3.1–3.5.
7. Вычислить значение КЕО, %.

8. Сделать вывод о соответствии значения КЕО указанному преподавателем разряду зрительных работ.

**Задание 2.** Определение значения КЕО по графическим зависимостям в заданной преподавателем расчетной точке помещения.

1. Определить непосредственным измерением площадь световых проемов  $S_0$ , м<sup>2</sup>.

2. Определить площадь помещения, м<sup>2</sup>.

Таблица 3.1

Значения световой характеристики  $\eta_0$  окон при боковом освещении

Отношение длины помещения А к его глубине В	Значение световой характеристики $\eta_0$ при отношении глубины помещения В к его высоте от уровня условной рабочей поверхности до верха окна $h_0$							
	1	1,5	2	3	4	5	7,5	10
4 и более	6,5	7	7,5	8	9	10	11	12,5
3	7,5	8	8,5	9,6	10	11	12,5	14
2	8,5	9	9,5	10,5	11,5	13	15	17
1,5	9,5	10,5	13	15	17	19	21	23
1	11	15	16	18	21	23	26,5	29
0,5	18	23	31	37	45	54	68	

Таблица 3.2

Значения коэффициента  $K_{zn}$ , учитывающего затенение окон противостоящими зданиями в зависимости от отношения расстояния между рассматриваемым и противостоящим зданием Р к высоте расположения карниза противостоящего здания над подоконником рассматриваемого окна  $H_{zn}$

$R/H_{zn}$	$K_{zn}$
0,5	1,7
1	1,4
1,5	1,2
2	1,1
3 и более	1

Таблица 3.3

Значения коэффициентов  $\tau_1$ ,  $\tau_2$ , и  $\tau_3$

Вид светопропускающего материала	Значения $\tau_1$	Вид переплета	Значения $\tau_2$	Несущие конструкции покрытий	Значения $\tau_3$
Стекло оконное листовое: одинарное двойное тройное	0,9	Переплеты для окон и фонарей промышленных зданий: а) деревянные: одинарные спаренные двойные раздельные б) стальные: одинарные открывающиеся одинарные глухие двойные открывающиеся	0,75 0,7 0,6	Стальные фермы Железобетонные и деревянные фермы и арки Балки и рамы сплошные при высоте сечения: 50 см и более менее 50 см	0,9
	0,8				0,8
	0,8				0,8
Стекло витринное толщиной 6 и 8 мм	0,8				
Стекло листовое армированное	0,6		0,75		
Стекло листовое узорчатое	0,65		0,9		0,8
Стекло листовое с социальными свойствами:			0,6		0,9
солнцезащитное	0,65		0,8		
контрастное	0,75		0,75		
Органическое стекло:			0,65		
прозрачное	0,9		0,5		
молочное	0,6				
Пустотелые стеклянные блоки:					
светоотражающие	0,5		0,9		
светоотражающие	0,55		0,85		
Стеклопакеты	0,8		0,7		
			0,9		
			0,85		

**Примечание.** Значения коэффициентов  $\tau_1$  и  $\tau_2$  для профильного стекла и конструкций из него следует принимать в соответствии с «Указаниями по проектированию, монтажу и эксплуатации конструкции из профильного стекла».

Значения коэффициента  $\tau_s$

Солнцезащитные устройства, изделия и материалы	Коэффициент, учитывающий потери света в солнцезащитных устройствах, $\tau_s$
1. Убирающиеся регулируемые жалюзи и шторы (межстелковые, внутренние, наружные)	1
2. Стационарные жалюзи и экраны с защитным углом не более 45° при расположении пластин жалюзи или экранов под углом 90° к плоскости	
горизонтальные	0,65
вертикальные	0,75
3. Горизонтальные козырьки:	
с защитным углом не более 30°	0,8
с защитным углом от 15 до 45° (многоступенчатые)	0,9 0,6

3. Определить отношение расстояния от световых проемов до расчетной точки ( $h_n$ ) к высоте от уровня условной рабочей поверхности до верхней грани световых проемов ( $h_o$ ).

4. С использованием графика, приведенного на рис. 3.1, по значениям  $S_o / S_n$  и  $h_n / h_o$  найти значение КЕО.

5. Сделать вывод о соответствии значения КЕО указанному преподавателем разряду зрительных работ.

**Задание 3. Исследовать естественное освещение экспериментальным методом.**

Работа выполняется двумя бригадами студентов одновременно.

1. Подготовить люксметры Ю-116 к проведению измерений.

2. Одна бригада измеряет освещенность в лаборатории на расстоянии 1, 2, 3, 4, 5 м и т. д. от окна.

3. Вторая бригада измеряет наружную освещенность на площадке, открытой со всех сторон, где небосклон не затемнен близко стоящими зданиями или деревьями.

Замеры освещенности по п.п. 2 и 3 должны проводиться одновременно. Время проведения замеров согласовывается заранее.

4. По формуле (3.1) для каждой точки вычислить КЕО. Результаты измерений и расчетов записать в протокол (форма 1).

Таблица 3.4

Таблица 3.5

Значения коэффициента  $r_1$

Отношение глубины помещения В к высоте от уровня условной рабочей поверхности до $h_n$ верха окна	Отношение расстояния / расчетной точки от наружной стены к глубине помещения В	Значение $r_1$ при боковом освещении		Значение $r_1$ при боковом двустороннем освещении															
		Среднеарифметический коэффициент отражения $R_p$ потолка, стен и пола		Отношение длины помещения А к его глубине															
		0,5	0,4	0,3		0,5		0,4		0,3		0,5		0,4		0,3			
		0,5	1	0,5	1	0,5	1	0,5	1	0,5	1	0,5	1	0,5	1	0,5	1		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
От 1 до 1,5	0,1	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
От 1,5 до 2,5	0,5	1,4	1,3	1,2	1,2	1,15	1,1	1,2	1,1	1,1	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
От 2,5 до 3,5	1	2,1	1,9	1,5	1,8	1,6	1,3	1,4	1,3	1,2	1,6	1,4	1,25	1,45	1,3	1,15	1,25	1,15	1,1
От 3,5 до 4,5	0,3	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
От 4,5 до 5,5	0,5	1,3	1,2	1,1	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,05	1,3	1,2	1,1	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,05
От 5,5 до 6,5	0,7	1,85	1,6	1,3	1,5	1,35	1,2	1,3	1,2	1,1	1,8	1,45	1,25	1,4	1,25	1,15	1,25	1,15	1,1
От 6,5 до 7,5	1	2,25	2	1,7	1,7	1,6	1,3	1,55	1,35	1,2	2,1	1,75	1,5	1,75	1,45	1,2	1,3	1,25	1,2
От 7,5 до 8,5	0,1	3,8	3,3	2,4	2,8	2,4	1,8	2	1,8	1,5	2,35	2	1,6	1,9	1,6	1,5	1,5	1,35	1,2
От 8,5 до 9,5	0,2	1,1	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,1	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
От 9,5 до 10,5	0,3	1,15	1,1	1,05	1,1	1,1	1,05	1,05	1,05	1,05	1,15	1,1	1,05	1,1	1,05	1,1	1,05	1,05	1,05
От 10,5 до 11,5	0,4	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,05	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,1	1,1	1,05
От 11,5 до 12,5	0,5	1,35	1,25	1,2	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,1	1,35	1,2	1,2	1,2	1,15	1,1	1,1	1,1	1,1
От 12,5 до 13,5	0,6	1,6	1,45	1,3	1,35	1,25	1,2	1,25	1,15	1,1	1,5	1,4	1,25	1,3	1,2	1,15	1,2	1,1	1,1
От 13,5 до 14,5	0,7	2	1,75	1,45	1,6	1,45	1,3	1,4	1,3	1,2	1,8	1,6	1,6	1,35	1,5	1,35	1,2	1,35	1,25
От 14,5 до 15,5	0,8	2,6	2,2	1,7	1,9	1,7	1,4	1,6	1,5	1,3	2,25	1,9	1,45	1,7	1,5	1,25	1,5	1,4	1,2
От 15,5 до 16,5	0,9	3,6	3,1	2,4	2,4	2,2	1,55	1,9	1,7	1,4	2,8	2,4	1,9	1,9	1,6	1,3	1,65	1,5	1,25
От 16,5 до 17,5	1	5,3	4,2	3	2,9	2,45	1,9	2,2	1,85	1,5	3,65	2,9	2,6	2,2	1,9	1,5	1,8	1,6	1,3
От 17,5 до 18,5	1	7,2	5,4	4,3	3,6	3,1	2,4	2,6	2,2	1,7	4,45	3,35	2,65	2,4	2,1	1,6	2	1,7	1,4

Окончание табл. 3.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
		0,1	1,2	1,15	1,1	1,1	1,1	1,1	1,05	1,05	1,05	1	1,2	1,15	1,1	1,1	1,1	1,05	1,05
0,2	1,4	1,3	1,2	1,2	1,2	1,15	1,1	1,1	1,05	1,05	1,4	1,3	1,2	1,2	1,15	1,1	1,1	1,05	1,05
0,3	1,75	1,5	1,3	1,4	1,4	1,3	1,2	1,25	1,2	1,1	1,75	1,5	1,3	1,4	1,3	1,2	1,25	1,2	1,1
0,4	2,4	2,1	1,8	1,6	1,4	1,3	1,4	1,3	1,2	1,2	2,35	2	1,75	1,6	1,4	1,3	1,35	1,25	1,15
0,5	3,4	2,9	2,5	2	1,8	1,5	1,7	1,5	1,3	1,3	3,25	2,8	2,4	1,9	1,7	1,45	1,65	1,5	1,3
0,6	4,6	3,8	3,1	2,4	2,1	1,8	2	1,8	1,5	1,5	4,2	3,5	2,85	2,25	2	1,7	1,95	1,7	1,4
0,7	6	4,7	3,7	2,9	2,6	2,1	2,3	2	1,7	5,1	4	3,2	2,55	2,3	1,85	2,1	1,8	1,5	1,5
0,8	7,4	5,8	4,7	3,4	2,9	2,4	2,6	2,3	1,9	5,8	4,5	3,6	2,8	2,4	1,95	2,25	2	1,6	1,6
0,9	9	7,1	5,6	4,3	3,6	3	3	2,6	2,1	6,2	4,9	3,9	3,4	2,8	2,3	2,45	2,1	1,7	1,7
1	10	7,3	5,7	5	4,1	3,5	3,5	3	2,5	6,3	5	4	3,5	2,9	2,4	2,6	2,25	1,9	1,9

Форма 1

Точка замера, м	№ замера	E <sub>н</sub> , лк	E <sub>с</sub> , лк	Среднее значение		КЕО, %	Разряд зрительных работ по СНиП 23-05-95
				E <sub>н</sub> , лк	E <sub>с</sub> , лк		
1	1						
	2						
	...						
	10						
2	1						
	2						
	...						
	10						

5. По полученным данным построить график зависимости изменения КЕО по мере удаления от световых проемов.

6. Дать заключение о возможном разряде зрительных работ, которую можно выполнять на различном расстоянии от окна, в зависимости от значения КЕО.

**Отчет о выполнении работы**

*Отчет по работе должен содержать:*

1. Наименование и цель работы.
2. Краткое описание люксметра.
3. Порядок проведения исследований.
4. Подробное изложение выполненных расчетов КЕО.
5. Результаты измерений (форма 1).
6. График зависимости КЕО от расстояния до окна.
7. Выводы по каждой серии экспериментов.

**Литература**

1. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение. — М.: Стройиздат, 1995.
2. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. — СПб.: Изд-во ДЕАН, 2003.

3. Суворов Г. А. и др. Освещение на производстве: Эколого-гигиеническая оценка и контроль / Под ред. Н. Ф. Измерова. — М.: Ред. журнала «Охрана труда и социальное страхование», 1998. — 136 с.

#### Контрольные вопросы

1. Перечислите системы естественного освещения производственных помещений.
2. В чем заключается принцип гигиенического нормирования естественного освещения производственных помещений?
3. По какому показателю нормируется естественная освещенность?
4. В каких точках производственного помещения нормируется минимальное значение КЕО?
5. Как определяется коэффициент естественной освещенности?
6. Что такое группа административных районов по обеспеченности солнечными ресурсами?
7. Как определить нормированное значение КЕО для соответствующей группы административных районов по обеспеченности солнечными ресурсами?
8. От чего зависит значение коэффициента солнечности климата  $m_n$ ?
9. Каков порядок экспериментального определения коэффициента естественной освещенности?
10. Каков порядок определения значения КЕО в заданной точке помещения графическим методом?
11. Каков порядок расчета значения КЕО в расчетной точке помещения аналитическим методом?

### Учебно-исследовательская лабораторная работа № 4 ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ШУМА И МЕТОДОВ БОРЬБЫ С НИМ

**Цель работы:** 1. Изучить принципы гигиенического нормирования и санитарно-гигиенической оценки параметров шума.

2. Изучить приборы и методику измерения параметров шума.
  3. Исследовать эффективность основных методов снижения шума на пути его распространения.
- Содержание работы:** 1. Изучение методов снижения шума на пути его распространения.
2. Ознакомление с принципом работы, устройством и характеристиками применяемой в лабораторной работе шумоизмерительной аппаратуры.
  3. Экспериментальное определение параметров шума и эффективности шумозащитных средств.
  4. Санитарно-гигиеническая оценка параметров шума.

#### 4.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Борьба с шумом в настоящее время имеет большое значение во всех областях техники. Чаще всего мы сталкиваемся с воздействием шума на производстве, где он наносит большой ущерб, так как негативно воздействует на организм человека, снижает производительность труда, а в ряде случаев инициирует «шумовые травмы» (разрыв барабанной перепонки слухового анализатора). Действие индустриального шума на объекты окружающей природной среды нарушает установившийся ход развития биоценозов и организмов, их составляющих, вызывая так называемые «шумовые стресс-реакции», что в целом ведёт к деградации отдельных популяций живых организмов биосферы Земли. В данной работе рассматривается шум, распространяющийся в воздухе рабочей зоны и в атмосфере населённых мест.

С физической точки зрения шум представляет собой беспорядочное сочетание звуков разных частот и интенсивностей. Звуки, составляющие шум, характеризуются следующими основными параметрами: частотой ( $f$ , Гц); звуковым давлением ( $p$ , Па); уровнем звукового давления ( $L$ , дБ); интенсивностью ( $I$ , Вт/м<sup>2</sup>); уровнем интенсивности ( $L_p$ , дБ).

В практике санитарно-гигиенической оценки шума чаще всего используются параметры: уровень звукового давления и частотный состав шума.

Определяется уровень звукового давления по формуле

$$L = 20 \lg(p/p_0), \quad (4.1)$$

где  $p$  — действующее звуковое давление, Па;

$p_0$  — звуковое давление, соответствующее нижнему порогу чувствительности органов слуха человека, равное  $2 \cdot 10^{-5}$  Па.

В практике разработки инженерных способов борьбы с шумом используются следующие основные параметры: частотный состав шума; уровень звукового давления; уровень интенсивности звука.

*Воздействие на человека звуков разных частот с одинаковыми уровнями звукового давления приводит к различным результатам, а именно — с возрастанием частоты увеличиваются громкость и негативное действие. Это обстоятельство учитывается при гигиеническом нормировании шума и разработке способов и средств защиты от него.*

Гигиеническое нормирование шума осуществляется в соответствии с требованиями российских ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ, санитарных норм СН 2.2.4/2.1.8.562-96 (основополагающие документы) и других специальных нормативных документов. Поскольку в указанном ГОСТе нормируется только производственный шум, а в санитарных нормах — и производственный и бытовой, далее будут рассматриваться только СН 2.2.4/2.1.8.562-96.

Нормируемыми параметрами производственного шума являются:

- ♦ для постоянного шума на рабочих местах — уровни звукового давления ( $L$ , дБ) в стандартных октавных полосах со среднегеометрическими частотами ( $f_{cp}$ , Гц): 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц. Для ориентировочной оценки широкополосного шума допускается принимать уровень звука ( $L_A$ , дБА), измеренный на частотной характеристике А и временной характеристике «медленно» шумомера;
- ♦ для непостоянного шума на рабочих местах — эквивалентный (по энергии) уровень звука ( $L_{Aэкв}$ , дБА).

Нормируемыми параметрами шума в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки (селитебной территории) являются:

- ♦ для постоянного шума — уровни звукового давления ( $L$ , дБ) в стандартных октавных полосах частот (см. выше). Для ориентировочной оценки допускается использовать уровень звука ( $L_A$ , дБА), так же, как и на рабочих местах;
- ♦ для непостоянного шума — эквивалентный (по энергии) уровень звука ( $L_{Aэкв}$ , дБА) и максимальный уровень звука ( $L_{Amax}$ , дБА).

Гигиеническими критериями производственного шума на рабочих местах являются предельно допустимые уровни (ПДУ) нормируемых параметров.

Гигиеническими критериями шума в помещениях жилых, общественных зданий и на селитебной территории являются допустимые уровни (ДУ) нормируемых параметров.

Предельно допустимые и допустимые уровни нормируемых параметров шума приведены в санитарных нормах СН 2.2.4/2.1.8.562-96.

Защита от шума строительными-акустическими методами с целью обеспечения нормативных параметров акустической среды в производственных, жилых, общественных зданиях и на селитебной территории при проектировании, строительстве и эксплуатации зданий различного назначения, планировке и застройке населённых мест регламентируется строительными нормами и правилами «Защита от шума» (СНиП 23-03-2003). Снизить уровень нормируемых параметров шума до предельно допустимых и допустимых величин можно организационными и инженерными способами.

Основными инженерными способами защиты от шума являются следующие: ослабление шума в источнике его возникновения; звукоизоляция источника шума; звукопоглощение; строительные-акустические решения.

Эффективное решение практической задачи по ослаблению шума в источнике его образования не всегда возможно из-за конструктивных особенностей машин и механизмов, специфики технологических процессов и т. п. факторов. Чаще всего снижение шума может быть достигнуто применением методов звукоизоляции и звукопоглощения.

Сущность явления звукоизоляции ограждением состоит в том, что падающая на него звуковая энергия отражается в большей мере, нежели проникает за ограждение. Для однородного (однослойного) ограждения звукоизоляция ( $R$ , дБ) рассчитывается по формуле

$$R = 20 \cdot \lg(m_0 \cdot f) - 47,5, \quad (4.2)$$

где  $m_0$  — масса 1 м<sup>2</sup> ограждения (поверхностная плотность);  
 $f$  — частота звука, Гц.

Из формулы (4.2) следует, что звукоизоляция ограждения растёт по закону удельной массы — увеличение массы, например, в 2 раза приводит к повышению звукоизоляции на 6 дБ. Кроме того, звукоизоляция одним и тем же ограждением возрастает с увеличением частоты звука.

Звукоизолирующие ограждения, таким образом, должны быть плотными, твёрдыми и массивными (металлопрокат, бетон и т. п. материалы).

Другим распространённым способом защиты от шума является звукопоглощение, достигаемое за счёт облицовки внутренних поверхностей помещений (стены, потолки и др.) звукопоглощающими материалами.

Принцип звукопоглощения заключается в том, что воздух, содержащийся в порах (микроструктурах) облучаемого звуком материала, и разнородные по массе структурные частицы, из которых этот материал состоит, под воздействием звуковой волны начинают колебаться с присущей им собственной частотой, что приводит к их взаимному трению. В результате описанного процесса часть энергии звуковой волны переходит во внутреннюю энергию звукопоглощающего материала, что сопровождается незначительным повышением его температуры. В качестве звукопоглощающих материалов применяют такие, у которых коэффициент звукопоглощения ( $\alpha$ ) на средних частотах больше 0,2 (ультратонкое стекловолокно, минеральная вата, вспененный полиуретан и др.).

На практике звукопоглощение используется путём облицовки стен и потолка помещения пористыми материалами. Величина

снижения шума в помещении путём применения звукопоглощающей облицовки ( $\Delta L_{обл}$ , дБ) определяется по формуле

$$\Delta L_{обл} = 10 \cdot \lg(B_2/B_1), \quad (4.3)$$

где  $B_1, B_2$  — постоянные помещения до и после проведения акустической обработки.

Постоянная помещения зависит от его эквивалентной площади звукопоглощения и определяется по формуле

$$B = A/(1-\alpha), \quad (4.4)$$

где  $A$  — эквивалентная площадь звукопоглощения помещения, м<sup>2</sup>;  
 $\alpha$  — средний коэффициент звукопоглощения помещения.

Применение акустической облицовки помещения позволяет снизить уровень звукового давления в нём на 6-8 дБ.

Распространённым способом защиты персонала, непосредственно обслуживающего источники шума (машины, аппараты и т. п. устройства и системы), являются звукоизолирующие кожухи, полностью или частично закрывающие акустически активное оборудование. Этот способ защиты является предпочтительнее многих строительно-акустических решений (применение звукоизолирующих облицовок, акустических экранов, выгородок и т. п.), так как снижение шума можно достичь на требуемую величину даже в непосредственной близости от источника.

Для повышения эффективности звукоизолирующих кожухов, изготовленных, например, из стального проката, их внутренние поверхности облицовываются звукопоглощающим материалом. При этом общее снижение уровня звукового давления (эффективность кожуха) ( $\Delta L_k$ , дБ) определяется по формуле

$$\Delta L_k = R_k + 10 \cdot \lg \alpha_{обл}, \quad (4.5)$$

где  $R_k$  — звукоизоляция кожуха, дБ;

$\alpha_{обл}$  — коэффициент звукопоглощения облицовки.

## 4.2. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА И ПРИБОРОВ

### 4.2.1. Лабораторный стенд

Общий вид лабораторного стенда показан на рис. 4.1.

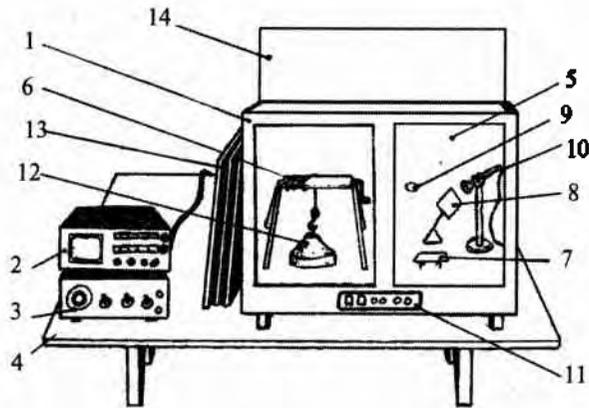


Рис. 4.1. Схема лабораторного стенда:

- 1 – макет производственного помещения; 2 – измеритель шума; 3 – генератор сигналов;  
4 – подставка; 5 – измерительная ось; 6 – макет козловой крана;  
7 – рабочий стол (макет); 8 – кушанки (макет); 9 – осветительная лампа;  
10 – микрофон шумомера; 11 – панель управления стенда; 12 – звукоизолятор динамика;  
13 – съемные звукоизолирующие перегородки; 14 – корпус звукопоглощающий

Стенд представляет собой макет, состоящий из 2 камер, имитирующих помещения. В левой камере размещены макет козловой подъемной крана 6 и источник шума (динамик), накрытый звукоизолятором 12. В правой камере расположены макеты оборудования конструкторского бюро. Конструкция стенда позволяет устанавливать между двумя «помещениями» сменные звукоизолирующие перегородки 13 из различных материалов.

В качестве средства звукопоглощения используется короб, который помещается внутрь стенда, когда перегородка 13 снята. Короб

звукопоглощающий выполнен в виде корпуса из гофрированного картона, облицованного изнутри звукопоглощающим материалом — пенополиуретаном.

### 4.2.2. Измеритель шума и вибрации

Для измерения параметров шума в работе используется измеритель шума и вибрации модели ВШВ-003-М2. Прибор предназначен для измерения: *уровня звука на частотных характеристиках А, В, С; уровня звукового давления в диапазоне частот от 2 Гц до 18 кГц в стандартных октавных частотных полосах; уровня звукового давления общего шума (без выделения октавных частотных полос), а также параметров вибрации.* Энергопитание прибора осуществляется от сети переменного тока напряжением 220 В. Лицевая панель прибора показана на рис. 4.2.

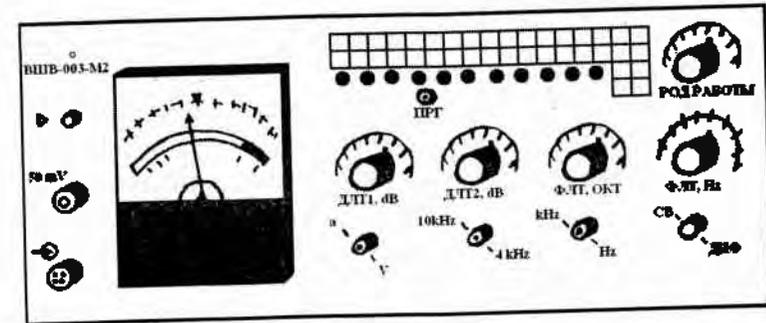


Рис. 4.2. Измеритель шума и вибрации ВШВ-003-М2 (лицевая панель)

На лицевую панель прибора выведены следующие органы управления, регулирования и индикации:

переключатель *РОД РАБОТЫ* с положениями:

- ♦ «О» — для включения измерителя;
- ♦ « $\leftarrow$ » — для контроля состояния батарей;
- ♦ « $\rightarrow$ » — для включения измерителя в режим блокировки;

♦ *F, S, 10S* — для включения измерителя в режим измерения с постоянной времени *F* (быстро), *S* (медленно), *10S* (10 с);  
*стрелочный прибор* — для отсчета измеряемой величины и контроля напряжения питания;

*переключатели ДЛТ1, dB, ДЛТ2, dB и единичные индикаторы 20, 30...130 dB* для выбора предела измерения уровня звукового давления (уровня звука);

*индикатор «ПРГ»* — для индикации перегрузки измерительного тракта;

*кнопка «a/V»* — для выбора режима измерения виброускорения или виброскорости;

*переключатель ФЛТ, Hz* с положениями:

♦ *1; 10* — для включения ФВЧ 1; 10 Гц, ограничивающих частотный диапазон при измерении виброускорения и виброскорости;

♦ *ЛИН* — для включения ФНЧ 20 кГц, ограничивающий частотный диапазон при измерении уровня звукового давления по характеристике ЛИН;

♦ *A, B, C* — для включения корректирующих фильтров *A, B, C*;

♦ *ОКТ, 1/3, ОКТ* — для включения измерителя в режим частотного анализа в октавных или третьоктавных частотных полосах;

*переключатель ФЛТ, ОКТ — 1/3, ОКТ* с множителем «*1*»...«*2 · 10<sup>3</sup>*» для выбора одной из октавных (третьоктавных) стандартных частотных полос;

*кнопка «10 kHz/4 kHz»* — для включения ФНЧ 10 кГц или 4 кГц, ограничивающих частотный диапазон при измерении виброускорения и виброскорости;

*кнопка «СВ/ДИФ»* — для измерений в режиме свободного или диффузного поля;

*гнезда:*

♦ «*50 mV*» — выход с калибровочного генератора;

♦ «» — для подсоединения предусилителя ВПМ-101.

### Подготовка измерителя шума и вибрации к работе

Каждый раз перед началом и периодически в процессе измерения проводится калибровка прибора. При этом выполняются последовательно следующие действия:

- ♦ эквивалент микрофонного капсюля соединить с предусилителем ВПМ-101;
- ♦ предусилитель ВПМ-101 соединить с гнездом «» измерителя;
- ♦ гнездо «*50 mV*» соединить кабелем с эквивалентом микрофонного капсюля;
- ♦ переключатель измерителя шума РОД РАБОТЫ устанавливается в положение «*▷*» (при этом должен светиться индикатор 90 дБ);
- ♦ резистором «*▷*» установить указатель стрелочного прибора на числовую отметку шкалы ( $-\infty \dots 10$  дБ), указанную лаборантом или преподавателем (точная величина отметки шкалы прибора зависит от фактического уровня чувствительности микрофонного капсюля);
- ♦ отсоединить от предусилителя ВПМ-101 эквивалент микрофонного капсюля, а вместо него подсоединить микрофонный капсюль.

### 4.2.3. Генератор низкочастотных колебаний ФГ-100

Генератор *ФГ-100* является составной частью стенда и предназначен для формирования заданных величин частоты и амплитуды электрических сигналов, подаваемых в системы генерирования шума и вибрации. Принцип действия генератора основан на формировании слаботочных сигналов звуковых частот и усилении их с помощью усилителя мощности. Внешний вид генератора представлен на рис. 4.3.



Рис. 4.3. Генератор ФГ-100 (лицевая панель):  
 1 – рукоятка регулирования частоты; 2 – переключатель диапазона частот;  
 3 – рукоятка регулирования формы выходного сигнала; 4 – рукоятка регулирования выходного напряжения;  
 5 – гнезда для подключения нагрузки к генератору

### 4.3. ПОРЯДОК ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЕЙ ЗВУКОВОГО ДАВЛЕНИЯ

#### 4.3.1. Измерение уровней звукового давления в октавных (третьоктавных) полосах частот

Перед измерением параметров шума переключатели измерителя устанавливаются в положения:

- ♦ РОД РАБОТЫ: — *F*;
- ♦ ДЛТ1, дВ: — 80;
- ♦ ДЛТ2, дВ: — 50;
- ♦ ФЛТ, Hz: — ОКТ ( $1/3$  ОКТ);
- ♦ все кнопки отжаты.

При этом должен светиться индикатор 130 дБ.

Произвести измерение уровня звукового давления, располагая преусилитель ВПМ-101 с микрофонным капсюлем в направлении источника шума.

Если при измерении указатель стрелочного прибора находится в начале шкалы децибел, то её следует ввести в сектор 6...10 дБ сначала переключателем ДЛТ1, дВ (если при этом периодически загорается индикатор ПРГ, то переключатель ДЛТ1, дВ нужно устанавливать на более высокий уровень до тех пор, пока этот индикатор не погаснет), затем переключателем ДЛТ2, дВ.

Если при измерениях низкочастотных составляющих шума возникают флуктуации (незатухающие колебания указателя стрелочного прибора), то переключатель РОД РАБОТЫ следует перевести из положения *F* в положение *S*.

Результатом измерения является сумма величин, соответствующих светящемуся индикатору и показаниям стрелочного прибора в дБ.

Измерение уровней звукового давления в октавных полосах частот производится при положении переключателя ФЛТ, Hz — ОКТ, а в третьоктавных полосах частот в положении —  $1/3$  ОКТ. Необходимый октавный или третьоктавный фильтр включается переключателем ФЛТ, Hz (ОКТ или  $1/3$  ОКТ) и множителем « $\times 1$ », ..., « $\times 2 \cdot 10^3$ ».

При измерении уровней звукового давления в условиях ветра, скорость которого больше или равна 1 м/с, используется защитный экран. При измерении уровня звукового давления в диффузном поле (малые производственные помещения с большим количеством отражающих поверхностей) необходимо нажать кнопку СВ/ДИФ.

#### 4.3.2. Измерение уровней звука на характеристике А

Измерение уровней звука производится так же, как и в п. 4.3.1, за исключением того, что переключатель ФЛТ, Hz устанавливается в положение *A*.

### 4.4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

#### 4.4.1. Исследование эффективности звукоизолирующей перегородки

Подключить стенд к электросети, с помощью переключателей включить освещение внутри макетов. Снять со стенда все средства звукоизоляции и звукопоглощения. Произвести калибровку шумомера в соответствии с требованиями п. 4.2.2. Установить микрофонный капсюль на подставку в правую камеру стенда.

Подключить к стенду генератор сигналов ФГ-100. Подать от генератора на громкоговоритель сигнал частотой 250 Гц с амплитудой, при которой уровень звукового давления, показываемый измерителем шума, находится в диапазоне 90-100 дБ (*состояние и параметры генератора остаются неизменными до окончания выполнения лабораторной работы*).

Измерить уровень звукового давления ( $L$ , дБ) в стандартных среднегеометрических частотных полосах без средств шумозащиты.

Установить звукоизолирующую перегородку. Измерить уровень звукового давления ( $L_1$ , дБ) в стандартных среднегеометрических частотных полосах.

Результаты расчётов также занести в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Результаты исследования эффективности средств защиты от шума

Обозначение	Измеренные уровни звукового давления ( $L$ , дБ) и эффективность средств защиты ( $\Delta L$ , дБ) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L$									
$L_1$									
$\Delta L_1$									
$L_2$									
$\Delta L_2$									
...									
$L_n$									
$\Delta L_n$									

#### 4.4.2. Исследования эффективности звукоизолирующего кожуха

Накрыть решетку громкоговорителя звукоизолирующим кожухом и измерить уровни звукового давления ( $L_2$ , дБ) в стандартных среднегеометрических частотных полосах.

Результаты измерений занести в табл. 4.1 отчёта.

#### 4.4.3. Исследование эффективности средств звукопоглощения

Установить кожух, моделирующий звукопоглощающую облицовку стен и потолка помещения, и измерить уровни звукового давления ( $L_n$ , дБ) в стандартных среднегеометрических частотных полосах.

Результаты измерений занести в табл. 4.1 отчёта.

Для всех исследованных средств защиты от шума рассчитать изменение уровня звукового давления (эффективность средств шумозащиты) ( $\Delta L_n$ , дБ) по выражению

$$\Delta L_n = L - L_n, \quad (4.6)$$

где  $L$  — уровень звукового давления, измеренный без защитного средства, дБ;

$L_n$  — уровень звукового давления, измеренный с применением  $n$ -го защитного средства, дБ.

Результаты расчётов занести в табл. 4.1 отчёта.

По окончании эксперимента отключить от электросети генератор сигналов, измеритель шума и вибрации, освещение «помещения» и лабораторный стенд.

#### 4.5. ОСНОВНЫЕ МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ

Основной потенциальной опасностью при проведении лабораторной работы является переменный электрический ток, питающий стенд, генератор сигналов и измеритель шума и вибрации. Для предотвращения поражения электрическим током необходимо:

1. Проверить наличие и надёжность защитного зануления лабораторного стенда и приборов.
2. Замену исследуемых средств защиты от шума производить при отключённых от электросети лабораторном стенде и приборах.
3. При нарушении нормальной работы лабораторного стенда и приборов отключить электропитание и сообщить об этом преподавателю.

К выполнению лабораторной работы допускаются студенты, получившие инструктаж по электробезопасности.

#### 4.6. ОТЧЁТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

По результатам исследований конкретных средств защиты от шума (задаются преподавателем) проводится сравнение всех измеренных уровней звукового давления с санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.562-96 (табл. 4.2) путём построения графических зависимостей в системе координат  $L$ , дБ —  $f_{\text{с}}$ , Гц и делается вывод о соответствии акустического фактора в «помещении» нормативным требованиям.

Для наглядности сравнения результатов исследований с санитарными нормами указанные графические зависимости рекомендуется строить совмещёнными: нормативные уровни звукового давления; уровни звукового давления без средств шумозащиты; уровни звукового давления с применением средств шумозащиты.

Таблица 4.2

Предельно допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука для основных наиболее типичных видов трудовой деятельности и рабочих мест (извлечения из СН 2.2.4/2.1.8.562-96)

№ п/п	Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления ( $L$ , дБ) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука ( $L_A$ , дБА)
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.	Творческая деятельность, руководящая работа с повышенными требованиями, научная деятельность, конструирование и проектирование, программирование,	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Окончание табл. 4.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	преподавание и обучение, врачебная деятельность. Рабочие места в помещении дирекции, проектно-конструкторских бюро, расчётчиков, программистов вычислительных машин, в лабораториях для теоретических работ и обработки данных, приёмов больных в здравпунктах.										
2.	Высококвалифицированная работа, требующая сосредоточенности, административно-управленческая деятельность, измерительные и аналитические работы в лабораториях; рабочие места в помещениях цехового управленческого аппарата, в рабочих комнатах конторских помещений, в лабораториях.	93	79	70	68	58	55	52	50	49	60

По результатам расчёта эффективности средств защиты от шума ( $\Delta L$ , дБ) так же, как и в предыдущем случае, строятся совмещённые графические зависимости в системе координат  $\Delta L$ , дБ —  $f_{\text{с}}$ , Гц для каждого защитного средства и делается обоснованный вывод об их эффективности в сравнении друг с другом и в зависимости от частоты звука.

#### Литература

1. Защита от шума. Справочник проектировщика / Под ред. Е. Я. Юдина. — М.: Стройиздат, 1984. — 134 с.
2. Кукин П. П., Лапин В. Л. и др. Безопасность технологических процессов и производств (Охрана труда). — М.: Высш. шк., 1999. — 317 с.

3. ГОСТ 12.1.003-83. «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности». — М.: Издательство стандартов, 1984. — 6 с.

4. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки: Санитарные нормы (СН 2.2.4/2.1.8.562-96). — М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997. — 20 с.

5. Защита от шума. Строительные нормы и правила (СНиП 23-03-2003). — СПб.: Издательство ДЕАН, 2004. — 80 с.

#### Контрольные вопросы

1. Какими основными параметрами характеризуется акустический шум?
2. Как рассчитать уровень звукового давления?
3. Как рассчитать интенсивность звука?
4. Как рассчитать уровень интенсивности звука?
5. Какова связь между уровнями интенсивности звука и звукового давления?
6. Какие особенности негативного воздействия на человека акустического шума учитываются при гигиеническом нормировании его параметров?
7. Перечислите гигиенические критерии безопасного воздействия на человека производственного и непроизводственного шума.
8. В каких нормативных документах отражены предельно допустимые и допустимые уровни звукового давления и звука?
9. Каков порядок измерения параметров шума шумомером ВШВ-003-М2?
10. Каков принцип звукоизоляции шума?
11. Какие материалы используются в качестве звукоизолирующих средств?
12. Каков принцип явления звукопоглощения?
13. Какие материалы используются в качестве звукопоглощающих средств?
14. Как определяется эффективность процессов шумозащиты?
15. Как проводится гигиеническая оценка акустической ситуации, например, в производственном помещении?

## Учебно-исследовательская лабораторная работа № 5 ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ВИБРАЦИИ И МЕТОДЫ БОРЬБЫ С НЕЙ

*Цель работы:* 1. Изучить принципы гигиенического нормирования и санитарно-гигиенической оценки параметров вибрации.  
2. Изучить приборы и методику измерения параметров вибрации.  
3. Исследовать эффективность основных методов снижения вибрации на рабочих местах.

*Содержание работы:* 1. Изучение методов снижения вибрации на рабочих местах.

2. Ознакомление с принципом работы, устройством и характеристиками применяемой в лабораторной работе виброизмерительной аппаратуры.

3. Экспериментальное определение параметров вибрации и эффективности виброзащитных средств (модулей).

4. Санитарно-гигиеническая оценка параметров вибрации.

### 5.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Вибрация, как физический процесс, представляет собой механические колебательные движения тел, которые передаются человеку через кожный покров, мягкую ткань и костную систему.

В зависимости от способа передачи человеку вибрация подразделяется на *общую*, передающуюся на тело сидящего или стоящего человека через его опорные поверхности, и *локальную*, передающуюся человеку через его руки.

В зависимости от источника возникновения вибрация подразделяется на:

- ♦ локальную, передающуюся человеку от ручного (с двигателем) механизированного инструмента, органов управления оборудованием;

- ◆ локальную, передающуюся человеку от ручного (без двигателя) механизированного инструмента (например, рихтовочных молотков), обрабатываемых деталей;
- ◆ общую вибрацию 1 категории — транспортную вибрацию, воздействующую на человека на рабочих местах транспортных средств при движении по местности и дорогам;
- ◆ общую вибрацию 2 категории — транспортно-технологическую вибрацию, воздействующую на человека на рабочих местах машин, перемещающихся по специально подготовленным поверхностям производственных помещений, промплощадок, горных выработок;
- ◆ общую вибрацию 3 категории — технологическую вибрацию, воздействующую на человека на рабочих местах стационарных машин или передающуюся на рабочие места, не имеющие источников вибрации.

Общая вибрация категории 3 по месту действия подразделяется на следующие типы:

- а) на постоянных рабочих местах производственных помещений;
- б) на рабочих местах складов, столовых, бытовых, дежурных и др. производственных помещений, где нет машин, генерирующих вибрацию;
- в) на рабочих местах помещений заводоуправления, конструкторских бюро, лабораторий, учебных пунктов, ЭВМ и др. помещений для работников умственного труда.

По направлению действия вибрация подразделяется в соответствии с направлением осей ортогональной системы координат на:

- ◆ локальную, действующую вдоль осей ортогональной системы координат  $X_d$ ,  $Y_d$ ,  $Z_d$ , (рис. 5.1), где ось  $X_d$  параллельна оси места охвата источника вибрации (рукоятки, рычага управления и т. п.), ось  $Y_d$  перпендикулярна ладони, а ось  $Z_d$  лежит в плоскости, образованной осью  $X_d$  и направлением подачи или приложения силы (или осью предплечья, когда сила не прикладывается);
- ◆ общую, действующую вдоль осей ортогональной системы координат  $X_o$ ,  $Y_o$ ,  $Z_o$ , где  $X_o$  (от спины к груди) и  $Y_o$  (от правого

плеча к левому) — горизонтальные оси, направленные параллельно опорным поверхностям,  $Z_o$  — вертикальная ось, перпендикулярная опорным поверхностям тела в местах его контакта с сиденьем, полом и т. п.

Причиной вибрации являются неуравновешенные силы, возникающие при возвратно-поступательном и вращательном движениях различных деталей и органов механизмов, турбулентных явлениях в газовых и жидкостных потоках и при других производственных процессах.

Длительное воздействие вибрации на человека приводит к нарушению цветоощущения, снижению остроты зрения, сужению кровеносных сосудов и, как следствие, повышению артериального давления. Под воздействием общей вибрации в организме нарушается работа центральной нервной системы, вестибулярного аппарата, при равенстве частоты виброколебаний и собственной частоты колебаний внутренних органов человека (6+9 Гц) могут происходить их микроразрывы. Локальная вибрация приводит к окостенению сухожилий мышц, отложениям солей в суставах кистей рук и пальцев и др. неблагоприятным явлениям. Совокупный результат негативного действия вибрации на человека на практике принято называть *виброблезню*.

Вибрация характеризуется следующими основными параметрами: амплитудой ( $A$ , м); частотой ( $f$ , Гц); скоростью колебаний (виброскорость) ( $v$ , м/с); ускорением (виброускорение) ( $a$ , м/с<sup>2</sup>); действующими значениями виброскорости и виброускорения (средние квадратические значения виброскорости и виброускорения), отражающими физиологическую специфику воздействия вибрации на человека ( $\bar{v}^2$ ,  $\bar{a}^2$ ); уровнем виброскорости (виброускорения) ( $L_{v(a)}$ , дБ). В практике санитарно-гигиенической оценки вибрации чаще всего используются параметры: уровни виброскорости и виброускорения; частотный состав вибрации.

Уровень виброскорости (логарифмический уровень виброскорости) ( $L_v$ , дБ), определяется по формуле

$$L_v = 20 \cdot \lg(v/v_0), \quad (5.1)$$

где  $v_0$  — пороговое (опорное) значение виброскорости ( $v_0 = 5 \cdot 10^{-4}$  м/с).

Уровень виброускорения (логарифмический уровень виброускорения) ( $L_a$ , дБ), определяется по формуле

$$L_a = 20 \cdot \lg(a/a_0), \quad (5.2)$$

где  $a_0$  — пороговое (опорное) значение виброускорения ( $a_0 = 1 \cdot 10^{-6}$  м/с<sup>2</sup>).



Рис. 5.1. Направление координатных осей при действии вибрации

Воздействие на человека вибрации разных частот с одинаковыми уровнями виброскорости (виброускорения) приводит к неодинаковым результатам. Это обстоятельство учитывается при гигиеническом нормировании вибрации и разработке способов и средств защиты от неё.

Гигиеническое нормирование вибрации осуществляется в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.012-90 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования», санитарных норм СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий» (основополагающие документы) и др. специ-

альных нормативных документов. Поскольку в указанном ГОСТе нормируется только производственная вибрация, а в санитарных нормах и производственная и бытовая, далее будут рассматриваться только СН 2.2.4/2.1.8.566-96.

В качестве гигиенического критерия безопасного воздействия вибрации на человека в СН 2.2.4/2.1.8.566-96 принимаются *предельно допустимые* значения её нормируемых параметров для производственной среды и *допустимые* — для вибрации помещений жилых и общественных зданий.

Нормируемыми параметрами производственной вибрации являются:

- ♦ при частотном (спектральном) анализе (в стандартных октавных и третьоктавных частотных полосах): средние квадратические значения виброскорости; средние квадратические значения виброускорения; уровень виброскорости; уровень виброускорения.

Примечания: а) для общей вибрации стандартными являются октавные и третьоктавные частотные полосы со среднегеометрической частотой: 0,8; 1,0; 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; 80,0 Гц; б) для локальной вибрации — октавные частотные полосы со среднегеометрической частотой: 8; 16; 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000 Гц;

- ♦ при интегральной оценке по частоте: скорректированные по частоте значения виброскорости и виброускорения ( $U$ ), измеряемые с помощью корректирующих фильтров виброизмерительной аппаратуры или вычисляемые по формуле (5.3); скорректированные по частоте значения уровней виброскорости и виброускорения ( $L_w$ ), измеряемые с помощью корректирующих фильтров виброизмерительной аппаратуры или вычисляемые по формуле (5.4);

$$U = \sqrt{\sum_{i=1}^n (U_i \cdot K_i)^2}, \quad (5.3)$$

$$L_v = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1(L_{vi} + L_{vi})}, \quad (5.4)$$

где  $U_p, L_{vi}$  — среднее квадратическое значение контролируемого параметра вибрации и его логарифмический уровень в  $i$ -й частотной полосе;

$n$  — число частотных полос в нормируемом диапазоне;

$K_p, L_{vi}$  — весовые коэффициенты коррекции для  $i$ -й частотной полосы, для среднего квадратического значения контролируемого параметра или его логарифмического уровня.

Инженерные меры борьбы с вредным воздействием вибрации применяются как в источнике её образования (замена возвратно-поступательных движений деталей механизмов вращательными, ограничение скорости движения газов и жидкостей в трубопроводах и др.), так и на пути её распространения (виброизоляция, вибропоглощение и др.).

Ниже в качестве примера рассмотрены некоторые основные способы снижения вибрации.

**Вибродемпфирование** — процесс уменьшения уровня вибрации защищаемого объекта путём превращения энергии механических колебаний системы в тепловую энергию. Эффект вибродемпфирования растёт с увеличением внутреннего трения как конструктивных материалов виброактивного оборудования, так и материалов, облицовывающих его поверхности. В качестве таких материалов используются композиционные системы (сталь — алюминий, сталь — медь и др.), пластмассы, резина, дерево и др.

**Виброизоляция** — уменьшение передачи колебаний от источника возбуждения вибрации защищаемому объекту при помощи устройств, помещаемых между ними. Виброизоляция обеспечивается введением в колебательную систему дополнительной упругой связи, препятствующей передаче вибрации от источника её защищаемому объекту. В качестве дополнительной упругой связи широко применяются пружинные, резиновые и пневмати-

ческие устройства, называемые *виброизоляторами*. Виброизоляторы чаще всего размещаются между источником вибрации (например, компрессором) и массивным основанием, на котором установлен источник.

## 5.2. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА И ПРИБОРОВ

### 5.2.1. Лабораторный стенд

Общий вид стенда показан на рис. 5.2.

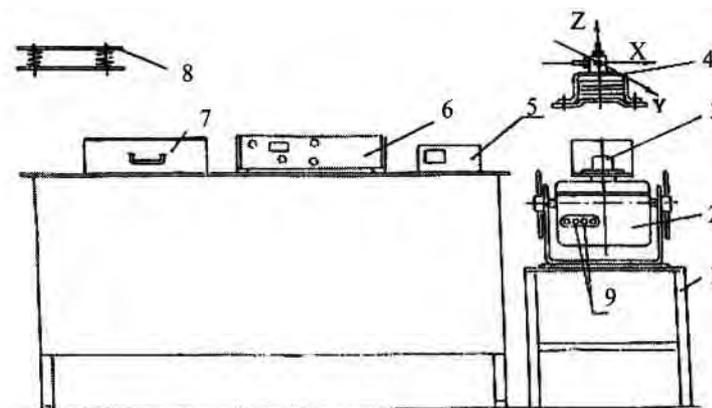


Рис. 5.2. Стенд лабораторный:

1 — подставка; 2 — источник вибрации (электромагнитная система возбуждения вибрации);  
3 — вибростол; 4 — объект виброзащиты; 5 — измеритель шума и вибрации ВШВ-003-М2; 6 — генератор многочастотных сигналов; 7 — блок с набором виброзащитных модулей; 8 — специальный виброзащитный модуль; 9 — тоководод

Объект виброзащиты 4 закрепляется на установочной пластине вибростола 3 как самостоятельно, так и в комбинации с виброзащитным модулем 8. К объекту виброзащиты 4 крепится вибродатчик ДН-4 измерителя шума и вибрации ВШВ-003-М2 6 в одном из направлений осей действия вибрации (X, Y, Z).

При помощи генератора низкочастотных сигналов 5 и электромагнитной системы возбуждения вибрации 2 генерируются виброколебания с заданными частотой и амплитудой.

Стенд оснащён комплектом сменных виброзащитных модулей. Энергопитание стенда и приборов осуществляется от электросети переменного тока напряжением 220 В.

### 5.2.2. Приборы и порядок измерения параметров вибрации

Для измерения параметров вибрации используется «Измеритель шума и вибрации» ВШВ-003-М2 (далее — измеритель, см. рис. 5.2).

Измеритель кроме измерения параметров шума предназначен также для измерения средних квадратических значений виброскорости и виброускорения и их логарифмических уровней как общей, так и локальной вибрации в стандартных октавных и третьоктавных частотных полосах (см. п. 5.1) в диапазоне 0+140 дБ.

Описание прибора и органов управления им представлены в лабораторной работе № 4 «Исследование производственного шума и методов борьбы с ним» (п. 4.2.2).

Для формирования заданных величин частоты и амплитуды электрических сигналов, подаваемых в систему генерирования вибрации 2 (рис. 5.2), используется генератор низкочастотных колебаний ФГ-100. Описание прибора и органов управления им представлены в лабораторной работе № 4 «Исследование производственного шума и методов борьбы с ним» (п. 4.2.3).

#### Калибровка измерителя

Калибровку измерителя необходимо производить каждый раз перед началом измерений в следующей последовательности.

Соединить выход эквивалента вибропреобразователя с входом предусилителя ВПМ-101, выход которого подсоединить к гнезду «←→» измерителя.

Гнездо «50 mV» измерителя соединить кабелем 5Ф6.644.368 (входит в состав комплекта прибора) с входом эквивалента вибропреобразователя.

Переключатель измерителя РОД РАБОТЫ установить в положение «▷». Резистором «▷» установить указатель стрелочного прибора измерителя на отметку шкалы 0,5 (диапазон шкалы 0...1), что учитывает действительное значение коэффициента преобразования вибропреобразователя (датчика ДН-4).

От гнезда «50 mV» измерителя отсоединить кабель 5Ф6.644.368 и присоединить его к датчику ДН-4.

Прибор готов к работе.

#### Измерение виброускорения и виброскорости

При измерении виброускорения переключатели измерителя установить в положение:

- ◆ РОД РАБОТЫ — F;
- ◆ ДЛТ1, dB — 80;
- ◆ ДЛТ2, dB — 50;
- ◆ ФЛТ, Hz — ОКТ(1/3, ОКТ);
- ◆ все кнопки отжаты.

При этом должен светиться индикатор 130 дБ.

В зависимости от частотного диапазона измерения переключатель ФЛТ Hz установить в положение 1 или 10, а кнопка «10 kHz/4 kHz» *нажата* или *отжата*:

- ◆ при измерении общей вибрации — переключатель ФЛТ Hz в положении 1, кнопка «10 kHz/4 kHz» *нажата*;
- ◆ при измерении локальной вибрации — переключатель ФЛТ Hz в положении 10, кнопка «10 kHz/4 kHz» *отжата*.

Переключатель РОД РАБОТЫ установить в положения F, S или 10S; если при измерениях низкочастотных составляющих возникают флуктуации (колебания) стрелки измерителя, то переключатель РОД РАБОТЫ следует перевести из положения F в положение S.

Произвести измерения, при необходимости изменяя положение переключателей ДЛТ1, dB и ДЛТ2, dB.

Если при измерении указатель стрелочного прибора измерителя находится в начале шкалы, то её следует вывести правее цифры 4 (верхняя шкала) или цифры 10 (средняя шкала) переключателем ДЛТ1, dB. Если периодически загорается индикатор «ПРГ», то

переключатель ДЛТ1, дВ следует переключить на более высокий уровень (влево), пока не погаснет индикатор, а затем использовать аналогично переключатель ДЛТ2, дВ.

Произвести отсчёт показаний прибора (сумма показаний по шкале стрелочного прибора и переключателей ДЛТ1, дВ и ДЛТ2, дВ). При работе с вибропреобразователем ДН-4 показания прибора необходимо умножить на 10.

При измерении *виброскорости* необходимо нажать кнопку «a/V» и повторить последовательность операций при измерении виброускорения.

При измерении *виброускорения* (виброскорости) в октавных (третьоктавных) стандартных полюсах частот переключатель ФЛТ, Нз устанавливается в положение ОКТ (1/3, ОКТ), а переключателем ФЛТ, ОКТ (1/3, ОКТ) — необходимый октавный (третьоктавный) фильтр (кнопка «кНз/Нз» при низких частотах нажата, а начиная с 1000 Гц — отжата). Последовательность измерений та же, что и в предыдущих случаях.

Определение результата измерения в логарифмических уровнях виброскорости и виброускорения ( $L_v, L_a$ , дБ) производится суммированием показания, соответствующего светящемуся индикатору в дБ, и показания стрелочного прибора в дБ. Затем к результатам измерения *прибавить* следующие значения:

- ♦ при измерении уровня виброскорости — 46 дБ;
- ♦ при измерении уровня виброускорения — 60 дБ.

### 5.3. ПОДГОТОВКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА К РАБОТЕ И ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ

Закрепить объект виброзащиты (см. рис. 5.2) на вибростоле 3, а вибродатчик ДН-4 — на объекте виброзащиты вертикально в направлении оси Z.

Подключить к сети генератор сигналов, а его выходные гнезда соединить с токоподводом 9 источника вибрации 2. После включения генератора установить с помощью множителя диапа-

зонов значение «x1», а рукояткой плавного регулирования частоты установить значение частоты возбуждения 2 Гц. Значение амплитуды вибрации, устанавливаемой на генераторе, задается преподавателем.

Произвести измерения уровней виброускорения и виброскорости объекта виброзащиты без средств виброзащиты ( $L_{a1}, L_{v1}$ , дБ) в направлении оси Z для общей или локальной вибрации во всём диапазоне заданных частот, изменяя частоту вибрации с помощью множителя и рукоятки плавного регулирования частоты генератора сигналов.

Результаты измерений занести в табл. 5.1 для локальной или в табл. 5.2 для общей вибрации.

Таблица 5.1

Результаты измерения уровней виброускорения и виброскорости и расчёта эффективности виброзащиты при локальной вибрации

Среднегеометрические частоты октавных полюсов, Гц	Уровень виброускорения / виброскорости $L_{a1}/L_{v1}$ , дБ без виброзащиты			Уровень виброускорения / виброскорости $L_{a2}/L_{v2}$ , дБ с применением виброзащиты			Эффективность виброзащиты $\Delta L_a/\Delta L_v$ , дБ		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
16	/	/	/	/	/	/	/	/	/
31,5	/	/	/	/	/	/	/	/	/
63	/	/	/	/	/	/	/	/	/
125	/	/	/	/	/	/	/	/	/
250	/	/	/	/	/	/	/	/	/
500	/	/	/	/	/	/	/	/	/
1000	/	/	/	/	/	/	/	/	/

Аналогичные измерения произвести, устанавливая датчик ДН-4 в направлении осей X и Y, а результаты измерения занести в табл. 5.1 и 5.2.

Выключить генератор. Снять объект виброзащиты 4 с вибростол 3, присоединить к нему один из виброзащитных модулей 8 и в сборе установить на вибростол 3.

Закрепить вибродатчик ДН-4 на объекте виброзащиты 4 вертикально в направлении оси Z.

Таблица 5.2

Результаты измерения уровней виброускорения и виброскорости и расчёта эффективности виброзащиты при общей вибрации

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	Уровень виброускорения / виброскорости $L_{a1}/L_{v1}$ , дБ без виброзащиты			Уровень виброускорения / виброскорости $L_{a2}/L_{v2}$ , дБ с применением виброзащиты			Эффективность виброзащиты $\Delta L_d / \Delta L_v$ , дБ		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
2	/	/	/	/	/	/	/	/	/
4	/	/	/	/	/	/	/	/	/
8	/	/	/	/	/	/	/	/	/
16	/	/	/	/	/	/	/	/	/
31,5	/	/	/	/	/	/	/	/	/
63	/	/	/	/	/	/	/	/	/

Включить генератор и провести измерения уровней виброускорения и виброскорости объекта виброзащиты ( $L_{a2}$ ,  $L_{v2}$ , дБ) для общей или локальной вибрации во всем диапазоне заданных частот, при этом частота на генераторе ФГ-100 изменяется с помощью множителя и рукоятки плавного регулирования.

Результаты измерения занести в табл. 5.1 или 5.2.

Аналогичные измерения для локальной и общей вибрации произвести, устанавливая вибродатчик ДН-4 в направлении осей X и Y и с заданным преподавателем количеством виброзащитных модулей, результаты измерения занести в табл. 5.1, 5.2.

После выполнения лабораторной работы отключить от электросети генератор и измеритель.

#### 5.4. ОСНОВНЫЕ МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ

Основной потенциальной опасностью при проведении лабораторной работы является переменный электрический ток, питающий стенд, генератор ФГ-100 и измеритель шума и вибрации. Для предотвращения поражения электрическим током необходимо:

1. Проверить наличие и надёжность обязательного присоединения всех проводящих неизолирующих частей стенда и приборов к системе защитного зануления лаборатории.

2. Замену виброзащиты и перестановку датчика ДН-4 производить, предварительно отключив от электросети стенд и приборы.

3. При нарушении нормальной работы стенда и приборов отключить электропитание и сообщить об этом преподавателю.

К выполнению лабораторной работы допускаются студенты, получившие инструктаж по электробезопасности.

#### 5.5. ОТЧЁТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

По результатам исследований для конкретных условий работы и типа вибрации (задаются преподавателем) проводится сравнение всех измеренных величин с соответствующими значениями санитарных норм СН 2.2.4/2.1.8.566-96 (табл. 5.3-5.5) и делается вывод о соответствии вибрационного фактора на условном рабочем месте нормативным требованиям.

Таблица 5.3

Санитарные нормы спектральных показателей вибрационной нагрузки на оператора  
Локальная вибрация

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	Нормативные значения по осям $X_n, Y_n, Z_n$			
	виброускорения		виброскорости	
	м/с <sup>2</sup>	дБ	м/с·10 <sup>-3</sup>	дБ
8	1,4	123	2,8	115
16	1,4	123	1,4	109
31,5	2,7	129	1,4	109
63	5,4	135	1,4	109
125	10,7	141	1,4	109
250	21,3	147	1,4	109
500	42,5	153	1,4	109
1000	85,0	159	1,4	109

Таблица 5.4  
Санитарные нормы спектральных показателей  
вибрационной нагрузки на оператора  
Общая вибрация, категория 3, тип «а»

Средне-геометрические частоты полос; Гц	Нормативные значения в направлениях X <sub>0</sub> , Y <sub>0</sub>							
	виброускорения				виброскорости			
	м·с <sup>-2</sup>		дБ		м·с·10 <sup>-2</sup>		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	0,09		99		0,9		105	
2,0	0,08	0,14	98	103	0,64	1,3	102	108
2,5	0,071		97		0,46		99	
3,15	0,063		96		0,32		96	
4,0	0,056	0,1	95	100	0,23	0,45	93	99
5,0	0,056		95		0,18		91	
6,3	0,056		95		0,14		89	
8,0	0,056	0,11	95	101	0,12	0,22	87	93
10,0	0,071		97		0,12		87	
12,5	0,09		99		0,12		87	
16,0	0,112	0,20	101	106	0,12	0,20	87	92
20,0	0,140		103		0,12		87	
25	0,18		105		0,12		87	
31,5	0,22	0,40	107	112	0,12	0,20	87	92
40,0	0,285		109		0,12		87	
50,0	0,355		111		0,12		87	
63,0	0,445	0,80	113	118	0,12	0,20	87	92
80,0	0,56		115		0,12		87	

Таблица 5.5

Санитарные нормы спектральных показателей  
вибрационной нагрузки на оператора  
Общая вибрация, категория 3, тип «в»

Средне-геометрические частоты полос; Гц	Нормативные значения в направлениях X <sub>0</sub> , Y <sub>0</sub>							
	виброускорения				виброскорости			
	м·с <sup>-2</sup>		дБ		м·с·10 <sup>-2</sup>		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	0,015		82		0,13		88	
2,0	0,012	0,02	81	86	0,09	0,18	85	91
2,5	0,01		80		0,063		82	

Окончание табл. 5.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
3,15	0,009		79		0,045		79	
4,0	0,008	0,014	78	83	0,032	0,063	76	82
5,0	0,008		78		0,025		74	
6,3	0,008		78		0,02		72	
8,0	0,008	0,014	78	83	0,016	0,032	70	75
10,0	0,01		80		0,016		70	
12,5	0,015		82		0,016		70	
16,0	0,016	0,028	84	89	0,016	0,028	70	75
20,0	0,02		86		0,016		70	
25	0,025		88		0,016		70	
31,5	0,032	0,056	90	95	0,016	0,028	70	75
40,0	0,04		92		0,016		70	
50,0	0,05		94		0,016		70	
63,0	0,063	0,112	96	101	0,016	0,028	70	75
80,0	0,08		98		0,016		70	

Для исследованных средств виброзащиты вычисляется их эффективность ( $\Delta L_v$  или  $\Delta L_a$ , дБ) в каждой октавной полосе частот по формулам

$$\Delta L_a = L_{a1} - L_{a2} \quad (5.5)$$

$$\Delta L_v = L_{v1} - L_{v2} \quad (5.6)$$

где  $L_{a1}$ ,  $L_{v1}$  — уровень виброускорения и виброскорости соответственно до применения виброзащиты, дБ;

$L_{a2}$ ,  $L_{v2}$  — уровень виброускорения и виброскорости соответственно после применения виброзащиты, дБ.

Результаты расчётов занести в табл. 5.1. и 5.2.

Конечным результатом выполненной работы должен быть вывод с подробным анализом полученных данных.

Для наглядности сравнения результатов исследований с санитарными нормами указанные графические зависимости рекомендуется строить совмещёнными: нормативные уровни виброускорения и виброскорости; уровни виброускорения и виброскорости без средств виброзащиты; уровни виброускорения и виброскорости с применением средств виброзащиты.

По результатам расчёта эффективности средств защиты от вибрации ( $\Delta L_{A(v)}$ , дБ) так же, как и в предыдущем случае, строятся совмещённые графические зависимости в системе координат  $\Delta L_{A(v)}$ , дБ —  $f_{cp}$ , Гц для каждого защитного средства и делается обоснованный вывод об их эффективности в сравнении друг с другом и в зависимости от частоты вибрации.

#### Литература

1. Кукин П. П., Лапин В. Л. и др. Безопасность технологических процессов и производств (Охрана труда). — М.: Высш. шк., 1999. — 317 с.
2. ГОСТ 12.1.012-90. «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования». — М.: Изд-во стандартов, 1990. — 24 с.
3. СН 2.2.4/2.1.8.566-96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях, жилых и общественных зданиях. — М.: Минздрав России, 1997. — 20 с.
4. Филиппов Б. И. Охрана труда при эксплуатации строительных машин. — М.: Высш.шк., 1984. — 246 с.

#### Контрольные вопросы

1. Какими основными параметрами характеризуется вибрация?
2. Как рассчитать уровень виброскорости?
3. Как рассчитать виброскорость?
4. Как рассчитать уровень виброускорения?
5. Как рассчитать виброускорение?
6. Как рассчитать среднюю квадратическую величину виброскорости?
7. Какие особенности негативного воздействия на человека вибрации учитываются при гигиеническом нормировании её параметров?
8. Перечислите гигиенические критерии безопасного воздействия на человека локальной и общей вибрации.
9. В каких нормативных документах отражены предельно допустимые уровни виброскорости и виброускорения?
10. Каков порядок измерения параметров вибрации прибором ВШВ-003-М2?

11. Перечислите коллективные средства виброзащиты.
12. Какие средства индивидуальной виброзащиты применяются на производстве?
13. Как вибрация классифицируется в зависимости от источника её возникновения?
14. Какими методами достигается снижение уровня опасных параметров вибрации в источнике её образования?
15. Как определяется эффективность процессов виброзащиты?

### Учебно-исследовательская лабораторная работа № 6 ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАПЫЛЕННОСТИ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СРЕДСТВ ПЫЛЕУЛАВЛИВАНИЯ

**Цель работы:** ознакомить студентов с аппаратурой, техникой отбора проб, методами определения концентрации различных пылей в атмосфере производственных помещений, принципами нормирования и гигиенической оценки рабочих мест с учетом состава и концентрации пыли; обучить навыкам пылевого контроля и оценки эффективности средств борьбы с вредными примесями воздуха.

#### 6.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Высокая запыленность производственной атмосферы предприятий ухудшает санитарно-гигиенические условия, снижает производительность труда, а в ряде случаев вызывает профессиональные заболевания. Довольно большие технологические выбросы приводят к безвозвратной потере значительного количества сырья и готовой продукции, а также наносят огромный вред окружающей среде.

Запыленность воздуха на рабочих местах зависит от интенсивности поступления пыли в атмосферу помещения, которая предопределяется количеством и дисперсным составом образующейся пыли, режимом движения воздушных потоков в цехе, а также эффективностью применяемых средств обеспыливания. Интенсивность образования пыли зависит от физико-механических свойств и степени измельчения материалов, фактической производительности и конструктивных особенностей оборудования.

Для наиболее полной оценки пылевой обстановки на рабочем месте, а также для правильного выбора эффективного способа обеспыливания аспирационного воздуха наряду с данными, характеризующими интенсивность пылевыделения и уровень запыленности воздуха, очень важно знать дисперсный и химический состав пыли, а также ее специфические физико-химические и физико-механические свойства.

Вдыхание пыли может вызвать бронхит, пневмокониоз или развитие общих реакций (интоксикация, аллергия). По статистическим данным МакНИИ, ВостНИИ и ИГД им. Скочинского А. А. от 70 до 81 % профессиональных заболеваний горнорабочих составляют пылевые бронхиты и пневмокониозы — заболевания, вызываемые длительным контактом работающих с пылью. Неспецифическое действие пыли проявляется в заболеваниях верхних дыхательных путей, слизистой оболочки глаз, кожных покровов. Вдыхание пыли может способствовать возникновению пневмонии, туберкулеза, рака легких.

Для снижения опасного воздействия пыли на организм человека ее содержание в воздухе регламентировано. Российскими гигиеническими нормативами СанПиН 2.2.3.570-96, ГН 2.2.5.1313-03, Р 2.2.2006-05 предусмотрен переход на измерение среднесменной запыленности воздуха, учет пылевых нагрузок и возможность их регулирования временем в зависимости от среднесменной запыленности производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса. Установлены среднесменные предельно допустимые концентрации витающей в воздухе рабочей зоны пыли на предприятиях, в том числе и угольных. Этот

Подход оценки запыленности не учитывает дисперсный состав пылевого аэрозоля, т. е. количественное соотношение пыли частиц различных размеров (фракций). В связи с этим при оценке пневмокониозоопасности крупные частицы, как менее опасные, играют незначительную роль в возникновении пылевых заболеваний. Основная роль в этом случае принадлежит респираторной фракции с размером частиц до 5–7 мкм. В России контролируемым и измеримым параметром для промышленных пылей и аэрозолей является их общая массовая концентрация (частицы до 100 мкм). Для оценки пневмокониозоопасности работ в соответствии с ОСТ 153-12.0-004-01 рекомендуется проведение измерений как вдыхаемой, так и тонкой (респираторной) фракции пыли. Предельно допустимые концентрации пыли (ПДК) приведены ГН 2.25.1313-03 (табл. 6.1)

Таблица 6.1

## Предельно допустимые концентрации пыли

Наименование вещества	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности
Пыли с диоксидом кремния:		
а) кристаллическим (кварц, кристобалит, тридимит) при содержании в пыли свыше 70 % (кварцит, диас и др.)	1	3
б) аморфным в виде аэрозоля конденсации при содержании в пыли свыше 70 %	1	3
в) аморфным в смеси с оксидами марганца в виде аэрозоля конденсации с содержанием каждого из них более 10 %	1	3
г) кристаллическим при содержании в пыли от 2 до 70 % (гранит, шамот, слюда-сырец, углеродная пыль и др.)	2	4
д) кристаллическим при содержании в пыли от 2 до 10 % (горючие сланцы, углеродная и угольная пыль, глина и др.)	4	4
Силикаты и силикатосодержащие пыли:		
асбест природный и искусственный, а также смешанные асбестопородные пыли при содержании в них асбеста более 10 %	2	4
стеклянное и минеральное волокно	4	4
цемент, оливин, апатит, глина	6	4
Углеродные пыли:		
кокс нефтяной, песковый, сланцевый, электродный	8	4
алмазы природные и искусственные	8	4
каменный уголь с содержанием диоксида кремния менее 2 %	10	4

Сведения об основных современных приборах для определения запыленности, используемых в странах Евросоюза, приведены в табл. 6.2.

Таблица 6.2  
Результаты сравнительных измерений оптических пылемеров с гравиметрическим прибором CIP-10

Тип измерителя	Показатели измерения концентрации, мг/м <sup>3</sup>		Коэффициенты пересчета показаний <sup>*)</sup>	
	общая масса пыли	тонкая фракция (0,5-5 мкм)	по общей массе пыли	по тонкой фракции (0,5-5 мкм)
CIP-10	150,5	22,6		
Dust Trak		15,4	9,8	1,46
TM data		13,0	11,6	1,73
PŁ-1		9,3	16,3	2,43
CIP-10	948,5	116,8		
Dust Trak		106,8	8,9	1,09
TM data		67,6	14,0	1,72
PŁ-1		86,4	11,0	1,35

\*) — Отношение показаний соответствующего прибора к значениям замеров CIP-10

В последнее время в России допущены к применению приборы нового технического уровня — оптические пылемеры «TM data» фирмы «Хельмут Хунд ГмбХ» (Германия). В Кузбассе используется около 80 приборов «TM data». Одновременно с оптическими приборами, в европейской горнодобывающей промышленности широко используются гравиметрические приборы MGP II и TBF 50 (Германия), CIP-10 (Франция) и некоторые другие. К наиболее распространенным в угольной промышленности приборам относится CIP-10. Пылемер CIP-10 разработан во Французском исследовательском центре угольной промышленности (Сершар). Прибор адаптирован к выполнению как европейских, так и российских норм в области гигиенического пылевого контроля.

Пылемер CIP-10 является индивидуальным пылемером контактного строения (рис. 6.1), предназначенным для установления ин-

дивидуальной экспозиции пыли в условиях работы под землей и на поверхности. Он измеряет массу пыли, содержащейся в воздухе. Может носиться как индивидуальный пылемер на груди работника (в кармане куртки) или как стационарный пылемер в установленном пункте.



Рис. 6.1. Общий вид гравиметрического прибора CIP-10

Предлагаются три селектора пыли на одном корпусе: респираторной фракции; торакальной фракции; вдыхаемой фракции или общей массы пыли. Это позволяет выполнять требования норм CEN 481 и ISO TR 7708, а также российских нормативных документов (СанПиН 2.2.3.570-96, ГН 2.2.5.1313-03, Р 2.2.2006-05), касающихся отбора проб определенных фракций аэрозолей, вредных для здоровья.

Плоский корпус CIP-10 из антистатического материала надежно защищен от несанкционированного включения или выключения в процессе отбора пробы пыли. Запуск осуществляется перед началом смены специальным магнитным пускателем, горнорабочий в период замеров не имеет возможности остановить прибор. Этим обеспечивается объективность показаний величины индивидуальной пылевой нагрузки, точность в определении времени отбора пробы ( $\Delta t$ ).

Пылемер CIP-10 имеет следующие характеристики: масса около 300 г; питание от аккумулятора с временем работы без подзарядки 36 часов, объемный расход просасываемого воздуха 10 л/мин; стабильность расхода с точностью 0,5 %, исполнение — взрывобезопасное; прибор нечувствителен к вибрациям и неблагоприятным рабочим положениям.

Прибор CIP-10 осуществляет селективный отбор проб пыли в две ступени. Первая ступень представлена сектором, задерживающим крупные частицы пыли размером более 5 мкм. Вторая ступень улавливает тонкодисперсные частицы размером от 0,5 до 5 мкм, прошедшие через первую ступень. Для этого имеется вращающаяся

со скоростью 7000 об/мин чаша, в которой помещено кольцо из полиуретанового пенопласта. Всасывание происходит вследствие эжектирующего действия чаши.

Применение современных средств пылевого контроля позволяет повысить оперативность измерений, исследовать пылевую динамику выемочных участков.

Для обеспыливания аспирационного воздуха применяют преимущественно циклоны, рукавные и электрофильтры.

Так как большинство пылей содержит значительный процент мелкодисперсных фракций, для эффективной очистки аспирационного воздуха в большинстве случаев применяют не только одноступенчатую, но и двухступенчатую систему обеспыливания.

В случае высокой начальной запыленности воздуха в качестве первой ступени очистки обычно используют циклоны. Эти аппараты наиболее пригодны и надежны для грубой очистки аспирационного воздуха.

В качестве аппаратов тонкой очистки чаще всего используют рукавные фильтры. Наша промышленность серийно выпускает фильтры типа ФВК, РФГ-УМС, СМЦ и др. Это высокоэффективные пылеуловители. При выполнении данной работы к испытаниям приняты циклон и рукавные фильтры.

## 6.2. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАПЫЛЕННОСТИ ВОЗДУХА И СРЕДСТВ ПЫЛЕУЛАВЛИВАНИЯ, ПРИБОРЫ И ТЕХНИКА ЗАМЕРОВ, ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ

### 6.2.1. Замеры запыленности воздуха

Запыленность воздуха оценивается двумя способами: счетным (числом пылинок в  $1 \text{ см}^3$ ) и весовым ( $\text{мг}/\text{м}^3$ ).

Основным способом является весовой, основанный на фильтрации запыленного воздуха. Счетный метод является вспомогательным к весовому, он применяется чаще всего в гигиенических исследованиях. При счетном методе с помощью микроскопа подсчитыв-

ается число пылевых частиц, содержащихся в одном кубическом сантиметре исследуемого воздуха, а также определяются их размеры (дисперсность — фракционный состав пыли) под микроскопом или с помощью кинопроекторной аппаратуры.

### Определение запыленности воздуха в производственных условиях весовым методом с применением аналитических фильтров АФА на лабораторной установке

Настоящий метод предназначен для определения концентрации аэродисперсных примесей (пыли, дыма, тумана) в воздушной среде при температуре до  $60^\circ \text{C}$ . Сущность этого метода заключается в принудительном осаждении (улавливании) аэрозольных примесей на фильтр из определенного объема воздуха, определении увеличения массы фильтра и вычислении концентрации аэрозоля в миллиграммах на кубический метр.

Метод основан на использовании аналитических фильтров аэрозольных АФА (рис. 6.2), изготовленных из гидрофобного высокоэффективного нетканного фильтрующего материала ФПП (фильтры перхлорвиниловые Петрянова). Для исследования запыленности воздуха применяют фильтры АФА-ВП-10 и АФА-ВП-20. Буква В означает, что фильтр пригоден для весового метода, а цифры 10 и 20 обозначают площадь круга фильтра ( $\text{см}^2$ ).

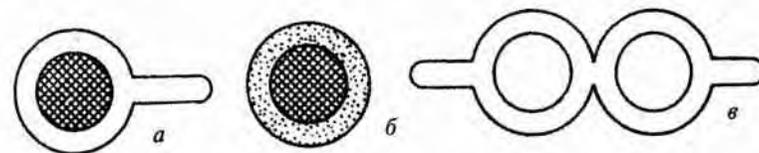


Рис. 6.2. Аналитический фильтр аэрозольный (АФА): а — общий вид; б — фильтр; в — supporting frame

Определение концентрации аэрозолей состоит из четырех этапов: подготовка аппаратуры и фильтров; отбор аэрозоля на фильтр; определение изменения массы фильтра после отбора пробы; вычисление концентрации аэрозоля.

*Подготовка аппаратуры и фильтров.* Перед отбором проб в лаборатории необходимо проверить исправность аппаратуры, указанной в табл. 6.3, и определить начальную массу фильтров.

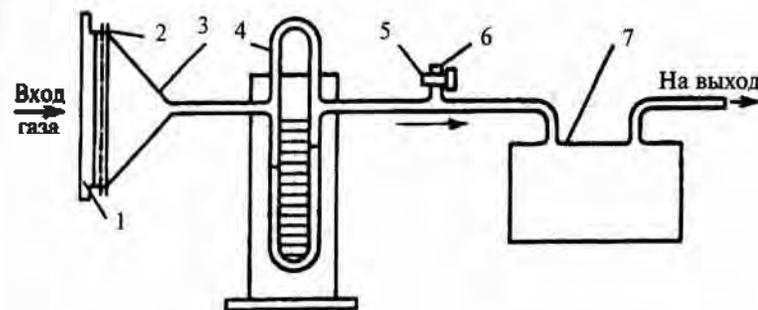
**Таблица 6.3**  
**Перечень материалов, приборов и оборудования, необходимых для исследования запыленности воздуха весовым методом с помощью аэрозольных фильтров АФА-ВП-20**

Наименование	Тип прибора	Назначение
Весы аналитические	АДВ-200	Взвешивание фильтров
Аллонж для фильтра		Отбор пробы аэрозоля на фильтр
Аспирационный прибор	Воздуходувки, эжекторы, электропылесосы	Протягивание воздуха через фильтр
Расходомер	Реометры, ротометры и газовые счетчики	Определение объема воздуха, протянутого через фильтр
Регулятор скорости	Зажим или кран	Регулирование скорости фильтрации воздуха
Часы или секундомер	С секундной стрелкой	Определение продолжительности отбора пробы
Штатив	Лабораторный	Крепление аллонжа
Эксикатор вакуумный	Лабораторный	Просушивание фильтров
Пинцет	Аналитический	Работа с фильтром
Комплект фильтров в обойме	АФА-ВП-20	Улавливание аэродисперсных примесей
Резиновый шланг	Диаметром до 10 мм	Соединение аппаратуры при отборе проб
Барометр-анероид	БАММ	Измерение давления воздуха
Термометр	Со шкалой до 100 °С	Измерение температуры воздуха

Фильтры взвешивают на аналитических весах АДВ-200 следующим образом: из обоймы вынимают один комплект аналитического фильтра, разворачивают защитные бумажные кольца и вынимают из них фильтр, затем складывают его с помощью пинцета вчетверо и кладут в центр чашки весов. При этом следят, чтобы края фильтра не выступали за пределы края чашки весов, иначе будет неправильно определена его масса. После взвешивания фильтр осторожно расправляют за опрессованные края с помощью пинцета, помещают снова в защитные бумажные кольца и укладывают в пакет из кальки, который вставляют в обойму. Аналогичным

способом взвешивают остальное количество необходимых фильтров. Массу каждого фильтра и его порядковый номер записывают в лабораторный журнал и одновременно проставляют на выступах колец.

*Отбор проб аэрозоля на фильтр.* На месте взятия пробы устанавливают на штативе аллонж (пробозаборник-фильтродержатель) и соединяют его резиновыми шлангами последовательно с расходомером и аспирационным прибором так, как это показано на рис. 6.3.



**Рис. 6.3.** Схема установки для отбора проб воздуха:  
1 - накидная гайка; 2 - фильтр АФА; 3 - фильтродержатель (аллонж);  
4 - расходомер; 5 - регулировочный кран; 6 - тройник; 7 - аспиратор

Проводят опробование работы установки и проверяют плотность герметизации в местах соединения, особенно на участке между аллонжем и расходомером. Затем из обоймы вынимают комплект фильтра, вставляют его в аллонж и закрепляют накидной гайкой. После этого включают аспирационный прибор, устанавливают регулировочным краном-вентилем определенную скорость потока воздуха и производят отбор пробы, включив одновременно с аспирационным прибором секундомер. В результате разрежения (вакуума), создаваемого аспирационным прибором, воздух начнет фильтроваться через ткань фильтра АФА, оставляя на нем частички исследуемого аэрозоля. Масса фильтра начнет увеличиваться.

В течение всего времени отбора пробы с помощью регулировочного вентиля аспиратора поддерживают постоянную объемную

скорость потока воздуха. Необходимость такой корректировки обусловлена увеличением сопротивления материала фильтра воздушному потоку по мере накопления пыли на нем, а также возможным колебанием напряжения в электросети. Обе эти причины могут вызывать отклонения в показаниях реометра против первоначально установленной скорости потока воздуха. Продолжительность отбора проб выбирают в зависимости от запыленности и скорости протягивания воздуха через фильтр (табл. 6.4).

Минимально необходимая навеска пыли на фильтре должна быть не менее 1 мг, а максимально допустимая — не более 100 мг.

Таблица 6.4

Продолжительность отбора проб в зависимости от скорости уровня предполагаемой запыленности

Предполагаемая запыленность, мг/м <sup>3</sup>	Скорость отбора пробы, л/мин	Продолжительность отбора пробы, мин
0,3 1,0	100	Не более 30
1,0 10	100	10
10 100	15 30	30 15
Свыше 100	5 10	10 5

*Примечание.* Меньшая скорость соответствует большей продолжительности отбора пробы.

После окончания отбора пробы аллонж отсоединяют от аспиратора, извлекают из него фильтр, берясь за выступ бумажных колец, наружной стороной кверху (чтобы не осыпалась пыль с фильтра). Затем фильтр складывают пополам (пыльной стороной внутрь) и помещают его в пакет, в котором он находился до взятия пробы. Пакет с использованным фильтром следует уложить в картонную коробку. Освободившийся аллонж заправляется чистым фильтром для отбора следующей пробы.

По окончании отбора проб все использованные (загрязненные пылью) фильтры взвешиваются на тех же весах.

При отборе проб на каждый фильтр ведут отдельную запись в журнале, в котором указывают дату, место и условия взятия пробы

аэрозоля, номер фильтра, скорость и продолжительность отбора пробы, температуру и давление воздуха.

*Вычисление концентрации аэрозоля.* Объем воздуха (м<sup>3</sup>), прошедший через фильтр, предварительно необходимо привести к нормальным условиям (т. е. к объему, который он занимал бы при температуре 0 °С и нормальном атмосферном давлении, равном 101325 Па) по формуле

$$V_0 = \frac{273}{273+T} \cdot \frac{B_{\phi}}{B_n} \cdot \frac{V \cdot \tau}{1000}, \quad (6.1)$$

где 273 — абсолютная температура, К;  $T$  — температура воздуха (газа), °С;  $B_{\phi}$  — фактическое барометрическое давление в момент отбора пробы, Па;  $B_n$  — нормальное атмосферное давление, равное 101325 Па;  $V$  — скорость отбора пробы, л/мин;  $\tau$  — длительность отбора пробы, мин; 1000 — коэффициент перевода литров в кубические метры (1 м<sup>3</sup> = 1000 л).

В связи с тем, что поправка на барометрическое давление мало влияет на точность результата, на практике часто ограничиваются введением поправки только на температуру. Иначе говоря, расчет ведут по упрощенной формуле

$$V_0 = 273/(273+T) \cdot V \cdot \tau \cdot 10^{-3}. \quad (6.2)$$

Концентрацию аэрозоля (мг/м<sup>3</sup>) определяют по формуле

$$C = (m_2 - m_1)/V_0, \quad (6.3)$$

где  $m_2$  — масса запыленного фильтра, мг;  
 $m_1$  — масса чистого фильтра, мг.

*Определение концентрации аэрозоля в учебной пылевой камере*

Схема лабораторной пылевой камеры для исследования запыленности воздуха показана на рис. 6.4.

Пылевая камера 1 служит емкостью для имитации производственного помещения с запыленным воздухом. В данной части

камеры размещается порция экспериментальной пыли 2, а на внутренней части левой стенки камеры закреплен вентилятор 3. В правой стенке камеры имеется отверстие, в котором закрепляется аллонж 4 с находящимся внутри него фильтром АФА-ВП-20. Аллонж подсоединен с помощью резиновой трубки 5 к аспиратору 6, снабженному четырьмя расходомерами 7 с воздушными поплавками и шкалами, отградуированными в л/мин, вентилями 8 для регулировки расхода протягиваемого через фильтр-аллонж запыленного воздуха и выходными штуцерами 9 расходомеров, к которым подсоединяется резиновая трубка 5 с аллонжем 4. Включается пылевая камера в работу и выключается с помощью тумблера 10.

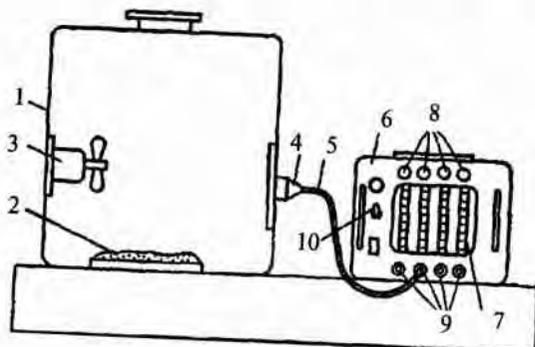


Рис. 6.4. Схема устройства пылевой камеры

### 6.2.2. Порядок проведения работы

1. Проверить наличие защитного заземления (зануления) корпуса пылевой камеры (при отсутствии его — установку заземлить (занулить)).
2. Взвесить 3–4 фильтра с точностью до 1 мг (при подготовке к взвешиванию фильтров не касаться руками фильтрующего элемента). Записать в протокол номер и массу каждого фильтра, вставить фильтр № 1 в аллонж-пробозаборник 1 (см. рис. 6.4).

3. Собрать все элементы в единую схему: пылевая камера — аллонж с фильтром 4 — резиновая трубка 5 — аспиратор 6 — расходомер 7 с вентилем 8 — атмосфера помещения.
4. Включить в работу вентилятор 3 в пылевой камере 1 (чтобы пыль перешла во взвешенное состояние).
5. Включить аспиратор 6, отрегулировать объемную скорость протягивания воздуха через аллонж 4.
6. Вставить аллонж 4 с фильтром № 1 в отверстие в передней стенке пылевой камеры, одновременно с этим включить секундомер, зафиксировать время начала отбора пробы. Во время отбора по расходомеру 7 необходимо следить за скоростью просасывания и при необходимости подрегулировать её вентилем 8 (см. рис. 6.4).
7. По окончании отбора пробы выключить аспиратор и секундомер, осторожно вынуть фильтр из аллонжа и взвесить его на тех же весах. Все параметры — массу загрязненного фильтра, температуру и давление воздуха — записать в протокол эксперимента по прилагаемой форме № 1.

Форма № 1

Место отбора проб воздуха на запыленность \_\_\_\_\_  
 Наименование пыли \_\_\_\_\_  
 Дата проведенных измерений \_\_\_\_\_

Температура воздуха $t$ , °С	Давление $P$ , Па	Масса чистого фильтра $m_1$ , мг	Масса запыленного фильтра $m_2$ , мг	Длительность опыта $t$ , мин	Объем воздуха, приведенный к нормальным условиям $V_0$ , м <sup>3</sup>	Скорость просасывания запыленного воздуха через фильтр, $v$	Вычисленная концентрация пыли (запыленность воздуха) $C$ , мг/м <sup>3</sup>	ПЛАК экспериментальной пыли, мг/м <sup>3</sup>

8. Повторить эксперимент с остальными взвешенными фильтрами (№ 2, № 3, № 4 и др.) другими членами студенческой бригады, выполняющими данную работу.

9. Составить отчет по форме 1. При вычислении концентрации аэрозоля использовать формулы (6.1)–(6.3) и сделать выводы о степени запыленности воздуха.

Замеры запыленности воздуха в экспериментальной установке, используемой для оценки эффективности средств пылеулавливания, проводятся по приведенной выше методике.

### 6.2.3. Оценка эффективности средств пылеулавливания

Эффективность средств пылеулавливания (циклоны, тканевые фильтры и др.) существенно зависит от пылевой и воздушной нагрузок. Для определения этих нагрузок необходимо проводить замеры запыленности воздуха до и после пылеулавливающего аппарата, а также замеры количества протекающего через него воздуха.

Степень очистки воздуха или КПД пылеулавливающего аппарата вычисляют по формуле

$$\eta = \frac{P_1 + P_2}{P_1} \cdot 100, \quad (6.4)$$

где  $P_1$  и  $P_2$  — запыленность воздуха, поступающего в пылеуловитель и на выходе из него, мг/м<sup>3</sup>.

Количество воздуха, протекающего по трубопроводу (через аппарат):

$$Q = V \cdot S, \quad (6.5)$$

где  $V$  — скорость воздуха в трубопроводе, м/с;  
 $S$  — сечение трубопровода, м<sup>2</sup>.

Техника замеров скорости воздуха и применяемые приборы описаны ниже.

#### *Замер скорости движения воздуха с помощью пневмометрических трубок и микроанометров*

В потоках воздуха, движущегося по воздуховодам, существует статическое  $P_{ст}$  и динамическое (скоростное)  $P_{дин}$  ( $P_{ок}$ ) давление.

Статическое создается внешними силами (атмосферным давлением на поверхности) и весом столба воздуха, заполняющего трубопровод от входа до данной точки в потоке. Это давление численно равно потенциальной энергии единицы объема воздуха. Скоростное равно кинетической энергии единицы объема воздуха:

$$P_{ок} = \frac{V^2}{2g} \cdot \gamma, \quad (6.6)$$

где  $V$  — скорость движения воздуха, м/с;  
 $g$  — ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  
 $\gamma$  — удельный вес воздуха, Н/м<sup>3</sup>.

Полное давление в какой-либо точке потока равно

$$P_n = P_{ст} + P_{ок}. \quad (6.7)$$

При замерах скорости движения воздуха с помощью пневмометрической трубки и микроанометра пользуются уравнением (6.6).

Если  $P_{ок}$  известно, т. е. измерено, то из уравнения (6.6) найдем

$$V = \sqrt{\frac{2gP_{ок}}{\gamma}}.$$

Удельный вес воздуха  $\gamma$  может быть определен по формуле

$$\gamma = 0,465 \frac{P}{T}, \quad (6.8)$$

где  $P$  — давление воздуха, Па;  
 $T$  — температура воздуха, К.

При замерах  $P_{ст}$  и  $P_{ок}$  давлений используют приемники различной конфигурации, чаще всего в виде полых трубок, внутреннее пространство которых сообщается с потоком через специальные отверстия. Приемник ориентируют в потоке так, что плоскости отверстий располагаются либо параллельно направлению движения воздуха, либо перпендикулярно ему. Тогда отверстия, перпендику-

лярные потоку, будут воспринимать полное давление в точке расположения  $P_1$ , а отверстия, параллельные потоку, — его статическое давление  $P_{ст}$ . Передавая эти давления от приемника на измерительный прибор, можно замерить отдельно  $P_1$  и  $P_{ст}$  и определить их разность  $P_1 - P_{ст} = P_{ск}$ , т. е. скоростное давление.

Описанный выше принцип измерения используют в ряде пневмометрических трубок, наиболее совершенной из которых является трубка со сферической головкой.

В качестве измерительных приборов используют микроманометры различных типов.

### Пневмометрические трубки

Пневмометрическая (воздухомерная) трубка (Пито) со сферической головкой (рис. 6.5) имеет центральное отверстие 1, которое будучи расположено навстречу потоку, воспринимает полное давление, и щелевое отверстие 2 на боковой поверхности наконечника, воспринимающее статическое давление. Действующие на отверстия 1 и 2 давления  $P_1$  и  $P_{ст}$  передаются через внутренние трубки 3 и 4 на выходные штуцера со знаками (+) и (-), которые с помощью резиновых трубок соединяются с патрубками микроманометра, также имеющими знаки (+) и (-).

Если штуцер воздухомерной трубки, имеющий знак (+), соединить с патрубком микроманометра с таким же знаком, то микроманометр будет регистрировать полное давление потока воздуха.

Действительно, уравнение Бернулли для струйки воздуха, проходящей через центральный канал воздухомерной трубки, будет иметь вид

$$P_1 + \frac{V_1^2}{2g} \gamma = P_2 + \frac{V_2^2}{2g} \gamma, \quad (6.9)$$

где  $P_1$  — давление перед входом в центральный канал, т. е. в начальном сечении рассматриваемой трубки, Па;  $V_1$  — скорость потока воздуха, набегающего на воздухомерную трубку, м/с;  $P_2$  — давление в патрубке микроманометра, т. е. в конечном сечении рассматриваемой струйки, Па;  $V_2$  — скорость потока в патрубке микроманометра, м/с.

Так как выходной штуцер воздухомерной трубки соединен с микроманометром, то движения воздуха в ее центральном канале в рассматриваемом случае не будет, т. е.  $V_2 = 0$ . Следовательно, давление воздуха в этом канале  $P_2$ , измеряемое микроманометром:

$$P_2 = P_1 + \frac{V_1^2}{2g} \gamma = P_{ст} + P_{ск} = P_n. \quad (6.10)$$

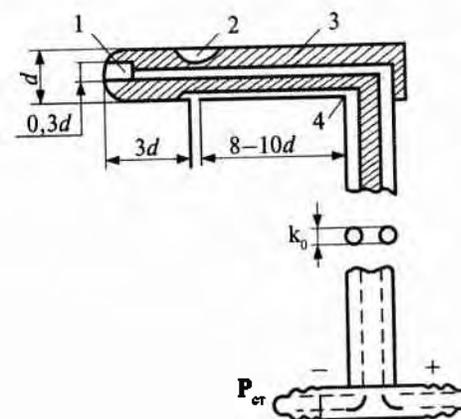


Рис. 6.5. Пневмометрическая трубка для замеров давления

Если штуцер воздухомерной трубки, имеющий знак (-), соединить с патрубком микроманометра со знаком (-), то микроманометр будет регистрировать только статическое давление  $P_{ст}$ . В этом нетрудно убедиться, проанализировав уравнение (6.2).

Если подсоединить штуцер одновременно к обоим патрубкам микроманометра, то он покажет разность полного и статического давлений, т. е. скоростное давление  $P_{ск}$ .

### Микроманометры

Наибольшее распространение получили жидкостные микроманометры типа ММН с наклонной шкалой (рис. 6.6).

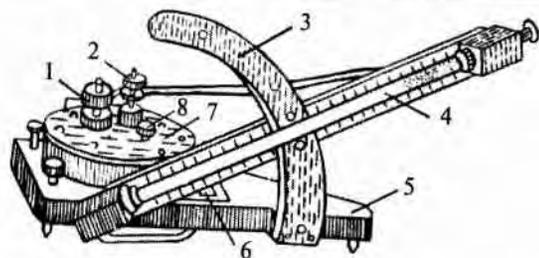


Рис. 6.6. Микроманометр типа ММН

На силуминовой плите 5 укреплен стальной штампованный резервуар 7, сверху герметически закрытый крышкой на резиновой прокладке. На крышке укреплен трехходовой кран 1, заливочная пробка 8 и регулятор положения мениска 2, служащий для подгонки мениска спирта в измерительной трубке к нулевой риске шкалы. При помощи небольшой стойки к плите 5 крепится кронштейн 3 с измерительной трубкой 4. Нижняя часть измерительной трубки через штуцер при помощи эластичной резиновой трубки сообщается с резервуаром 7, а верхний ее конец сообщается с трехходовым краном 1. Измерительная трубка установлена так, чтобы точка ее шкалы совпадала с осью вращения кронштейна. Шкала измерительной трубки имеет длину 250 мм, каждое деление ее соответствует 1 мм. Для установки кронштейна с измерительной трубкой на требуемый угол наклона, к плите прикреплена дуга, имеющая пять отверстий с цифрами 0,8; 0,6; 0,4; 0,3; 0,2, обозначающими величину коэффициента наклона шкалы (узкой трубки микроманометра).

Для установки микроманометра в строго горизонтальное положение на плите 5 установлены два уровня 6 с цилиндрическими ампулами. Заполнение прибора спиртом производится через отверстие в крышке, закрываемое пробкой, а опорожнение — полное или частичное — через сливной кран, укрепленный на отводе в нижней части резервуара.

Каналы в трехходовом кране расположены таким образом, что при повороте его против часовой стрелки до упора резервуар и

измерительная трубка сообщаются с атмосферой, а отверстия к штуцерам 2 и 3 перекрываются (рис. 6.7); при этом положении крана проверяется нуль прибора. При повороте крана по часовой стрелке до упора штуцер 3 сообщается с резервуаром, а штуцер 1 — со штуцером 2 и через него с измерительной трубкой, при этом отверстие, ведущее в атмосферу, перекрывается.

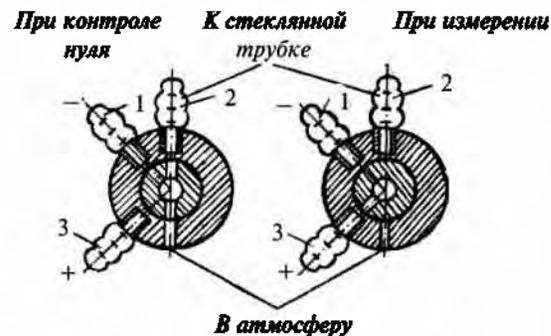


Рис. 6.7. Схема расположения каналов в трехходовом кране

При измерении прибором разрежений резиновая трубка, идущая от места замера, надевается на штуцер 2, а при измерении давлений на штуцер 3.

При измерении прибором перепада давления плюсовая трубка надевается на штуцер 3, а минусовая — на штуцер 1.

При работе с микроманометром необходимо произвести следующее:

- 1) установить прибор при помощи регулировочных винтов в строго горизонтальное положение;
- 2) установить кронштейн с измерительной трубкой в крайнее верхнее положение под углом наклона 0,8;
- 3) повернуть пробку трехходового крана против часовой стрелки до упора и через заливочную пробку залить микроманометр этиловым спиртом так, чтобы уровень его в измерительной трубке установился приблизительно против нулевого деления, затем завернуть

пробку до отказа. Для четкой видимости мениска этиловый спирт может быть окрашен;

4) надеть на штуцер трехходового крана отрезок резиновой трубки, поставив кран в рабочее положение (путем поворота его по часовой стрелке до упора); поднять путем подсоса уровень спирта в измерительной трубке примерно до конца шкалы и убедиться в отсутствии воздушных пробок в столбике спирта. В случае обнаружения воздушных пробок таковые необходимо удалить, выдув их вместе со спиртом в резервуар;

5) повернуть кран против часовой стрелки до упора, переставить кронштейн с измерительной трубкой на требуемый угол наклона и при помощи регулировочного барабана окончательно скорректировать нуль;

б) соединить прибор с объектом измерения и проверить уровень, повернуть кран по часовой стрелке до упора и сделать отсчеты. Во время работы необходимо периодически проверять нуль прибора, а также следить за положением прибора по уровням.

Для измерения депрессии поступают следующим образом:

- ◆ заполняют прибор спиртом, пока он не поднимется в стеклянной трубке на 5–10 мм;
- ◆ при помощи уровней устанавливают прибор горизонтально;
- ◆ устанавливают трубку 2 на выбранный угол наклона;
- ◆ записывают начальные показания при отключенном микроманометре;
- ◆ записывают показания микроманометра, т. е. деление шкалы, на которое переместится мениск спирта ( $h$ ). Если мениск колеблется, следует взять несколько отсчетов, например, через каждые 10 с, или записать ряд последовательных отсчетов вблизи среднего положения, крайние отсчеты при этом отбрасываются;
- ◆ из замеренных показаний микроманометра вычитают начальный отсчет и полученную разницу пересчитывают на мм вертикального вод. ст. Тогда истинная величина давления ( $P$ ) будет равна:

$$P = 9,81 \cdot h \cdot F \cdot \Delta \cdot \rho, \quad (6.11)$$

где  $F$  — коэффициент наклона шкалы микроманометра;  $\Delta$  — удельный вес спирта,  $H/m^3$ ;  $\rho$  — поправочный коэффициент микроманометра (дан в паспорте к прибору).

При выполнении экспериментальной части работы студенты должны выполнить оценку эффективности обеспыливающих устройств, применяемых для снижения уровня запыленности воздуха рабочей зоны.

Для выполнения экспериментов, указанных в п. 6.2.1 и п. 6.2.2, используется экспериментальная установка (рис. 6.8), которая состоит из трубопровода 2, 6, циклона 4, тканевого фильтра 1, патрона с фильтром 3, пылеподатчика 7, воздуходувки 10, трубки Пито 9, микроманометра 8, реометра 11, пылезаборной трубки 5.

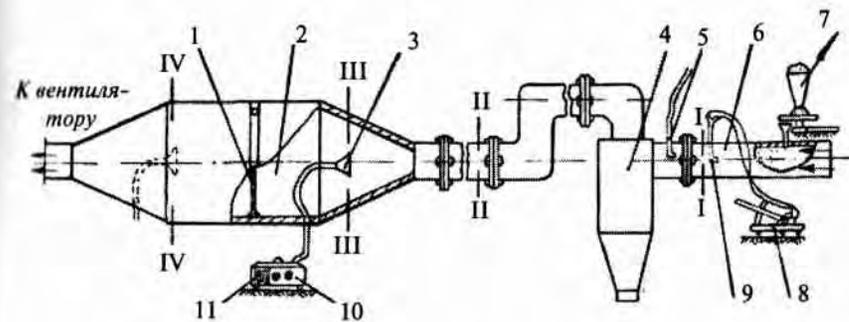


Рис. 6.8. Экспериментальная установка для исследования эффективности средств обеспыливания

### Методика оценки эффективности средств пылеулавливания

Перед началом исследований определяют скорость движения воздуха в трубопроводе (сечение I–I) с помощью микроманометра при заданном режиме работы вентилятора. Для этого необходимо:

- 1) разделить сечение трубопровода на 8–12 равновеликих фигур (квадраты или прямоугольники) и установить прибор при

помощи регулировочных винтов и уровней в строго горизонтальное положение;

2) установить кронштейн 3 с измерительной трубкой 4 в крайнее верхнее положение под углом наклона 0,8 (см. рис. 6.6);

3) повернуть пробку трехходового крана 1 против часовой стрелки до упора и через заливочную пробку 8 залить микроманометр этиловым спиртом так, чтобы уровень его в измерительной трубке установился приблизительно против нулевого деления, затем повернуть пробку до отказа;

4) надеть на штуцер трехходового крана 1 отрезок резиновой трубки, поставить кран в рабочее положение (поворачивая его по часовой стрелке до упора), поднять путем подсоса уровень спирта в измерительной трубке 4 примерно до конца шкалы и убедиться в отсутствии воздушных пробок в столбике спирта. В случае обнаружения воздушных пробок их необходимо удалить, выдув их вместе со спиртом в резервуар;

5) повернуть кран 1 против часовой стрелки до упора, переставить кронштейн 3 с измерительной трубкой 4 на требуемый угол наклона и при помощи регулировочного барабана окончательно скорректировать нуль;

6) подсоединить штуцер пневмометрической трубки одновременно к обоим патрубкам микроманометра. Включить вентилятор и произвести замеры в центре каждого квадрата (прямоугольника).

Замеры скорости движения воздуха в экспериментальном трубопроводе с помощью пневмометрической трубки и микроманометра точечным способом требуют много сил и времени. Чтобы не производить трудоемкие замеры при каждом режиме проветривания модели, достаточно их выполнять при одном режиме и определить коэффициент поля скоростей для замерного сечения. Для этого его условно разбивают на  $n$  равновеликих площадок, в центре которых замеряют скоростное давление, а затем вычисляют скорость потока воздуха в каждой из этих точек по формуле

$$V_i = \sqrt{\frac{2g \cdot h_{скл}}{\gamma}}, \quad (6.12)$$

где  $h_{скл}$  — динамическое давление в  $i$ -й точке.

Одновременно с определением  $h_{скл}$  в центре той или иной площадки замерного сечения необходимо произвести замеры этого параметра, т. е. скоростного давления и в так называемой контрольной точке. Последнюю выбирают произвольно, она может быть расположена в замерном сечении или на некотором расстоянии от него, но должна быть постоянной в течение всего времени замеров, выполняемых с целью определения коэффициента поля скоростей  $K_{\kappa}$ .

Скорость движения воздуха в контрольной точке также следует определять по формуле (6.12). В этих случаях в формулу (6.12) вместо  $h_{скл}$  необходимо подставить  $h_{скл.к}$ , замеренное в контрольной точке.

Скоростное давление в центре каждой фигуры замерного сечения в контрольной точке рассчитывают (на основании показаний микроманометров) по формуле (6.12).

Вычисленные по формуле (6.3) скорости движения воздуха для каждой площадки замерного сечения ( $V_1; V_2; \dots V_n$ ) должны быть приведены к средней скорости в контрольной точке путем их умножения на  $V_{к.сп}$ . Уточненная или исправленная скорость в центре каждой замерной площадки будет равна

$$V_{испр} = V_i \cdot V_{к.сп} : V_{к.сп} = V_{к.сп} : n, \quad (6.13)$$

где  $V_{к.сп}$  — средняя скорость в контрольной точке;  $V_{к.сп}$  — скорость воздуха в контрольной точке, замеренная одновременно с замерами скорости в центре  $i$ -й площадки;  $n$  — количество замеров скорости в контрольной точке.

Средняя скорость движения воздуха в замерном сечении определяется как среднее арифметическое исправленных скоростей в замерных площадках:

$$V_{\text{сп}} = \frac{\sum_{i=1}^n V_{испр}}{n}, \quad (6.14)$$

где  $V_{испр}$  — исправленная (приведенная к средней скорости в контрольной точке) скорость движения в  $i$ -й площадке замерного сечения;  $n$  — число замерных площадок.

Коэффициент поля скоростей определяется по формуле

$$K_n = V_{cp} : V_{cp.k} \quad (6.15)$$

где  $V_{cp}$  — средняя скорость движения воздуха в замерном сечении трубы при данном режиме проветривания, м/с;

$V_{cp.k}$  — средняя скорость движения воздуха в контрольной точке при данном режиме проветривания, м/с.

Результаты замеров и расчетов, выполняемых с целью определения коэффициента поля скоростей  $K_n$ , рекомендуется оформлять в виде таблицы по форме 2.

Форма 2

Дата замера	Номер замера	Контрольная точка					Замерное сечение					Коэффициент поля скоростей $K_n$		
		$F$	$N_{ок}$	$N_{к.к}$	$h_{ск.к}$	$V_{ki}$	$V_{cp.k}$	$F$	$N_{оз}$	$N_{з.к}$	$h_{ск.л}$		$V_{исп}$	$V_{cp}$

В таблице приняты следующие обозначения:  $F$  — коэффициент наклона шкалы микроманометра, при котором производились замеры (постоянная микроманометра);  $N_{ок}$  и  $N_{оз}$  — начальный отсчет по шкале микроманометра соответственно в контрольной и замерной точках, мм наклонного столба спирта;  $N_{к.к}$  и  $N_{з.к}$  — конечный отсчет по шкале микроманометра соответственно в контрольной и замерной точках, мм наклонного столба спирта;  $h_{ск}$  — истинное скоростное давление в точке замера;  $V_i$  — скорость воздуха в  $i$ -й точке замера, м/с.

При выполнении этой части работы студенты проделывают две серии опытов.

В первой серии исследуют оценку эффективности циклона при различной воздушной или пылевой нагрузке (по заданию преподавателя). В первом случае необходимо:

1) рассчитать количество подаваемой в трубопровод пыли с тем, чтобы ее концентрация перед циклоном была одинаковой ( $мг/м^3$ ) при 4–5 различных режимах пылеотсоса; одновременно отобрать пробы запыленного воздуха перед циклоном (сечение I–I) и за циклоном (сечение II–II) при первом режиме пылеотсоса, не изменяя интенсивность подачи пыли (см. рис. 6.8);

2) установить подачу пыли в трубопровод, рассчитанную для второго режима, и выполнить исследования по измерению запыленности воздуха перед и после циклона при втором режиме пылеотсоса;

3) провести аналогичные исследования при III, IV, V режимах пылеотсоса;

4) определив объем профильтрованного воздуха (формула 6.5) и его запыленность до и после циклона (формула 6.3), рассчитать КПД пылеулавливающего аппарата (формула 6.4).

Если задано проведение исследований эффективности работы циклона в зависимости от пылевой нагрузки, эксперименты выполняются аналогично с той лишь разницей, что режим пылеотсоса останется неизменным, а концентрацию пыли в очищаемом воздухе существенно изменяют.

Во второй серии опытов исследуют эффективность матерчатого фильтра в соответствии с рекомендациями первой серии опытов, но отбор проб воздуха на запыленность производят в сечениях III–III, IV–IV трубопровода 2 (см. рис. 6.8).

Результаты замеров и расчетов заносят в таблицу по форме 3.

Отчет по работе

После завершения исследований каждый студент обязан представить отчет по работе, оформленный в следующем порядке: название работы, краткое описание экспериментальной установки, контрольно-измерительных приборов и методики исследований, результаты исследований (экспериментальных), анализ результатов исследований и соответствующие выводы.

Форма 3

№ рабочего режима	Скорость воздуха во входном отверстии циклона, м/с	Воздушная нагрузка на тканевый фильтр, м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup>	Запыленность воздуха в трубопроводе по сечению I-I, мг/м <sup>3</sup>	Запыленность воздуха в трубопроводе по сечению II-II, мг/м <sup>3</sup>	Запыленность воздуха в трубопроводе по сечению III-III, мг/м <sup>3</sup>	Запыленность воздуха в трубопроводе по сечению IV-IV, мг/м <sup>3</sup>	Эффективность пылеулавливающих средств, %	
							Циклона	Рукавного фильтра

**Литература**

1. ГН 2.2.5.1313-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. — М.: Минздрав России, 2003. — 229 с.
2. Липшин А. Б. Технология обеспыливания в производстве цемента. — Новороссийск: Стройэкология, 1995. — 150 с.
3. Фролов А. В. Лабораторный практикум по безопасности жизнедеятельности / Новочерк. гос. техн. ун.-т. — Новочеркасск: НГТУ, 1994. — 142 с.

**Контрольные вопросы**

1. Какие свойства пыли определяют её токсичность?
2. По какому параметру осуществляется гигиеническое нормирование производственной пыли?
3. Что такое предельно допустимая концентрация (ПДК) и каковы её единицы измерения?
4. Назовите гигиенические нормативы, в соответствии с которыми устанавливаются ПДК пыли.
5. Назовите современные приборы для определения запыленности воздуха и пылевой нагрузки.
6. Какие заболевания возможны от воздействия производственной пыли?

7. Какие методы оценки запыленности воздушной среды вам известны?
8. В чем заключается суть прямого массового (весового) метода измерения концентрации пыли?
9. Как осуществляется подготовка фильтров для определения запыленности воздуха?
10. Какие приборы используются для регистрации количества воздуха при отборе проб?
11. Как рассчитывается запыленность воздуха?
12. Какие устройства применяются для очистки аспирационного воздуха?
13. Назовите особенности применения циклонов рукавных и электрофильтров для очистки запыленного воздуха.
14. Как оценивается степень очистки воздуха или КПД пылеулавливающего устройства?
15. Какие приборы используются для замеров скорости движения воздуха в трубопроводах?
16. Дайте определения статическому, динамическому и полному давлениям, возникающим в трубопроводах.

**Лабораторная работа № 7  
ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ  
ТОКСИЧНЫМИ (ВРЕДНЫМИ) И ВЗРЫВЧАТЫМИ ГАЗАМИ**

*Цель работы:* ознакомиться со свойствами, местами возможного появления наиболее распространенных вредных, токсичных и взрывчатых газов, методами и средствами их определения, контроля и оценки состояния атмосферы, научиться проводить измерения концентраций различных газов и производить гигиеническую оценку состояния воздушной среды, получить некоторые навыки проведения научных исследований, отработки и анализа результатов эксперимента.

**Содержание работы:** 1. Изучить устройство и принцип действия имеющихся газоанализаторов и научиться пользоваться ими.

2. Произвести измерения концентраций вредных и взрывчатых газов в различных точках (на высоте и площади) модели горной выработки, нарисовать графики изменения концентраций метана и углекислого газа по высоте модели, выполнить их описание и анализ, сделать выводы о причинах изменений и соответствии состава воздуха в модели допустимым нормам.

3. Выполнить контроль состава выхлопных газов двигателей внутреннего сгорания автомобилей на различных режимах работы, сделать анализ результатов и оценку соответствия состава гигиеническим нормативам.

### 7.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Известно, что атмосферный воздух состоит из азота (78,1 %), кислорода (20,95 %), углекислого газа (0,03 %), инертных и других газов (около 1 %).

В горных выработках и некоторых производственных помещениях (на химических и металлургических предприятиях, в котельных, гальванических и кузнечных цехах, в канализационных колодцах, в помещениях, где установлены двигатели внутреннего сгорания, компрессоры, где используется природный газ, ведутся сварочные работы и др.) воздух по составу может значительно отличаться от атмосферного. Изменение состава воздуха происходит вследствие уменьшения содержания кислорода, увеличения концентрации углекислого газа и азота, загрязнения токсичными и взрывчатыми газами (оксидом углерода (II), диоксидом серы, оксидами азота, формальдегидом, водородом, метаном и др.), токсичными парами (акролеина, бензина, ртути и др.), вредными и взрывчатыми пылями и сажой.

В зависимости от степени снижения содержания кислорода и концентрации токсичных или взрывчатых газов атмосфера в горных выработках и помещениях может стать удушливой, ядовитой

(отравляющей) и взрывоопасной. Вследствие чего безопасность, нередко и сама жизнь людей, работающих в горных выработках и некоторых производственных помещениях, в значительной мере зависят от содержания кислорода, ядовитых и взрывчатых газов в их атмосфере. Именно поэтому в соответствии с действующим в нашей стране законодательством содержание кислорода и предельно допустимые концентрации токсичных и взрывчатых газов в атмосфере шахт, рудников карьеров и рабочей зоне некоторых производственных помещений строго регламентируются и регулярно контролируются.

Контроль осуществляется или путем отбора проб воздуха и последующего анализа их в лаборатории (лабораторный метод), или путем замера содержания того или иного газа в воздухе непосредственно на рабочем месте с помощью специальных газоанализаторов (экспресс-метод или оперативный контроль).

Лабораторный метод анализа входит в функции специальных служб (ВГСЧ, государственной санитарной инспекции и др.).

Оперативный контроль состава атмосферы (содержания отдельных газов) в горных выработках (помещениях) производят рабочие и инженерно-технические работники (ИТР), осуществляющие надзор за ведением соответствующих работ. В табл. 7.1 приведены предельно допустимые концентрации (ПДК) отдельных газов в рудничной атмосфере, в табл. 7.2 — ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны производственных помещений.

Таблица 7.1

Предельно допустимые концентрации отдельных газов в рудничной атмосфере. Правила безопасности в угольных шахтах (ПБ 05-618-03) (извлечения)

Название газа	Формула	ПДК	
		% (об.)	мг/м <sup>3</sup>
1	2	3	4
Кислород	O <sub>2</sub>	20,0	
Углекислый газ	CO <sub>2</sub>	0,5	
Оксид углерода II	CO	0,0017	20

Окончание табл. 7.1

1	2	3	4
Сероводород	H <sub>2</sub> S	0,00070	10
Диоксид серы	SO <sub>2</sub>	0,00038	10
Оксиды азота	NO <sub>2</sub>	0,00025	5
Метан	CH <sub>4</sub>	1,0; 0,75; 2,0	300
Бензин			300

Таблица 7.2

**Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Гигиенические нормативы (ГН 2.2.5.1313-03) (извлечения)**

№ п/п	Наименование вещества	Формула	Величина ПДК, мг/м <sup>3</sup>		Класс опасности
			максимальная разовая	среднесменная	
1	Азота диоксид	NO <sub>2</sub>	2		3
2	Азота оксиды (в пересчёте на NO <sub>2</sub> )		5		3
3	Азотная кислота	HNO <sub>3</sub>	2		3
4	Аммиак	NH <sub>3</sub>	20		4
5	Ацетон	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	200		4
6	Бензин (в пересчёте на углерод)		100		4
7	Бензол	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	15	5	2
8	Бенз(а)пирен	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>	0,00015		1
9	Ксилол	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	50		3
10	Метан	CH <sub>4</sub>	300		4
11	Метанол	CH <sub>4</sub> O	5,0		3
12	Озон	O <sub>3</sub>	0,1		1
13	Серная кислота	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1,0		2
14	Сероводород	H <sub>2</sub> S	10		2
15	Серы диоксид	SO <sub>2</sub>	10		3
16	Спирт этиловый	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	1000		4
17	Тетраэтилсвинец	C <sub>8</sub> H <sub>20</sub> Pb	0,005		1
18	Толуол	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	150	50	3
19	Уайт-спирит (в пересчёте на С)		300		4
20	Углерода монооксид	CO	20		4
21	Уксусная кислота	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	5		3
22	Фенол	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	0,3		2
23	Хлор	Cl <sub>2</sub>	1		2

## 7.2. ПРИБОРЫ И МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ РАЗЛИЧНЫХ ГАЗОВ И ПАРОВ

### 7.2.1. Приборы и методика определения концентрации метана, углекислого газа, кислорода и токсичных газов в рудничном воздухе

Для контроля состава рудничной атмосферы непосредственно на месте ведения работ или при разведке горных выработок применяются следующие переносные газоопределители: шахтные интерферометры ШИ-6, ШИ-10, ШИ-11, ИГА; газоанализаторы химические ГХ-5, ГХ-6, ГХ-М, мультигазоанализаторы МХ-2000, МХ-100, метанометры-сигнализаторы термохимические МСТ и др.

*Шахтный интерферометр ШИ-10* представляет собой переносной прибор, предназначенный для определения концентрации метана и углекислого газа в рудничном воздухе. Прибором могут пользоваться вентиляционный надзор и ИТР шахт.

*Принцип работы прибора.* Принцип действия прибора основан на явлении зависимости изменения оптической плотности анализируемого воздуха от концентрации в нем CO<sub>2</sub> и CH<sub>4</sub>.

Работа прибора организована так, что два когерентных луча света проходят соответственно через чистый воздух и содержащий указанные газы. При наложении этих лучей создается интерференционная картина, которая может смещаться при изменении оптической плотности анализируемого воздуха. Величина смещения пропорциональна разности между показателями преломления света исследуемой газовой смеси и атмосферного воздуха, а следовательно, концентрации определяемого компонента.

Интерференционная картина имеет две черные полосы. Исходное (нулевое) положение интерференционной картины фиксируется путем совмещения левой черной полосы с нулевой отметкой неподвижной шкалы. Шкала прибора с равномерными делениями градуирована в процентах (по объему). Цена деления шкалы 0,25 % (об.).

*Конструкция прибора.* Общий вид прибора без футляра показан на рис. 7.1.

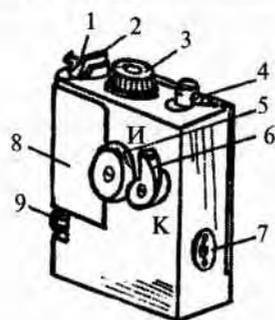


Рис. 7.1. Общий вид портативного интерферометра ШИ-10

На корпусе прибора размещены: штуцер 1 для забора пробы рудничного воздуха; распределительный кран 2; окуляр 3; штуцер 4, на который надевается трубка резиновой груши; микровинт 5 для перемещения интерференционной картины в поле зрения окуляра; переключатель 6 для перемещения газовой камеры в положение «И» — измерение и «К» — контроль; кнопка 7 включения источника света; патрон с лампой 8; крышка отделения с поглощающим патроном 9.

Внутри корпус прибора разделен перегородками на три отделения. В первом отделении размещаются оптические детали прибора (рис. 7.2 и 7.3): лампа накаливания Л; конденсорная линза К; плоскопараллельная пластинка (зеркало) 3; подвижная газовой камера А, имеющая три сквозных полости — 1, 2, 3, ограниченные плоскопараллельными стеклянными пластинами 4; призмы полного внутреннего отражения П и П<sub>1</sub>; зеркало З<sub>1</sub>; зрительная труба с объективом ОБ, окуляром ОК и щелевой диафрагмой с отсчетной шкалой Ш.

На рис. 7.2 показан ход лучей при определении содержания метана или углекислого газа. В этом случае свет от лампы накаливания Л проходит через конденсорную линзу К и параллельным пучком падает на зеркало 3, где пучок света разлагается на два когерентных луча.

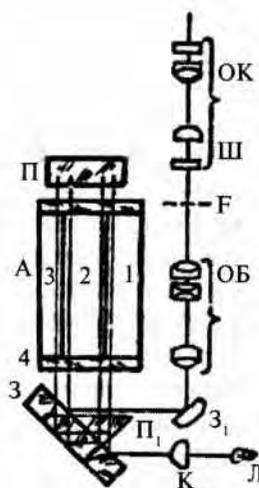


Рис. 7.2. Оптическая схема интерферометра ШИ-10 (ход лучей при определении концентраций метана и углекислого газа)

Первый луч света отражается верхней гранью зеркала 3, проходит по полостям 1 и 3 газовой камеры, которые заполнены чистым атмосферным воздухом, отражается призмой П, П<sub>1</sub> и после двукратного прохождения по полостям 1 и 3 выходит из камеры.

Второй луч света, отразившись от нижней посеребренной грани зеркала 3 и преломившись на его верхней грани, проходит через полость 2 газовой камеры, заполненной рудничным воздухом, после отражения призмой П, П<sub>1</sub> и четырехкратного прохождения полости 2 выходит из нее.

Оба луча света, выйдя из камеры, попадают на зеркало 3 и отраженные его верхней и нижней гранями сходятся в один световой пучок, который зеркалом З<sub>1</sub> отклоняется под прямым углом и направляется в объектив ОБ.

Выйдя из объектива ОБ, пучок света проходит через щелевую диафрагму Ш с отсчетной шкалой в окуляр ОК, через который наблюдается интерференционная картина.

При этом лучи света проходят через разные газовой среды, в результате чего происходит смещение интерференционной картины относительно нулевой отметки шкалы. По величине этого смещения производится определение процентного содержания метана и углекислого газа.

На рис. 7.3 показан ход лучей при установке и проверке нулевого положения интерференционной картины. В этом случае свет от лампы Л проходит через конденсорную линзу К и параллельными пучками падает на зеркало 3, где пучок света разделяется на два интерферирующих луча.

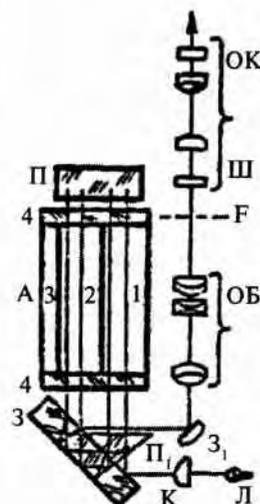


Рис. 7.3. Оптическая схема интерферометра ШИ-10 (ход лучей при установке и проверке нуля)

Оба луча света, отразившись от верхней и нижней граней зеркала, дважды проходят через полости 1 и 2 газовой камеры в результате отражения катетными гранями призм П и П<sub>1</sub>. Затем оба луча света попадают на зеркало 3, отражаются его нижней и верхней гранями и сходятся в один световой пучок, который зеркалом 3 отклоняется под прямым углом и направляется в объектив ОБ. Верхняя линза объектива выполнена подвижной, что дает возможность перемещать интерференционную картину вдоль отсчетной шкалы и устанавливать ее в нулевое положение.

Выйдя из объектива ОБ, пучок света проходит через шелковую диафрагму Ш с отсчетной шкалой и попадает в окуляр ОК. В этом случае на пути интерферирующих лучей находятся полости 1 и 2 газовой камеры. Так как оптическая длина пути обоих интерферирующих лучей света одинакова, независимо от того будет ли в газовой полости 2 газовой камеры воздух, или другой газ, интерференционная картина смещаться не будет, т. е. останется в исходном, нулевом положении.

Во втором отделении (нижнем) находится лабиринт, представляющий собой катушку с намотанной на ней трубкой из полихлорвинила. Здесь же помещается сухой элемент типа 343 для питания лампы. Эта часть прибора закрывается выдвижной крышкой.

В третьем отделении корпуса прибора размещен поглотительный патрон. Здесь же находится штуцер, для резиновой груши, используемой при заполнении воздушной линии чистым атмосферным воздухом. После прокачки воздушной линии прибора штуцер закрывается резиновым колпачком.

Газовоздушная схема прибора (рис. 7.4) состоит из двух обособленных друг от друга линий, газовой и воздушной.

В газовую входят: распределительный кран 4, предназначенный для изменения направления движения газовой смеси в зависимости от определяемого газа ( $\text{CH}_4$  или  $\text{CO}_2$ ); поглотительный патрон 5, разделенный на две части; соединительные резиновые трубки 8; газовая полость 2 газовой камеры. Одна часть патрона заполняется химическим поглотителем известковым (ХПИ) для поглощения  $\text{CO}_2$  из газовой смеси, другая часть — гранулированным

силикагелем для поглощения паров воды. Обе части поглотительного патрона имеют фильтры для улавливания пыли.

В воздушную линию прибора входят: штуцер 6; соединительные резиновые трубки 9; воздушные полости 1 и 3 газовой камеры; лабиринт 7, предназначенный для поддержания в воздушной линии прибора давления, равного атмосферному, и сохранения чистого атмосферного воздуха.

При определении метана рудничный воздух через распределительный кран попадает в отделение поглотительного патрона, заполненное ХПИ, где очищается от  $\text{CO}_2$ . Затем воздух по соединительной трубке попадает в отделение

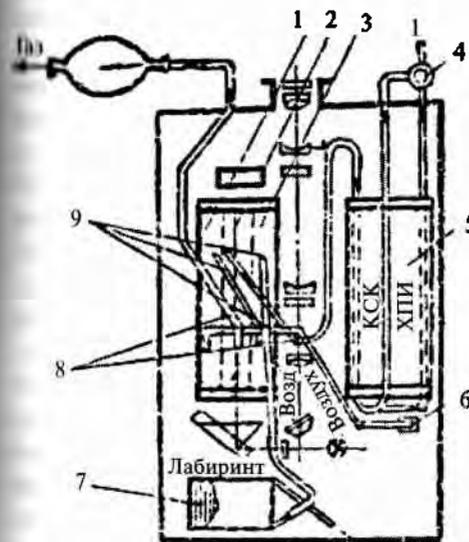


Рис. 7.4. Газовые и воздушные линии интерферометра

поглотительного патрона, заполненное силикагелем, где он очищается от паров воды и пыли. Далее попадает в полость 2 газовой камеры, откуда через резиновую грушу выходит в атмосферу.

При определении  $\text{CO}_2$  рудничный воздух через распределительный кран и соединительную трубку сразу попадает в отделение поглотительного патрона, где очищается от влаги и пыли и далее попадает в полость 2 газовой камеры. Направление движения атмосферного и рудничного воздуха при засасывании их в прибор показано на рис. 7.4 стрелками.

Перед спуском в шахту прибор должен быть подготовлен к работе. Перед началом эксплуатации прибора (особенно после

длительного хранения) необходимо проверить работоспособность поглотительного патрона. В случае необходимости надо сменить силикагель и ХПИ в соответствии с инструкцией по эксплуатации.

Проверить исправность резиновой груши. Для этого необходимо сжать грушу рукой и, зажав конец ее резиновой трубки, проследить, как быстро расправляется груша в разжатой руке. Резиновая груша, пригодная для работы, не должна расправляться. В случае быстрого расправления ее следует заменить.

Проверить герметичность газовой линии прибора. Для этого резиновую трубку груши надеть на штуцер (см. рис. 7.1), закрыть плотно штуцер 1 и произвести сжатие груши. Газовая линия герметична, если после разжатия руки груша не расправляется. При быстром расправлении необходимо найти и устранить неисправность прибора.

Продуть воздушную и газовую линии прибора чистым атмосферным воздухом можно следующим образом: прибор вынуть из футляра, снять крышку 9 с отделения, в котором находится поглотительный патрон, со штуцера 6 (см. рис. 7.4) снять резиновый колпачок и на его место надеть резиновую трубку из комплекта прибора, второй конец которой надеть на штуцер 4 и сделать 5–6 сжатий груши. После прокачивания чистым воздухом воздушной и газовой линий штуцер 6 закрыть резиновым колпачком и надеть крышку, а прибор поместить в футляр.

Нажать кнопку включения лампы и посмотреть в окуляр. Если интерференционная картина и шкала окажутся нечеткими, вращением окуляра добиться их резкого изображения.

Установить интерференционную картину в нулевое положение. Для этого переключатель 6 (см. рис. 7.1) поставить в положение «К» и, наблюдая в окуляр за положением интерференционной картины, медленно вращать микровинт 5 до совмещения левой черной полосы интерференционной картины с нулевой отметкой шкалы. Поставить переключатель 6 в положение «И». Поместить прибор в футляр.

В интерферометре ШИ-11 перемещение газовой воздушной камеры в положение «К» производится нажатием на соответствующий пе-

реключатель с пружиной, которая затем автоматически переводит его в положение «И».

При определении содержания метана распределительный кран (см. рис. 7.1) ставится в положение «СН<sub>4</sub>». Путем трех сжатий резиновой груши проба рудничного воздуха через штуцер 1 или резиновую трубку, надетую на этот штуцер, прокачивается через прибор. Если набранный в прибор рудничный воздух содержит метан, то интерференционная картина сместится вправо вдоль шкалы. При наблюдении в окуляр по смещенному положению левой черной полосы интерференционной картины производится отсчет делений шкалы, и результат выражается с точностью до 0,1 %.

Для повторного определения содержания метана предварительной подготовки прибора не требуется, так как при трехкратном прокачивании грушей газовой линии предыдущая проба полностью удаляется из прибора и заменяется новой.

Для определения содержания углекислого газа в рудничном воздухе необходимо вначале сделать измерение концентрации метана указанным выше способом. Затем распределительный кран 2 ставится в положение «СО<sub>2</sub>» и производится прокачивание рудничного воздуха в прибор путем сжатий резиновой груши. Отсчет по шкале выполняется так же, как и при определении концентрации метана.

Полученный отсчет покажет суммарное содержание в воздухе метана и СО<sub>2</sub>. Оба эти определения необходимо делать в одном и том же месте и на одинаковой высоте от почвы выработки. Концентрация СО<sub>2</sub> равна разности второго и первого отсчетов.

Газоопределитель ШИ-6, или ИГА предназначен для определения в рудничной атмосфере процентного содержания метана, углекислого газа и кислорода. Пределы измеряемых концентраций СН<sub>4</sub> и СО<sub>2</sub> составляют от 0 до 6 % (об.), а кислорода — от 20,9 до 5 % (об.). Допустимая погрешность прибора ШИ-6 по метану и углекислому газу ± 0,3 %, а по кислороду — от ± 0,3 до 0,5 %.

При применении шахтных интерферометров в аварийных условиях следует учитывать, что их показания соответствуют технической характеристике только при замерах в проветриваемых выработках.

При ухудшении проветривания, вызвавшем понижение содержания кислорода в воздухе, при запуске в пожарный участок инертных газов, а также при наличии в рудничном воздухе водорода интерферометры дают неверные показания. Такие отклонения возможны в условиях развитого пожара, при его изоляции, в этих случаях для контроля за составом рудничной атмосферы необходимо производить отбор проб воздуха для лабораторного анализа.

Прибор ИГА (ШИ-6) помещается в специальный футляр с прорезями для доступа к выведенным наружу частям прибора, а резиновая груша укрепляется на плечевом ремне футляра.

Вся оптическая часть прибора, газозащитные камеры (подвижная и неподвижная) и лабиринт находятся в самом большом отделении корпуса прибора, плотно закрыты крышкой.

В комплект прибора входят пять пронумерованных поглотительных трубок с активированным углем, предназначенных для адсорбции метана при определении кислорода.

Перед спуском в шахту прибор должен быть подготовлен к работе. Для этого производят внешний осмотр прибора и устанавливают наличие всех деталей (колпачков, груши), целостность защитного стекла окуляра и стекла на шкале верньера, проверяют исправность резиновой груши и герметичность прибора.

Далее необходимо заполнить чистым воздухом газовую камеру. Для этого не менее пяти раз сжимают грушу. Затем воздушную линию заполняют чистым воздухом, для чего необходимо вынуть прибор из футляра, сняв предварительно грушу со штуцера с фильтром; снять крышку с отделения с поглотительным патроном; со штуцера, через который производят заполнение чистым воздухом воздушной линии прибора, снять резиновый колпачок и на его место надеть резиновую трубку, имеющуюся в комплекте прибора, второй конец надеть на свободный выхлопной штуцер резиновой груши. Конец другой трубки от груши (со стороны всаса) надеть на штуцер с фильтром и 5—10 раз сжать грушу, нагнетая осушенный воздух в воздушную линию, после чего закрыть штуцер резиновым колпачком.

После того как будут заполнены чистым воздухом газовая и воздушная линии прибора, переключатель положения подвижной

камеры поставить в положение « $O_2$ », нажать кнопку и посмотреть в окуляр. Если видимые в поле зрения окуляра интерференционная картина и шкала будут неясными, то нужно добиться улучшения резкости с помощью вращения окуляра вправо или влево.

Далее необходимо установить прибор на «нуль» шкалы. Для этого, вращая маховичок, установить механизм верньера на нуль, отвернуть резьбовой колпачок и, наблюдая в окуляр за положением интерференционной картины, вращать маховичок вправо или влево, чтобы добиться совмещения левой черной полосы с нулевым делением шкалы для метана.

Для определения содержания метана переключатель ставят в положение « $CH_4$ » и не менее 5 раз сжимают резиновую грушу. Затем нажимают кнопку (прибор держат кнопкой «от себя») и производят отсчет по шкале метана. При этом нулевое деление шкалы верньера должно быть совмещено с неподвижной риской. Пользоваться верньером во время определения метана или углекислого газа нельзя.

Для установления содержания  $CO_2$  необходимо прежде определить концентрацию метана в том же месте и на той же высоте от подошвы выработки, где будет производиться замер углекислого газа. Затем следует отвернуть и снять колпачок и снова произвести подачу воздуха в прибор, сжимая грушу не менее 5 раз, после чего произвести отсчет по шкале. Вычтя из полученного показания отсчет, соответствующий содержанию метана, получим содержание углекислого газа в воздухе.

Содержание кислорода в рудничном воздухе определяется в средней части сечения выработки. Переключатель нужно поставить в положение « $O_2$ », колпачок закрыть, к штуцеру для всасывания воздуха подсоединить поглотительную трубку с активированным углем, служащую для поглощения метана из пробы воздуха, и 11 раз сжать резиновую грушу. При определении содержания кислорода необходимо строго придерживаться указанного количества сжатий груши, так как это обеспечивает просасывание необходимого объема воздуха через прибор.

Поглотительная трубка с активированным углем предназначена для разового определения концентрации кислорода в рудничном

воздухе. Повторное использование ее возможно после продувки чистым воздухом на поверхности или на входящей вентиляционной струе, не содержащей метана. Продувка поглотительной трубки производится до полного удаления из нее метана, для чего необходимо 60 раз сжать грушу, надетую на трубку.

Отсчет содержания кислорода производится при нажатой кнопке следующим образом: целое число процента отсчитывают по шкале кислорода, видимой в окуляре, а десятые доли процента — по шкале верньера. Если левая черная полоса интерференционной картины находится между двумя штрихами шкалы кислорода, то, вращая маховичок механизма верньера против часовой стрелки, эту полосу необходимо совместить с целым делением шкалы кислорода, после чего произвести отсчет, как указано выше.

Газоопределитель химический ГХ-6 (ГХ-М) предназначен для определения концентраций  $\text{CO}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , оксидов азота,  $\text{O}_2$  и  $\text{CO}_2$  в рудничной атмосфере и воздухе рабочей зоны производственных помещений.

Работа газоанализатора основана на линейно-колориметрическом методе анализа. При протягивании воздуха, содержащего вредные примеси, через индикаторные трубки происходит изменение окраски индикаторного порошка. Длина окрашенного столбика пропорциональна концентрации исследуемого вещества.

ГХ-М состоит из сифонного мехового аспиратора АМ-5 (рис. 7.5) и набора индикаторных трубок, каждая из которых предназначена для определения концентрации одного из газов.

Внутри аспиратора имеются пружины, удерживающие его в разжатом положении; под всасывающим штуцером, в мундштуке, расположена защитная сетка для предотвращения попадания осколков стекла от индикаторных трубок или шихты внутрь аспиратора.

Аспиратор должен удовлетворять следующим условиям: объем воздуха, просасываемого за один полный ход —  $100 \pm 5$  мл; время просасывания 100 мл воздуха через контрольное сопротивление  $125 \pm 5$  мм рт. ст. при скорости 1 л/мин (такое сопротивление имеет индикаторная трубка на монооксид углерода) — 8-9 с; время раскрытия меха без трубки — 1-2 с.

Индикаторные трубки — это стеклянные трубки длиной 125 мм и наружным диаметром 7 мм, запаянные с обоих концов. Трубки наполнены адсорбентом белого цвета, обработанным реактивами, изменяющими окраску в присутствии того или иного газа.

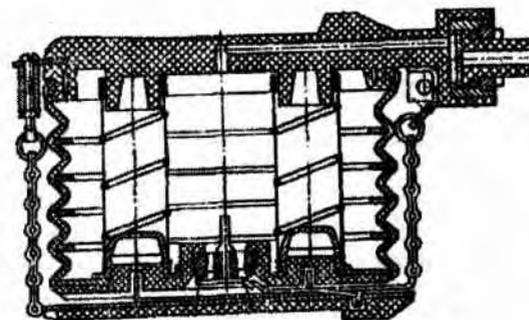


Рис. 7.5. Меховой аспиратор АМ-5

На поверхности трубок нанесены: химическая формула определяемого газа, шкала, имеющая маркировочные кольца, цифры и штрихи, отвечающие определенным значениям концентрации определяемых газов, стрелка, указывающая направление движения просасываемого воздуха. На одном конце трубки имеется окрашенная полоса для нанесения необходимых отметок и надписей.

Индикаторные трубки упаковываются в картонные коробки по 24 шт., а трубки для определения кислорода — по 10 шт. На коробках отпечатаны формулы определяемых газов, шкала для измерения концентраций и краткие правила анализа.

Погрешность определения концентрации  $\pm 25\%$  от значения показаний (относительная погрешность) в интервале температур от 0 до  $+35^\circ\text{C}$  при определении  $\text{CO}$ , от  $+5$  до  $+35^\circ\text{C}$  — при определении остальных газов. Объем пробы исследуемого газа составляет  $100 \pm 1000$  мл.

Гарантийный срок действия трубок: на  $\text{CO}$  — 36 мес.;  $\text{O}_2$  и  $\text{CO}_2$  — 24 мес.; на  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{SO}_2$  и оксиды азота — 12 мес.

Техническая характеристика газоопределителя представлена ниже.

## Техническая характеристика ГХ-М

Пределы измеряемых концентраций, % (об.):	
оксида углерода (CO)	От 0 до 0,2 (0-5)
сернистого газа (SO <sub>2</sub> )	От 0 до 0,007
сероводорода (H <sub>2</sub> S)	От 0 до 0,0066
окислов азота (NO, NO <sub>2</sub> )	От 0 до 0,005
углекислого газа (CO <sub>2</sub> )	От 0 до 2(0-15), (0-50)
кислорода (O <sub>2</sub> )	От 0 до 21
Масса прибора в комплекте (AM-5, 9 коробок индикаторных трубок), кг	1,5
Масса аспиратора с одной коробкой индикаторных трубок, кг	0,42

В выработке, где необходимо измерить содержание одного из указанных газов, вскрывают трубку-анализатор. Для этого легким нажатием в проушине мехового аспиратора отламывают оба ее конца, следя за тем, чтобы не нарушить прокладку и слой порошка. Затем трубку плотно вставляют в мундштук (в резиновую трубку) так, чтобы стрелка показала направление к аспиратору. Прибор сжимают рукой до упора, а затем отпускают. Конец всасывания определяется по натяжению дистанционных ремешков. При этом через индикаторную трубку протягивается 100 мл воздуха. После полного расправления меха делается пауза 3—4 с, затем производится следующее сжатие меха и т. д. Десять сжатий аспиратора обеспечивают протягивание 1 л воздуха.

Замеры каждого из газов имеют свои особенности. Замер CO производится в следующем порядке: исследуемый воздух протягивают через индикаторную трубку сначала одним ходом аспиратора и рассматривают ее. Если зеленая окраска достигла деления с цифрой 1 или превысила его, трубку прикладывают к шкале на коробке таким образом, чтобы начало окрашенного столбика реактивного порошка совпало с нулевым делением шкалы. Длина окрашенного столбика укажет на левой шкале (для 100 мл пробы) концентрацию CO. Высотой окрашенного столбика считается зона, где зерна порошка окрашены по всей окружности. При больших концентрациях CO индикаторный порошок в начале шкалы может иметь коричневую или бурую окраску. Если после одного

хода сиффона окраска не появилась или не достигла деления с цифрой 1, делают еще девять сжатий (всего десять сжатий), трубку прикладывают к шкале и снимают показания (для 1000 мл).

После каждого замера необходимо удалять из аспиратора поступающий из трубки газ (пары серной кислоты), для чего делается несколько сжатий сиффона без трубки.

Индикаторная трубка-анализатор при наличии в воздухе CO используется 1 раз. Если в воздухе окись углерода отсутствует, и реактивная масса не изменила окраску, трубку можно использовать до 3 раз в тот же день. Окраска сохраняется 2—3 дня при условии герметизации трубки (закрыть концы резиновой трубкой с заглушками).

При определении концентрации других газов делают десять сжатий аспиратора, выдерживая после каждого расправления сиффона паузу в 3—4 с. Далее трубку прикладывают к шкале и снимают показания. При замере H<sub>2</sub>S и оксидов азота показания снимают сразу же после протягивания через трубку 1 л воздуха, а при замере концентрации SO<sub>2</sub> — спустя 2 мин.

В том случае, если реактивный слой окрашивается на всю высоту при количестве ходов аспиратора меньше десяти (при больших концентрациях газов), значение концентрации X может быть определено приблизительно по формуле

$$X = \frac{10 \cdot C}{\Pi},$$

где C — концентрация газа, замеренная по трубке, % (об.);

Π — количество ходов меха, шт.

Определение O<sub>2</sub> производится следующим образом. В месте измерения концентрации O<sub>2</sub> аспиратором делают два-три холостых хода для продувки клапана. Затем вынимают из футляра трубку и отламывают один ее конец вблизи цифры «25». Отломанным концом трубку быстро вставляют в гнездо аспиратора, а второй ее конец отламывают с помощью специального приспособления, но так, чтобы не нарушить положения фильтра-прокладки и слоя порошка. Далее быстро сжимают сиффон до упора и просасывают 100 мл

исследуемого воздуха через трубку. Сразу же после полного раскрытия сильфона аспиратора определяют концентрацию  $O_2$  по размещению границы, изменившего окраску слоя реагента в диапазоне градуированной шкалы трубки. Полученный результат умножается на коэффициент  $K$ , учитывающий барометрическое давление в месте замера. Значение коэффициента  $K$  приведено в табл. 7.3.

Таблица 7.3  
Значение коэффициента  $K$

$P$ , мм рт. ст.	720	730	740	750	760	770	780	790	800	810	820
$K$	1,02	1,01	1,00	0,98	0,97	0,96	0,95	0,93	0,92	0,91	0,90

Мультигазоанализатор МХ-2000 (рис. 7.6) представляет собой автономный портативный прибор, предназначенный для непрерывного измерения концентраций взрывчатых и токсичных газов, а также концентрации  $O_2$ . Он позволяет одновременно определять в атмосфере 2, 3 и 4 компонента, а в случае превышения ПДК — выдавать предупредительную и аварийную сигнализацию.

МХ-2000 имеет четыре измерительных канала для замера концентрации  $CH_4$ ,  $O_2$ ,  $CO$  и др. токсичных газов при установке соответствующего датчика (на  $H_2S$ ,  $NO$ ,  $SO_2$ ).

Газоанализатор обеспечивает: вывод на алфавитно-цифровой дисплей поочередно по каждому каналу символ газа и текущее значение его концентрации; автоматическую или ручную установку нуля; самотестирование после включения и аварийную световую и звуковую сигнализацию при обнаружении неисправных элементов газоанализатора; световую и звуковую сигнализацию включенного состояния газоанализатора; аварийную световую и звуковую сигнализацию при превышении установленных пороговых значений мгновенного содержания компонента, а также при разряде аккумуляторной батареи.

Принцип действия газоанализатора смешанный: для канала горючих газов — термохимический, для канала кислорода и токсичных газов — электрохимический.

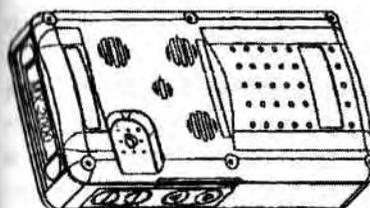


Рис. 7.6. Мультигазоанализатор МХ-2000

Способ отбора пробы — диффузионный.

Чувствительными элементами газоанализатора являются электрохимические ячейки для измерения содержания кислорода и токсичных газов и термохимическая ячейка — для измерения содержания горючих газов.

МХ-2000 имеет встроенный микропроцессор, позволяющий легко устанавливать пороговые значения срабатывания сигнализации, проводить калибровку газоанализатора и самодиагностику, осуществлять сигнализацию о неисправности газоанализатора (неисправности датчиков, разрядку батареи питания и т. п.).

Диапазоны измерений концентрации газов МХ-2000 указаны в табл. 7.4.

Таблица 7.4

Диапазоны измеряемых концентраций газа газоанализатором МХ-2000

Определяемый компонент	Диапазоны измерений
$O_2$	5-30 % об.
$CO$	20 50ppm
$CH_4$	0 5 % об.
$H_2S$	0 100 ppm
$SO_2$	0 30 ppm
$NO$	10 150 ppm

Малогабаритный переносной метанометр-сигнализатор термохимический МСТ (рис. 7.7) предназначен для непрерывного контроля содержания  $CH_4$  в атмосфере горных выработок шахт и рудников, в том числе опасных по газу, пыли и внезапным выбросам.

Метанометр может эксплуатироваться в следующих условиях: наличие угольной пыли не более  $1 \text{ г/м}^3$ ; изменение пространственного



Рис. 7.7. Внешний вид прибора МСТ

положения (угол наклона от вертикального положения) не более 90°.

Действие прибора основано на измерении сигнала термохимического датчика при беспламенном каталитическом горении на нем  $\text{CH}_4$ . В приборе используется схема периодической подачи напряжения на датчик с периодом 7 с.

Техническая характеристика метанометра-сигнализатора представлена ниже.

**Подготовка МСТ к работе.** Включить метанометр. При включении возникает звуковой сигнал, который исчезнет через 1–2 с. Через 1 минуту можно приступать к работе с прибором. При превышении пороговой концентрации  $\text{CH}_4$  срабатывает прерывистая звуковая и световая сигнализация.

**Техническая характеристика МСТ**

Диапазон измерения концентрации метана, % (об.)	0 5
Предел основной погрешности измерения: в поддиапазоне 0 2, 5 % $\text{CH}_4$ в поддиапазоне 2,5 5 % $\text{CH}_4$	- 0,2 не нормируется
Порог срабатывания аварийной звуковой и световой сигнализации об опасном скоплении $\text{CH}_4$ , % (об.)	2,0
Погрешность срабатывания аварийной сигнализации об опасном скоплении $\text{CH}_4$ , % (об.)	- 0,1
Время готовности после включения, мин	1

**7.3. ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ СОСТАВА ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**

Нормирование выхлопных газов карбюраторных двигателей внутреннего сгорания (ДВС) производится по концентрации оксида углерода (II) и углеводородов на фиксированных режимах работы двигателя (табл. 7.5). Качество работы технического состояния

дизельных двигателей оценивается по дымности отработавших газов (табл. 7.6) и удельным выбросам оксидов азота, оксида углерода (II) и углеводородов (табл. 7.7)

Таблица 7.5

**Содержание оксида углерода (II) и углеводородов в отработавших газах автомобилей с карбюраторным двигателем (извлечение из ГОСТ Р 52033-2003)**

Автомобили с бензиновым двигателем	Минимальная частота вращения коленчатого вала, мин <sup>-1</sup>	Оксид углерода (II), % (об.)	Углеводороды, млн <sup>-1</sup> (ppm)
Автомобили, не оснащенные системами нейтрализации отработавших газов	1100	3,5	1200
Автомобили категорий М1 и N1, оборудованные двухкомпонентной системой нейтрализации отработавших газов	2500 350 0	1,0	400

Таблица 7.6

**Нормы дымности отработавших газов дизельных двигателей (извлечение из ГОСТ 17.2.2.02-98)**

Условный расход воздуха, дм <sup>3</sup> /с	Дымность, м <sup>3</sup> (%), не более, при воздухообмене	
	неограниченным	ограниченным
42 и менее	2,260 (62,2)	1,760 (53,1)
50	2,080 (59,1)	1,580 (49,3)
60	1,900 (55,8)	1,400 (45,2)
70	1,775 (53,4)	1,275 (42,2)
80	1,665 (51,1)	1,165 (39,4)
90	1,575 (49,2)	1,075 (37,0)
100	1,495 (47,4)	0,995 (34,8)
110	1,425 (45,8)	0,925 (32,8)
120	1,370 (44,5)	0,870 (31,2)
130	1,320 (43,3)	0,820 (29,7)
140	1,270 (42,1)	0,770 (28,2)
150	1,225 (40,9)	0,725 (26,8)

Таблица 7.7

Значения удельных выбросов отработавших газов дизельных двигателей (извлечения из ГОСТ 17.2.2.05-97)

Наименование вредных веществ	Удельные выбросы, г / (кВт·ч), при воздухообмене	
	неограниченном	ограниченном
Оксиды азота	18,0	9,0
Оксид углерода (II)	10,0	4,0
Углеводороды	3,0	1,5

**Примечания:** 1. Нормы выбросов оксидов азота установлены по сумме оксидов азота, приведенных к оксиду азота (IV). 2. Нормы выбросов углеводородов установлены по сумме углеводородов, приведенных к условному составу  $C_{1.85}H_{1.85}$ .

Газоанализатор ГАИ-1 АПИ2.840.024 (далее газоанализатор) переносной предназначен для автоматического определения содержания CO в отработавших газах карбюраторных автомобильных двигателей (рис. 7.8).

Газоанализатор может быть использован на станциях технического обслуживания, в автохозяйствах, гаражах органами ГИБДД МВД России при контроле за техническим состоянием карбюраторных двигателей.

Принцип работы прибора основан на явлении поглощения инфракрасной (ИК) энергии излучения анализируемым компонентом. Степень поглощения ИК-излучения зависит от концентрации анализируемого компонента в газовой смеси.

Газоанализатор предназначен для работы в следующих условиях эксплуатации:

- ♦ расход анализируемой смеси, обеспечиваемый побудителем не менее 0,037 л/с;
- ♦ температура анализируемой смеси до +200 °С;
- ♦ измеряемый компонент — оксид углерода (II) 0–15 % (об.).

Диапазон измерения концентрации CO от 0 до 5 % (об.) и от 0 до 10 % (об.). Основная приведенная погрешность не превышает  $\pm 5$  % от верхнего предела измерения.

Питание газоанализатора:

- ♦ для исполнения АПИ2.840.024 — от сети автомобиля с постоянным напряжением  $12 В \pm 10 \%$ ;
- ♦ для исполнения АПИ2.840.024-01 — от сети переменного тока напряжением  $220 В \pm 10+15 \%$  через стабилизированный источник питания.

Время прогрева газоанализатора 30 мин. Превышение статического давления анализируемой газовой смеси над атмосферным (в точке отбора пробы)  $505 \pm 141,4$  Па.

Оценка результата производится визуально по шкале стрелочного прибора.

На рис. 7.8 представлена схема газоанализатора ГАИ-1.

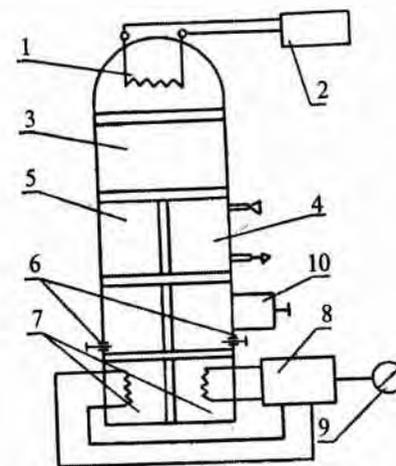


Рис. 7.8. Оптический абсорбционный газоанализатор ГАИ-1:

- 1 - источник; 2 - устройство для изменения температуры излучателя; 3 - фильтровая камера; 4 - рабочая камера; 5 - сравнительная камера; 6 - устройство для балансировки оптического потока; 7 - приемник излучения; 8 - электронный блок; 9 - измерительный прибор; 10 - реверсивное устройство

Газоанализатор состоит из источника излучения 1, устройства 2, с помощью которого периодически изменяется поток излучения, фильтровой камеры 3, рабочей камеры 4, сравнительной камеры 5,

устройства для балансировки оптического потока 6, приемника излучения 7 (мерной камеры), электронного блока 8 и показывающего прибора 9.

Поток ИК-излучения проходит через фильтровую камеру и попадает в рабочую и сравнительную камеры. ИК-излучение проходит рабочую и сравнительную камеры и попадает в приемник излучения. Все камеры разделены друг от друга стеклами, прозрачными для ИК-излучения.

Приемник излучения 7 представляет собой герметичный объем, заполненный компонентом, содержание которого требуется определить. Приемник излучения разделен внутри негерметичной перегородкой на две половины, каждая из которых расположена под рабочей и сравнительной камерой соответственно. В каждой из половин приемной камеры расположены термочувствительные элементы, служащие для измерения температуры газа.

Изменяющийся, модулированный поток излучения попадает в приемную камеру, поглощается анализируемым компонентом. При этом происходит изменение температуры в приемной камере в обеих половинах.

Если через рабочую камеру пропускать газ, не поглощающий ИК-излучение, и при этом сравнительная камера также заполнена газом, не поглощающим ИК-излучение, то в обеих частях приемной камеры создаются одинаковые мощности ИК-излучения; температура в обеих половинах приемной камеры изменяется одинаково и сигнал на выходе электронного блока равен нулю.

Если в рабочую камеру подавать анализируемую смесь, в которой содержится определяемый компонент, то в приемную камеру поступает ослабленный поток ИК-излучения. В результате амплитуда колебаний температуры в половине приемной камеры, расположенной против рабочей камеры, уменьшается пропорционально концентрации определяемого компонента и соответственно изменяется показание показывающего прибора газоанализатора.

*Дымомер переносной «СМОГ-1»* — (далее дымомер) предназначен для инспекционного контроля дымности отработавших газов ди-

зельных двигателей автомобилей с целью оценки качества работы их систем выпуска, питания топливом и смазки.

Измерения могут проводиться в режимах свободного ускорения и максимальной частоты вращения коленчатого вала двигателя.

Условия эксплуатации дымомера:

- ♦ температура окружающего воздуха от  $-10$  до  $+45$  °С;
- ♦ атмосферное давление от 70 до 106,7 кПа;
- ♦ относительная влажность от 30 до 98 %.

Диапазон измерений дымомера:

- ♦ по шкале показателя ослабления светового потока К — от 0 до  $10 \text{ м}^{-1}$ ;
- ♦ по шкале затемнения — от 0 до 100 %.

Показания дымомера по шкале ослабления приведены к 100 °С.

Индикация показаний дымомера — цифровая, трехразрядная.

Единица младшего разряда для шкалы показателя ослабления —  $0,02 \text{ м}^{-1}$ , для шкалы затемнения — 0,1 %.

Предел допускаемой основной приведенной погрешности  $Y$ , на шкале затемнения равен  $\pm 2$  %.

Время непрерывной работы дымомера 8 ч.

Дымомер обеспечивает цифровую индикацию температуры отработавших газов в диапазоне от 0 до 200 °С.

Время готовности дымомера к работе после включения не более 10 мин.

В состав дымомера входят камера измерительная и блок обработки информации. При питании дымомера переменным однофазным током используется блок питания.

Принцип действия дымомера основан на явлении изменения поглощения (ослабления) части светового потока, прошедшего через вещество, при просвечивании его источником излучения.

Работа дымомера поясняется при помощи функциональной схемы, приведенной на рис. 7.9, и осуществляется следующим образом.

Дым из выхлопной трубы автомобиля поступает в оптический канал измерительной камеры, оборудованный источником излучения (лампа 1) и приемником (фотоэлемент 4). Поток света от лампы проходит через столб дыма и падает на фотоэлемент, который

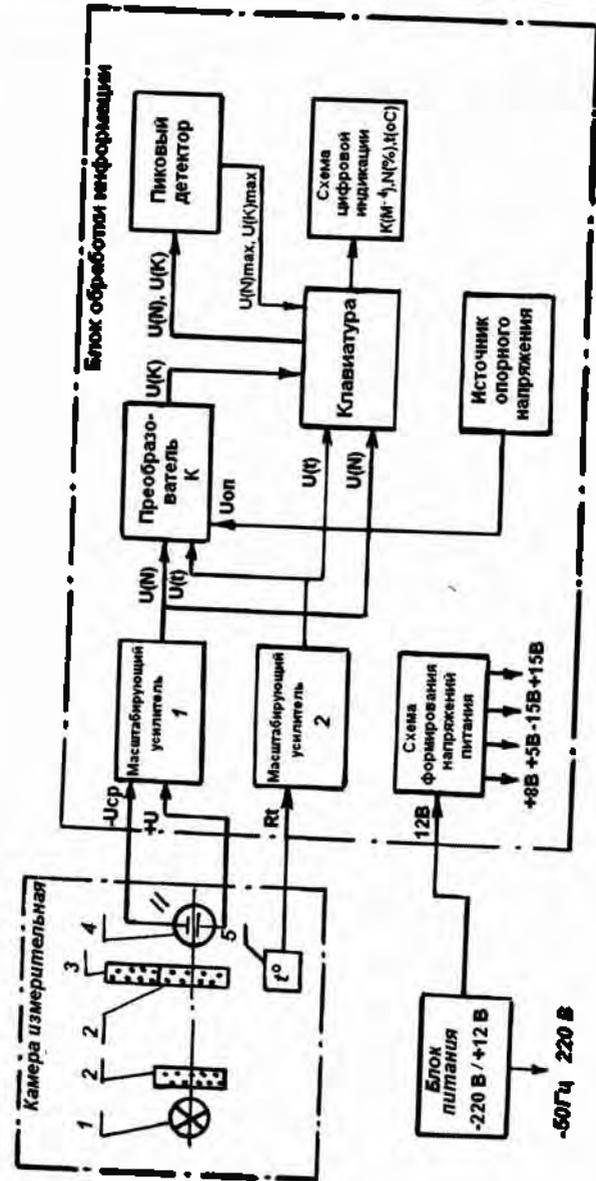


Рис. 7.9. Функциональная схема дымомера:  
1 — лампа; 2 — защитное стекло; 3 — защитный светофильтр; 4 — фотоэлемент; 5 — термопреобразователь сопротивления

воспринимает непоглощенную часть света. Для защиты лампы и фотоэлемента от загрязнения установлены защитные стекла 2. При проверке работоспособного состояния дымомера вместо защитного стекла со стороны фотоэлемента устанавливается контрольный светофильтр 3. Датчик температуры (термопреобразователь сопротивления 5) предназначен для измерения температуры дыма в измерительной камере с целью введения температурной поправки.

Сигнал с фотоэлемента поступает в блок обработки информации на масштабирующий усилитель 1 (микросхема D3), сигнал с датчика температуры — на масштабирующий усилитель 2 (микросхема D15). Сигналы на выходе масштабирующих усилителей соответствуют величине затемнения и температуре дыма в измерительной камере. Далее сигналы поступают на вход преобразователя К, выполненного на микросхемах D6, D9 ... D11, D13, D16, D17 и транзисторах U4 ... U9. Сигнал на выходе преобразователя К соответствует величине показателя ослабления.

Конструктивно дымомер выполнен в виде отдельных блоков. Внешний вид дымомера представлен на рис. 7.10.

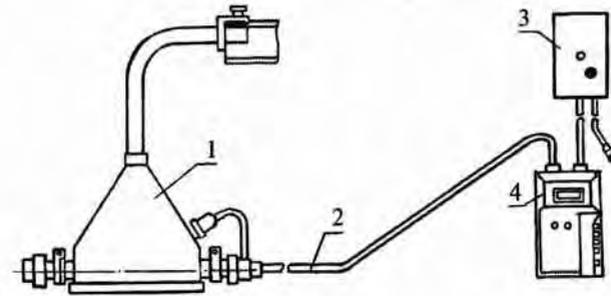


Рис. 7.10. Внешний вид дымомера:  
1 — камера измерительная; 2 — злуп МБНЛ.603621.053; 3 — блок питания;  
4 — блок обработки информации

Камера измерительная состоит из металлических корпуса и трубы. По обе стороны корпуса на оптической оси расположены источники света, лампы накаливания, фотоэлемент и отсеки для

установки рамок с защитными стеклами. При работе камера измерительная прикрепляется к выхлопной трубе автомобиля при помощи зажима и винта, установленных на трубе камеры.

Камера измерительная соединяется с блоком обработки информации при помощи жгута ИБЯЛ.685621.053, имеющегося в комплекте ЗИП, длиной 7 м.

На лицевой стороне блока питания расположен переключатель «СЕТЬ» для включения блока.

На лицевой стороне блока обработки информации расположены: цифровое табло для индикации величин затемнения в процентах, показателя ослабления в единицах натурального показателя ослабления по правилам 24ЕЭК ООН, температуры дыма в °С; потенциометры «0» для установки нулевых показаний и «V» для регулировки коэффициента усиления. Значение затемнения  $N$ , приведенное к фотометрической базе 0,43 м, определяется по таблице на корпусе блока.

На боковой стороне блока обработки информации расположены переключатели: «К/И» — для вывода на цифровое табло величин показателя ослабления  $K$  (переключатель отжат) либо затемнения  $I$  (переключатель нажат); «ПИК» — для измерения и вывода на цифровое табло максимальных значений величин показателя ослабления и затемнения; «СБРОС» — для сбросов пиковых значений показаний перед проведением следующего измерения; «t, °С» — для вывода на цифровое табло значения температуры в измерительной камере; «ВКЛ» — для включения блока.

#### 7.4. ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ СОСТАВА ВОЗДУХА В РАБОЧЕЙ ЗОНЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ ХИМИЧЕСКИХ, МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ, АВТОТРАНСПОРТНЫХ, МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ И ДРУГИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Анализируя гигиенические нормативы содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны производственных помещений (табл. 1.2 ГН 2.25.1313-03), можно сделать вывод о том, что концентрации

этих веществ чрезвычайно малы. Это обстоятельство предполагает использование для определения концентрации вредных веществ весьма чувствительных методов анализа.

Так же как и для анализа воздуха в горных выработках, в санитарно-гигиенической практике оценки состояния воздушной среды в рабочей зоне производственных помещений используются лабораторные и экспресс-методы анализа. Первые применяются преимущественно для инспекционных целей органами Роспотребнадзора, вторые — для оперативной оценки производственной ситуации. Наиболее распространенным методом лабораторного анализа многокомпонентных газо-, паровоздушных смесей является газовая хроматография. Принцип газохроматографического анализа заключается в покомпонентном распределении движущейся по слою адсорбента (в хроматографической колонке) анализируемой смеси. При последующем движении через адсорбент чистого газа-носителя (например, гелия) происходит поочередное «вымывание» адсорбированных компонентов анализируемой смеси. Выходящие из колонки «чистые» компонентные смеси определяются качественно и количественно детекторами различных типов (катарометром, пламенно-ионизационным, электронного захвата и др.). Данный метод позволяет в одной пробе воздуха определить все содержащиеся в нем вредные вещества с достаточной точностью, однако для осуществления его требуется много времени, дорогостоящая аппаратура и высококвалифицированный персонал.

В силу указанных обстоятельств метод газовой хроматографии для оперативных целей практически не используется.

Для быстрой оценки рассматриваемой санитарно-гигиенической ситуации и принятия оперативных мер защиты от воздействия вредных веществ преобладающими являются экспресс-методы анализа воздуха рабочей зоны. Одним из самых распространенных из этой группы методов является линейно-колориметрический, описанный выше, однако высокая погрешность его, часто не удовлетворяющая требованиям ГН 2.25.1313-03, ограничивает его применение для инспекционных, а иногда (для веществ с малыми ПДК, например, озона) и оперативных целей.

Важным условием экспресс-анализа воздуха рабочей зоны является его непрерывность во времени, возможность сопряжения с системами сигнализации, оповещения и автоматического включения в работу средств коллективной защиты, например, аварийной вентиляции, а также синхронность полученных результатов с конкретной санитарно-гигиенической ситуацией.

В настоящее время разработаны и широко применяются на промышленных предприятиях газоанализаторы различных типов. В современных газоанализаторах широко используются достижения физической химии, микроэлектроники, информатики и др. научных дисциплин. Данное обстоятельство позволяет полностью автоматизировать работу приборов, повысить их чувствительность, обеспечить сбор базы данных за любой период работы, сопряженность с ЭВМ (например, с персональными компьютерами), увеличить многокомпонентность анализа единичного газоанализатора и др. достоинства. Единственным, пожалуй, недостатком такой газоаналитической аппаратуры является высокая стоимость, ограничивающая их широкое применение в России.

На данный момент времени в РФ различными фирмами серийно производятся, например, следующие газоанализаторы: «Каскад» — для анализа воздуха на содержание следующих ингредиентов (далее после названия прибора в скобках будут указываться только определяемые ингредиенты) ( $H_2S$ ,  $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $HCl$ ,  $Cl_2$ ,  $CO$ ,  $O_2$ ); «Грант» ( $NH_3$ ,  $Cl_2$ ,  $O_3$ ,  $HCl$ ,  $CO$ ,  $H_2S$ ,  $SO_2$ ,  $NO$ ,  $HF$ ,  $H_2O_2$ ); «АНКАТ-7664М-09» ( $CO$ ,  $SO_2$ ,  $NO_2$ ); «Комета (ИГС-98)» ( $NH_3$ ,  $Cl_2$ ,  $O_2$ ,  $CO$ ,  $C_2H_5OH$ ,  $NO_2$ ,  $SO_2$ ,  $H_2$ ,  $CH_4$ ,  $C_3H_8$ ,  $H_2CO$ ,  $H_2S$ ,  $C_2H_2$  (сумма углеводородов),  $HClCO_2$ ); «ОПТОГАЗ-500» ( $CO$ ,  $CH_4$ ,  $CO_2$ ,  $O_2$ ,  $NO$ ) и др.

В работе перечисленных газоанализаторов используются различные принципы определения газовых компонентов, основанные на химических, физических и физико-химических явлениях (измерение коэффициента преломления света, экзотермические реакции, изменение цвета и интенсивности окраски анализируемой смеси, изменение теплопроводности, селективная адсорбция и абсорбция, изменение электропроводности анализируемых систем и многие др.).

Например, в газоанализаторе «Комета-4» серии ИГС-98 при определении концентрации  $NO_2$ ,  $CO_2$  и  $CO$  используется принцип амперометрического титрования, при котором электрохимический сенсор преобразует значение концентрации соответствующего газа в воздухе в электрический сигнал, величина которого пропорциональна концентрации ингредиента. Принцип действия этого же прибора при анализе воздуха на содержание углеводородов основан на изменении сопротивления полупроводникового сенсора в зависимости от количества адсорбируемого на нём газообразного ингредиента.

Кроме отечественных приборов, в России применяются и зарубежные газоанализаторы фирм (Брюль и Кьер, OLDHAM SA и др.).

В современной газоаналитической аппаратуре результаты анализа могут представляться в различных единицах концентрации ингредиента в воздухе рабочей зоны, поэтому часто на практике возникают затруднения при сравнении этих величин с ПДК<sub>рз</sub>, которые в России измеряются в  $мг/м^3$ .

Ниже приведены формулы для пересчета других единиц измерения концентрации газов в воздухе в  $мг/м^3$ :

$$1). \text{ из } \% (\text{об.}) \text{ в } мг/м^3: C = \frac{C_{\%об} \cdot M \cdot P}{0,8313 \cdot T}; \quad (7.1)$$

$$2). \text{ из } ppm \text{ в } мг/м^3: C = \frac{C_{ppm} \cdot M \cdot P}{0,8313 \cdot 10^4 \cdot T}; \quad (7.2)$$

$$3). \text{ из } ppb \text{ в } мг/м^3: C = \frac{C_{ppb} \cdot M \cdot P}{0,8313 \cdot 10^7 \cdot T}; \quad (7.3)$$

где  $C_{\%об}$ ,  $C_{ppm}$ ,  $C_{ppb}$  — концентрации определяемых веществ, выраженных соответственно в % (об.), ppm (одна миллионная часть объема), ppb (одна миллиардная часть объема);  $M$  — молярная масса вещества, а.е.м.;  $P$  — атмосферное давление в момент анализа, Па;  $T$  — абсолютная температура в момент анализа, К.

## 7.5. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

**Задача 1** (для горно-геологических специальностей). Для проведения практических замеров и исследования распределения концентрации газов по высоте и сечению газового пространства используется специальная подключенная к вентиляционной системе лаборатории (рис. 7.11) экспериментальная установка, представляющая собой модель вертикальной горной выработки (шурфа).

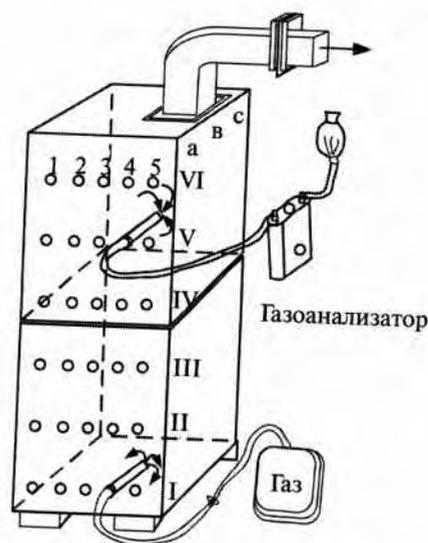


Рис. 7.11. Модель вертикальной горной выработки

Модель с одной стороны закрыта прозрачной крышкой с отверстиями на разных высотах и в поперечных сечениях, что позволяет отбирать пробы газа в различных сечениях и исследовать распределение концентрации различных по плотности газов по высоте.

Приготовленная газоздушная смесь может запускаться в модель через замерные отверстия в различных сечениях.

Отбор проб воздуха из модели осуществляется с помощью воздухозаборной трубки, к которой подключается соответствующий газоанализатор.

При выполнении экспериментальной части работы студенты должны:

- ♦ изучить устройство и принцип действия газоанализаторов;
- ♦ каждой бригаде получить у преподавателя действующие газоанализаторы, произвести их проверку, настройку и подготовку к работе;
- ♦ по заданию преподавателя произвести измерения концентрации  $\text{CH}_4$  и  $\text{CO}_2$  в определенном поперечном сечении и по высоте модели;
- ♦ построить графики изменения концентрации  $\text{CH}_4$  и  $\text{CO}_2$  по высоте модели;
- ♦ выполнить описание графиков, провести их анализ и сделать выводы о причинах полученного характера распределения газов и соответствия измеренных концентраций ПДК.

**Задача 2.** Студенты негорных специальностей могут выполнять упрощенный вариант работы (без элементов научных исследований). При этом концентрация газов измеряется в вытяжном шкафу и делается оценка соответствия её допустимым гигиеническим нормам.

**Задача 3.** Контроль состава выхлопных газов двигателей внутреннего сгорания производится непосредственно при работающих автомобилях. По результатам замеров делается оценка соответствия состава допустимым нормам.

## Литература

1. Фролов А. В. Лабораторный практикум по безопасности жизнедеятельности / Новочерк. гос. техн. ун.-т. — Новочеркасск: НГТУ, 1994. — 142 с.
2. Каледина Н. О., Черчукин В. Г., Колесниченко И. Е. Горноспасательное дело: Учеб. пособ. / Шахтинский ин-т ЮРГТУ. — Новочеркасск: ЮРГТУ, 2002. — 174 с.
3. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны: Гигиенические нормативы

(ГН 2.2.5.1313-03). — М.: Российский регистр потенциально опасных химических и биологических веществ Минздрава России, 2003. — 207 с.

4. Правила безопасности в угольных шахтах (ПБ 05-618-03).

#### Контрольные вопросы

1. Назовите состав атмосферного воздуха.
2. Назовите наиболее часто встречающиеся вредные и токсичные примеси к воздуху рабочей зоны.
3. Взрывоопасные свойства газов и паров.
4. Методы контроля состава воздуха в рабочей зоне производственных помещений и горных выработках.
5. Приборы для определения  $\text{CH}_4$  и  $\text{CO}_2$  в горных выработках.
6. Какими газоанализаторами можно определить концентрацию кислорода в воздухе?
7. Наиболее распространенные приборы для определения концентрации токсичных газов в воздухе. Принципы их действия.
8. Принцип действия газоанализаторов ШИ-6, ШИ-10, ШИ-11.
9. Проверка и настройка ШИ-10.
10. Порядок проведения измерений  $\text{CH}_4$  и  $\text{CO}_2$  ШИ-10.
11. Порядок проведения измерений приборами ГХ-5, ГХ-6.
12. Приборы для контроля состава выхлопных газов ДВС.
13. Требования к составу выхлопных газов карбюраторных ДВС.
14. Требования к составу выхлопных газов дизельных ДВС.

### Лабораторная работа № 8 ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА ОТ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

**Цель работы:** Изучение основных методов очистки воздуха от загрязняющих веществ.

**Содержание работы:** 1. Ознакомление с принципом работы, конструкцией и характеристиками применяемых в лабораторной работе воздухоочистителей и аналитических приборов.

2. Экспериментальное определение эффективности воздухоочистки.

#### 8.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Защита атмосферного воздуха от вредных выбросов промышленных предприятий и энергетических объектов является одной из важнейших проблем современности. Ингредиентное загрязнение атмосферного воздуха нарушает естественное функционирование экологических систем, ухудшает санитарно-гигиеническое состояние приземного слоя воздушной среды обитания живых организмов, наносит ущерб народному хозяйству.

Одной из основных организационных мер предупреждения и снижения ингредиентного загрязнения атмосферы в России является гигиеническое нормирование содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населённых мест путём установления для каждого загрязняющего вещества или максимально разовых, или среднесуточных, или тех и других предельно допустимых концентраций в воздухе ( $\text{ПДК}_{\text{м}}$ ,  $\text{ПДК}_{\text{с}}$ ). Величины ПДК для веществ, загрязняющих атмосферный воздух, в России регламентируются гигиеническими нормативами ГН 2.1.6.1338-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населённых мест». В приложении 1 приведены сведения о ПДК для ряда загрязняющих веществ.

Из разработанных к настоящему времени инженерных методов очистки газовых выбросов в атмосферу от загрязняющих её веществ наиболее распространёнными являются *абсорбция* и *адсорбция*.

#### *Абсорбция*

Абсорбция — физико-химический процесс поглощения одного или нескольких компонентов газовой смеси (*абсорбат*) твёрдыми или жидкими поглотителями (*абсорбент*) при условии, что процесс

протекает в объёме поглотителя. Объёмным поглощением абсорбата обладают преимущественно жидкие абсорбенты.

Основным критерием процесса абсорбции служит растворимость абсорбата в жидкости (абсорбенте), которая зависит от свойств жидкости, температуры и парциального давления абсорбируемого компонента. Зависимость растворимости газообразного компонента смеси от его парциального давления характеризуется законом Генри, согласно которому равновесное парциальное давление этого компонента в газовой смеси пропорционально его содержанию в абсорбенте:

$$p = k_{аб} \cdot z_{аб}, \quad (8.1)$$

где  $p$  — равновесное парциальное давление абсорбируемого компонента, Па;

$k_{аб}$  — коэффициент пропорциональности, зависящий от свойств абсорбируемого газа, абсорбента и температуры, Па;

$z_{аб}$  — содержание абсорбируемого компонента в абсорбенте, кг/кг.

В зависимости от характера поверхности раздела фаз «газ-жидкость» абсорбция делится: на *поверхностную* (плёночную) — поверхность раздела фаз представляет собой зеркало жидкости или поверхность текущей плёнки жидкости; *барботажную* — поверхность раздела фаз образуется во время прохождения газовых струй через слой жидкости; *капельную* — поверхность раздела фаз состоит из суммарной поверхности капель абсорбента, распылённого в потоке очищаемого газа.

В газоочистной практике чаще всего применяется капельная абсорбция. Одновременно с физическим процессом растворения газа в жидкости при абсорбции могут протекать химические реакции (*хемосорбция*), что ведёт к увеличению скорости поглощения газа.

В качестве абсорбента чаще всего применяется вода и растворы различных веществ в ней (кислоты, щёлочи, соли), а также органические растворители (моноэтаноламин, ароматические амины и др.). Абсорбция осуществляется в аппаратах колонного типа — *абсорберах* (скрубберах).

### Адсорбция

Адсорбция — физико-химический процесс поглощения молекул газов, паров или растворённых в жидкостях веществ (адсорбат) поверхностью твёрдых поглотителей (адсорбентов).

Адсорбция также может быть физической и химической. При физической адсорбции поглощаемые молекулы газов и паров удерживаются силами межмолекулярного взаимодействия (силы Ван-дер-Ваальса). При химической адсорбции (хемосорбция) поглощение компонентов из смесей происходит за счёт ковалентных связей между атомами адсорбата и адсорбента.

При длительном контакте адсорбата и адсорбента наступает равновесие между парциальным давлением адсорбата в газовой смеси и концентрацией его в адсорбенте, описываемое эмпирической формулой Фрейндлиха:

$$c_{ад} = k_{ад} \cdot p^n, \quad (8.2)$$

где  $c_{ад}$  — концентрация адсорбированного вещества в адсорбенте, кг/кг;

$k_{ад}, n$  — постоянные для данной температуры коэффициенты.

Важную роль в процессах адсорбционной газоочистки играет способ контактирования газовой смеси с адсорбентом (режим работы адсорбента). Наиболее распространёнными режимами работы адсорбента являются следующие:

- ♦ *фильтрующий* — через неподвижный слой гранулированного адсорбента пропускается очищаемая газовая смесь;
- ♦ *псевдооживленный* (режим кипящего слоя) — гранулированный адсорбент находится в восходящем потоке очищаемой газовой смеси;
- ♦ *взвешенный* — пылевидный адсорбент непрерывно дозируется в поток очищаемой газовой смеси.

Адсорбент, насыщенный поглощаемым компонентом, может подвергаться *десорбции*, при этом последний выделяется в концентрированном виде и может быть использован в народном хозяйстве.

В качестве адсорбентов используются пористые вещества с развитой внутренней поверхностью, характеризующейся параметром — *удельная поверхность* ( $S_{уд}$ , м<sup>2</sup>/г). В санитарно-экологической практике наибольшее распространение получили такие адсорбенты, как силикагель, алюмосиликаты, активированный уголь, цеолиты и др., удельная поверхность которых колеблется в диапазоне 100+1500 м<sup>2</sup>/г. Адсорбция осуществляется в аппаратах колонного типа — *адсорберах*.

Для вышерассмотренных сорбционных процессов одним из важнейших параметров является температура их осуществления. При прочих равных условиях эффективность сорбционной газоочистки повышается с понижением температуры, поэтому применяются эти способы чаще всего для очистки «холодных» выбросов в атмосферу ( $t = 15+30^{\circ}\text{C}$ )

## 8.2. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

Схема лабораторного стенда представлена на рис. 8.1.

Анализ воздуха на содержание в нём загрязняющих веществ производится *линейно-колориметрическим* методом с применением стандартных индикаторных трубок или другими методами. Описание некоторых методов анализа и соответствующей аппаратуры приводится выше в лабораторной работе № 7.

## 8.3. ПОДГОТОВКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА К РАБОТЕ

1. *Подготовка насосной станции.* В металлическую ёмкость 15 залить 2,5 л дистиллированной воды. Залить воду в погружной насос 16 (через напорный штуцер насосной станции, предварительно сняв с него соединительную трубку). Надеть соединительную трубку на напорный штуцер.

2. *Приготовление веществ-загрязнителей.*

В склянку с надписью «Ацетон» при помощи шприца вместимостью 20 мл влить 5 мл ацетона и плотно закрыть резиновой пробкой горлышко склянки.

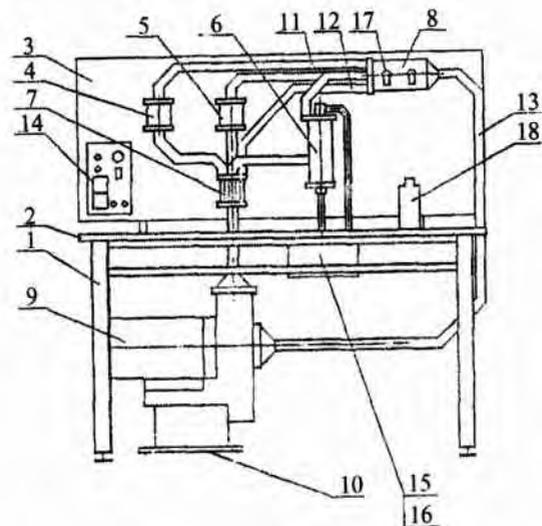


Рис. 8.1. Схема лабораторного стенда:

- 1 — стойка; 2 — столешница; 3 — вертикальная панель; 4 — угловой адсорбер;  
5 — силикагелевый адсорбер; 6 — водный адсорбер; 7 — грам-распределитель;  
8 — газопровод; 9 — вентилятор; 10 — дефилирующий ковер;  
11 — магистраль газоочистки; 12 — свободная магистраль; 13 — возвратная магистраль;  
14 — блок управления; 15, 16 — насосная станция; 17 — столешница; 18 — склянка для хранения веществ-загрязнителей

В склянку с надписью «Бензин» положить полоску бумаги с нанесённым на неё резиновым клеем объёмом 2 мл и плотно закрыть её резиновой пробкой.

В склянку с надписью «Аммиак» влить 3 мл нашатырного спирта из ампул и плотно закрыть её резиновой пробкой.

В склянку с надписью «Уксусная кислота» при помощи шприца влить 5 мл 6 %-ного столового уксуса и плотно закрыть её резиновой пробкой.

## 8.4. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. Подключить блок управления стенда к электрической сети лаборатории.
2. Многоканальный кран-распределитель 7 перевести в положение, при котором воздушный поток будет проходить по свободной магистрали 12.
3. Из склянки с надписью «Аммиак» отобрать 200 мл загрязнённого воздуха и ввести в камеру-смеситель 8. Для этого шприц «Луер» вместимостью 150 мл подсоединить к крану склянки, открыть кран склянки, немного приоткрыть её верхнее горлышко и втянуть из неё в шприц 100 мл загрязнённого воздуха. Закрыть верхнее горлышко и кран склянки. Подсоединить шприц к правому крану камеры-смесителя, открыть его и вытолкнуть в камеру загрязнённый воздух из шприца. Закрыть кран камеры. Описанные выше действия повторить ещё один раз.
4. С помощью тумблера на блоке управления 14 включить вентилятор и дать возможность загрязнённому воздуху перемещаться с воздухом пневмосистемы в течение 1 мин. Время определять с помощью секундомера.
5. Выключить вентилятор, открыть левый кран камеры-смесителя 8 и произвести анализ воздуха на содержание аммиака линейно-колориметрическим методом, после чего закрыть кран камеры. При этом объём анализируемого воздуха должен составлять около 500 мл (пять сжатий аспиратора). По измерительной шкале (на упаковочной коробке индикаторных трубок) определить концентрацию аммиака.
6. Перевести кран-распределитель 7 в положение, при котором воздух будет проходить через адсорбер с активированным углем.
7. Включить вентилятор и многократно пропустить загрязнённый воздух через адсорбер в течение 5 мин. Выключить вентилятор и измерить концентрацию вещества-загрязнителя в очищенном воздухе в соответствии с п. 5. Определить эффективность очистки воздуха по формуле

$$\mathcal{D} = (c_1 - c_0) / c_1 \cdot 100, \quad (8.3)$$

- где  $c_1$  — концентрация вещества-загрязнителя в загрязнённом воздухе, мг/м<sup>3</sup>;
- $c_0$  — концентрация вещества-загрязнителя в очищенном воздухе, мг/м<sup>3</sup>.
8. Вынуть пробку с краном из камеры-смесителя 8, включить вентилятор и в течение 2 мин производить продувку чистым воздухом из помещения магистралей 11 и 12 пневмосистемы. Каждую магистраль необходимо продувать в течение 30 с, переключая воздушные потоки краном-распределителем 7 через указанный интервал времени. После завершения продувки выключить вентилятор. Произвести действия в соответствии с пп. 2+5.
  9. Перевести кран-распределитель 7 в положение, при котором воздух будет проходить через адсорбер с силикагелем и повторить действия в соответствии с п. 7.
  10. Произвести действия в соответствии с п. 8.
  11. Произвести действия в соответствии с пп. 2+5.
  12. Перевести кран-распределитель 7 в положение, при котором воздух будет проходить через адсорбер.
  13. С помощью тумблера на блоке управления 14 включить насос гидросистемы адсорбера, при этом заработает разбрызгиватель воды внутри последнего.
  14. Произвести действия в соответствии с п. 7. (в данном случае загрязнённый воздух будет проходить через адсорбер).
  15. Выключить насос 15 гидросистемы адсорбера и произвести действия в соответствии с п. 8.
  16. Для оценки эффективности очистки воздуха от паров бензина, ацетона и уксусной кислоты с помощью адсорберов и адсорбера каждый раз необходимо повторить действия в соответствии с пп. 2+16.

Рекомендуемый объём загрязнённого воздуха, вносимого в камеру-смеситель 8, мл:

- ♦ из склянки «Ацетон» 200
- ♦ из склянки «Бензин» 450
- ♦ из склянки «Уксусная кислота» 200

Рекомендуемый объем прокачиваемого через соответствующую индикаторную трубку воздуха, мл:

- ♦ для ацетона 1000
- ♦ для бензина 1500
- ♦ для уксусной кислоты 300

17. Результаты экспериментов занести в таблицу экспериментальных данных (табл. 8.1)

Таблица 8.1

Результаты исследования эффективности процессов газоочистки

№ п/п	Метод очистки, сорбент	Концентрация загрязняющего вещества, мг/м <sup>3</sup>								Эффективность очистки, %
		До очистки				После очистки				
		Ам-миак	Аце-тон	Бен-зин	Укс. к-та	Ам-миак	Аце-тон	Бен-зин	Укс. к-та	
1										
2										

18. После завершения лабораторной работы выключить установку и проверить, закрыты ли пробками все склянки, краны на склянках и краны камеры-смесителя 8.

### 8.5. ОСНОВНЫЕ МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. К работе с лабораторным стендом допускаются лица, ознакомленные с его устройством, принципом действия и мерами безопасности в соответствии с требованиями, приведенными в настоящем разделе.

2. Не следует включать насос гидросистемы абсорбера, когда воздушный поток не проходит через него.

3. Концентрации используемых в лабораторной работе веществ-загрязнителей должны соответствовать величинам, указанным в разделе 8.4.

4. Перед эксплуатацией лабораторного стенда подключить заземляющий болт на блоке управления 14 и заземляющие болты на

вентиляторе, обозначенные «Л», к контуру защитного заземления или защитного зануления лаборатории.

5. При разгерметизации (обламывании) запаянных концов индикаторной трубки (в проушине 4 аспиратора АМ5) во избежание травм глаз осколками стекла необходимо пользоваться защитными очками.

6. Лабораторную работу необходимо проводить с включенной местной и общеобменной вентиляцией помещения лаборатории.

### 8.6. ОТЧЁТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

1. По результатам исследований (табл. 8.1) для конкретных загрязняющих веществ (задаются преподавателем) проводится сравнение измеренных концентраций веществ с Гигиеническими нормативами ГН 2.1.6.1338-03 (табл. 8.2) и делается вывод о санитарно-гигиенической эффективности исследованных процессов газоочистки.

Таблица 8.2

Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. Гигиенические нормативы (ГН 2.1.6.1338-03) (извлечения)

№ п/п	Наименование вещества	Формула	Величина ПДК, мг/м <sup>3</sup>		Класс опасности
			максимальная разовая	среднесуточная	
1	2	3	4	5	6
1	Азота монооксид	NO	0,4	0,06	3
2	Азота диоксид	NO <sub>2</sub>	0,085	0,04	2
3	Азотная кислота	HNO <sub>3</sub>	0,4	0,15	2
4	Аммиак	NH <sub>3</sub>	0,2	0,04	4
5	Ацетон	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	0,35		4
6	Бензин (в пересчёте на углерод)		5	1,5	4
7	Бензол	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	0,3	0,1	2
8	Бензпирен	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>		1 · 10 <sup>-5</sup>	1
9	Ксилол	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	0,2		3
10	Метан	CH <sub>4</sub>	50,0 (ОБУВ*)		4
11	Метанол	CH <sub>3</sub> O	1,0	0,5	3

Окончание табл. 8.2

1	2	3	4	5	6
12	Озон	O <sub>3</sub>	0,16	0,03	1
13	Серная кислота	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,3	0,1	2
14	Сероводород	H <sub>2</sub> S	0,008		2
15	Серы диоксид	SO <sub>2</sub>	0,5	0,05	3
16	Спирт этиловый	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	5,0		4
17	Тетраэтилсвинец	C <sub>8</sub> H <sub>20</sub> Pb	3 · 10 <sup>-6</sup> (ОБУВ*)		1
18	Толуол	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	0,6		3
19	Уайт-спирит		1,0 (ОБУВ*)		3
20	Углерода монооксид	CO	5,0	3,0	4
21	Уксусная кислота	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	0,2	0,06	3
22	Фенол	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	0,01	0,003	2
23	Хлор	Cl <sub>2</sub>	0,1	0,003	2

\* ОБУВ — ориентировочный безопасный уровень воздействия.

2. Проводится анализ результатов расчёта (см. табл. 8.1) инженерной эффективности исследованных процессов газоочистки и делается вывод о предпочтительности того или иного метода или сорбента.

#### Литература

1. Родионов А. И. и др. Техника защиты окружающей среды. — М.: Химия, 1989. — 512 с.
2. Родионов А. И. и др. Оборудование, сооружения, основы проектирования химико-технологических процессов защиты биосферы от промышленных выбросов — М.: Химия, 1985. — 352 с.
3. Зайцев В. А. Промышленная экология — М.: «Делфи», 1999. — 140 с.
4. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населённых мест: Гигиенические нормативы (ГН 2.1.6.1338-03) — М.: Российский регистр потенциально опасных химических и биологических веществ Минздрава России, 2003. — 69 с.
5. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны: Гигиенические нормативы

(ГН 2.2.5.1313-03) — М.: Российский регистр потенциально опасных химических и биологических веществ Минздрава России, 2003. — 207 с.

#### Контрольные вопросы

1. Для каких параметров воздуха установлены нормативные значения?
2. Какие существуют методы очистки воздуха от загрязняющих его веществ?
3. Каков принцип адсорбционной очистки воздуха?
5. Какие вещества применяются в качестве адсорбентов при адсорбционной очистке воздуха от загрязняющих его веществ?
6. Какие режимы работы адсорбента используются в газоочистной практике?
7. Какие основные параметры процесса адсорбционной очистки воздуха влияют на его эффективность?
8. Зависимость между какими параметрами процесса адсорбции отображает формула Фрейндлиха?
9. Каков принцип абсорбционной очистки воздуха?
10. Каким уравнением описывается процесс абсорбции?
11. Почему характер поверхности раздела фаз системы «абсорбат — абсорбент» влияют на эффективность абсорбционной очистки воздуха?
12. Какие вещества используются в качестве абсорбентов в газоочистной практике?
13. Чем отличаются процессы абсорбции и адсорбции от процесса хемосорбции?
14. Каким образом определяется эффективность процессов газоочистки?
15. Какой метод анализа воздуха на содержание в нём вредных веществ используется при проведении лабораторной работы? Объясните его принцип.

## Учебно-исследовательская лабораторная работа № 9 ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ ВОДЫ

**Цель работы:** 1. Изучение основных методов очистки воды от вредных примесей.

2. Изучение методов, применяемых для определения содержания растворённых в воде веществ.

**Содержание работы:** 1. Изучение методов очистки воды.

2. Ознакомление с принципом работы, конструкцией и характеристиками применяемых в лабораторной работе водоочистителей.

3. Ознакомление с принципом работы, конструкцией и характеристиками применяемых в лабораторной работе приборов для определения содержания растворённых в воде веществ.

4. Экспериментальное определение эффективности водоочистных фильтров.

### 9.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Проблема загрязнения водоёмов России сточными водами промышленных предприятий, энергетических объектов, сельскохозяйственных производств и др. неуклонно обостряется. Основными причинами этого являются возрастающие масштабы водопользования, низкая технологическая культура использования воды и др. Загрязнение водоёмов вредными отходами промышленного производства вызывает нарушение естественного состояния экологических систем, угнетение жизнедеятельности гидробионтов и их гибель, ухудшение санитарно-гигиенического состояния питьевой воды, потребляемой человеком, и др. негативные явления. В целом загрязнение водоёмов наносит огромный ущерб народному хозяйству России.

С целью снижения негативных последствий загрязнения водоёмов, в России, как и в других странах, содержание вредных веществ в водоёмах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водо-

пользования гигиенически нормируется. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде указанных объектов регламентируются гигиеническими нормативами России ГН 2.1.5.1315-03.

Кроме ПДК в других нормативных документах Роспотребнадзора, Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ), Европейского Сообщества (ЕС) регламентируются также: содержание взвешенных веществ; органолептические свойства (запах, привкус, цвет); водородный показатель pH; концентрация растворённого в воде кислорода; химическое потребление кислорода (ХПК) и др. параметры.

Важным свойством воды, используемой в производственных целях, является её жёсткость. Жёсткость воды — это совокупность свойств, обусловленная содержанием в ней ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ . Сумма концентраций этих ионов даёт общую жёсткость воды. Общая жёсткость складывается из *карбонатной* (временной) и *некарбонатной* (постоянной). Карбонатная жёсткость воды вызвана присутствием растворённых гидрокарбонатов кальция  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  и магния  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ . Некарбонатная жёсткость воды вызвана присутствием сульфатов, хлоридов, силикатов, фосфатов кальция и магния. По количественному содержанию ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  природная вода бывает мягкой (общая жёсткость до 2 ммоль/л), средней жёсткости (2...10 ммоль/л) и жёсткой (больше 10 ммоль/л). Жёсткая вода непригодна для питья, приготовления пищи, применения в качестве растворителя различных веществ, орошения сельскохозяйственных культур, охлаждения нагретых поверхностей и для многих других целей. Например, при использовании жёсткой воды для получения пара на поверхностях котлоагрегатов откладываются соли жёсткости (карбонаты кальция и магния), что может привести к разрушению и даже взрыву котельной установки.

Одним из комплексных показателей качества воды является общая минерализация — суммарное содержание растворённых в воде веществ. Этот параметр также называют содержанием растворимых твёрдых веществ (*Total Dissolved Solids «TDS»* — общее количество растворённых в воде твёрдых веществ) или общим солесодержанием.

*TDS* измеряется в мг/л, что в весовых количествах эквивалентно одной части на миллион (*parts per million — ppm*). Чаще всего в природных водах растворены неорганические соли (в основном бикарбонаты, хлориды и сульфаты кальция, магния, калия и натрия) и небольшое количество органических веществ.

*TDS* природной воды колеблется в пределах от десятков до 35000 мг/л (*ppm*) (последняя величина соответствует наиболее солёной морской воде). В зависимости от минерализации природные воды делятся на категории, представленные в табл. 9.1.

Кроме природных факторов, на общую минерализацию воды большое влияние оказывают промышленные сточные воды, городские ливневые стоки (особенно когда соли используются для борьбы с обледенением дорог) и др.

Таблица 9.1

Категории минерализации природной воды

Категория вод	Минерализация, мг/л (ppm)
Ультрапресные	< 200
Пресные	200 500
Воды повышенной минерализации	500 1000
Солоноватые	1000 3000
Солёные	3000 10000
Воды повышенной солёности	10000 35000
Рассолы	> 35000

В мировой практике хорошим считается вкус воды при общем солесодержании до 600 мг/л, а при величинах более 1000+1200 мг/л вода может вызывать неприятные вкусовые ощущения. Поэтому по органолептическим показаниям ВОЗ рекомендован верхний предел минерализации 1000 мг/л. Более высокие требования к величине минерализации, с учётом отложения осадков и накипи, предъявляются к воде, используемой в нагревательных приборах (паровых котлах, бытовых водогрейных устройствах и др.).

Для предотвращения вышеописанных негативных явлений, а также снижения тяжести последствий их реализации воду подвер-

гают очистке от рассмотренных веществ до концентраций, обеспечивающих нормативные показатели её качества.

Существуют различные методы очистки воды. Наиболее распространённые способы, применяемые для доочистки и умягчения жесткой водопроводной воды: *сорбция, ионообменный метод, электрохимический метод, метод обратного осмоса*. Ниже приводится краткая характеристика этих методов.

#### Метод сорбции

Физико-химическая суть сорбционной очистки воды заключается в поглощении загрязняющих её веществ поверхностью твёрдого пористого материала. Материал, на поверхности пор которого происходит концентрирование поглощаемого вещества, называется *сорбентом*, а поглощаемое вещество — *сорбатом*. Сорбционные явления основаны на физическом и химическом взаимодействии сорбата и сорбента. Физическая сорбция обусловлена силами межмолекулярного взаимодействия (силы Ван-дер-Ваальса). При химической сорбции (*хемосорбция*) то же происходит за счёт ковалентных связей между атомами сорбата и сорбента.

Способность сорбента удерживать на поверхности пор молекулы поглощаемого вещества зависит от свойств твёрдого пористого тела, размеров его частиц (гранул), удельной поверхности пор, температуры и др. параметров. Для сорбционной очистки воды используют множество материалов естественного и искусственного происхождения: активированный уголь, силикагель ( $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ), цеолиты (минералы, близкие к полевым шпатам), различные глинистые породы (каолинит, тальк, гидрослюда и др.). Следует отметить, что чаще других применяют активированные угли. Это пористые твёрдые тела, пустоты которых соединены между собой так, что структура их напоминает структуру древесины. В настоящее время для сорбции загрязняющих воду веществ используют гранулированные и порошкообразные угли, а также углеродные волокна. Промышленность выпускает более 30 марок активированных углей, удельная поверхность пор которых колеблется в пределах 450+1800 м<sup>2</sup>/г.

Сорбционный метод очистки позволяет удалить загрязнения широкого спектра веществ практически до любой остаточной концентрации. Таким образом, сорбция является практически универсальным методом очистки воды.

В настоящее время промышленными предприятиями России производятся различного типа фильтры для очистки воды от загрязняющих веществ, работающих по принципу сорбции. Один из таких фильтров («Аквафор») используется в данной лабораторной работе. Ниже приводится краткое описание этого фильтра.

#### Водоочиститель сорбционного типа «Аквафор»

Водоочиститель типа «Аквафор» представлен на рис. 9.1.

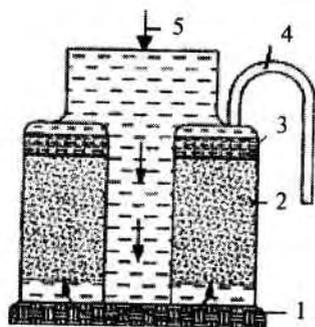


Рис. 9.1. Водоочиститель сорбционного типа «Аквафор»:  
1 — фильтр первой ступени;  
2 — угольный фильтр; 3 — фильтр третьей ступени; 4 — выход очищенной воды; 5 — вход загрязненной воды

различных веществ составляет 95+99 %.

#### Ионообменный метод

Физико-химическую основу ионообменного метода составляет обратимая химическая реакция, при которой происходит обмен

ионами, находящимися на поверхности твердофазного вещества и ионами в растворе, так называемый гетерогенный ионный обмен. Имеются твердые вещества, которые содержат в своем составе подвижные ионы, способные обмениваться на ионы внешней водной среды. Они получили название *ионитов*. Особенно распространены ионообменные смолы, получаемые на основе синтетических полимеров. Иониты делятся на две группы. Одни из них обменивают свои *катионы* на катионы среды и называются *катионитами*, другие обменивают анионы и называются *анионитами*.

Примером гетерогенного ионного обмена может служить устранение жесткости и обессоливание воды. Если пропускать воду через слой катионита алюмосиликата состава  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , то активные ионы натрия  $\text{Na}^+$  в нём будут обмениваться на ионы кальция ( $\text{Ca}^{2+}$ ) и магния ( $\text{Mg}^{2+}$ ), содержащиеся в воде и придающие ей жесткость. Схематически эти процессы можно выразить уравнениями:



здесь  $\text{Na}_2\text{R}$  — условное выражение состава катионита;  $\text{Na}^+$  — подвижный катион;  $\text{R}^{2-}$  — частица катионита, несущая отрицательный заряд. Таким образом, ионы кальция и магния переходят из раствора в катионит, а ионы натрия — из катионита в раствор, жесткость воды при этом уменьшается.

Этот метод позволяет обеспечить высокую эффективность очистки от многих примесей: активного хлора, хлор- и фосфорсодержащих пестицидов, фенола, соединений железа, тяжелых и радиоактивных металлов. Так, например, этим способом удается извлечь из водных растворов 99 % свинца; 90 % кадмия; 94 % цезия-137; 90 % алюминия; 95 % железа; 98 % хлора.

Промышленными предприятиями России производятся водоочистные фильтры, работающие по принципу ионного обмена. Один из таких фильтров («Гейзер») используется в данной лабораторной работе.

**Водоочиститель ионообменного типа «Гейзер-М»**

Фильтр «Гейзер-М», представленный на рис. 9.2, предназначен для доочистки питьевой воды в системах коммунального водоснабжения.

В процессе фильтрации вода проходит три стадии очистки:

- ◆ поверхность фильтрующего элемента задерживает взвесь, мельчайшие нерастворимые частицы, масла, другие нефтепродукты, а также микроорганизмы и вирусы (как правило, прикрепленные к частичкам грязи);
- ◆ за счёт химического связывания из воды удаляют остаточный хлор, тяжелые и радиоактивные металлы. Развитая активная поверхность частично сорбирует органические соединения, хлор- и фосфорорганические соединения, ядохимикаты, пестициды и др. примеси;
- ◆ небольшая добавка серебра подавляет жизнедеятельность отфильтрованных микроорганизмов.

Фильтр обеспечивает скорость фильтрации воды ~ 30 л/ч. Эффективность очистки для различных веществ составляет 80+100 %.

**Электрохимический метод**

Физико-химическую основу метода составляют окислительно-восстановительные электрохимические реакции генерирования активных окислителей (хлор, кислород, озон и их производные), которые уничтожают микроорганизмы всех видов и форм, микробные токсины, а также окисляют фенол и др. органические соединения с образованием безопасных веществ. За счёт наличия в электрохимическом процессе катодного пространства содержащиеся в очищаемой воде соединения тяжёлых металлов восстанавливаются

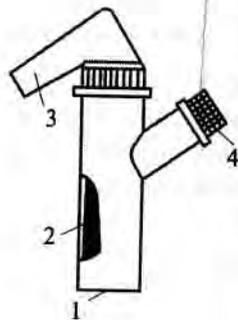


Рис. 9.2. Бытовой фильтр типа «Гейзер-М»:

1 — корпус; 2 — пористый фильтрующий элемент; 3 — входная трубка; 4 — трубка для очищаемой воды

до нерастворимых соединений и нейтральных атомов, которые легко выводятся из воды физической фильтрацией её.

**Водоочиститель электрохимического типа «Изумруд»**

В данной лабораторной работе используется электрохимическая водоочистительная установка «Изумруд» (рис. 9.3). Основным узлом водоочистителя является диафрагменный электрохимический реактор.

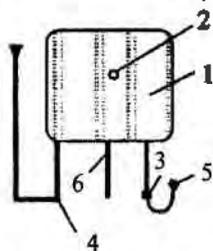


Рис. 9.3. Водоочиститель электрохимического типа «Изумруд»:

1 — корпус; 2 — индикатор включения электропитания; 3 — выключатель электропитания; 4 — вход для воды очищаемой воды; 5 — провод для подключения к электросети; 6 — шланг для выхода очищенной воды

Очистка воды происходит в трёх камерах установки: анодной, каталитической и катодной, через которые последовательно проходит очищаемая вода. В качестве очистителей выступают окислители, генерируемые из химических веществ, находящихся в исходной воде (хлориды, кислород и др.).

В *анодной* камере происходит очистка от фенола и др. органических соединений, которые под воздействием окислителей в основном распадаются на воду и углекислый газ. Здесь же окисляются до простых безвредных веществ содержащиеся в водопроводной воде диоксины.

В *каталитической* камере продолжается процесс окисления органических веществ и происходит разрушение вредных хлорных соединений.

В *катодной* камере под воздействием восстановителей происходит очистка воды от ионов тяжёлых металлов, которые преобразуются в нерастворимые гидроксиды и нейтральные атомы.

Фильтр обеспечивает скорость фильтрации воды 40+60 л/час. Энергопитание от электрической сети напряжением 220 В, потреб-

ляемая мощность — 10 Вт. Эффективность очистки для различных веществ составляет 80+100 %.

### Метод обратного осмоса

**Осмоз** — физико-химический процесс диффузионного переноса вещества через полупроницаемую мембрану, отделяющую чистый растворитель (например, чистая вода) от раствора веществ в нём (например, загрязненная вода) и проницаемую только для растворителя. Мембрана производит отбор: определенные вещества могут пройти сквозь нее, другие — нет. Термин «*обратный осмос*» используется в связи с тем, что он является процессом, обратным таковому, называемому осмосом. Обратный осмос — явление, при котором за счёт создания определённого давления в более концентрированном растворе через полупроницаемую мембрану начинается обратный процесс прохождения растворителя от более концентрированного раствора к слабоконцентрированному, а растворённые вещества осаживаются на мембране. Спиральная тонкоплёночная мембрана состоит из миллионов микропор. Так как молекулы воды относительно малы, они могут просочиться через эти поры, в то время как молекулы большей части примесей — не могут. Производительность систем обратного осмоса прямо пропорциональна площади поверхности мембраны.

### Водоочиститель обратного осмоса «Nimbus 3»

Схема устройства используемого в лабораторной работе водоочистителя, работающего на принципе обратного осмоса, типа «Nimbus 3» представлена на рис. 9.4.

Очистка воды от примесей осуществляется на четырех ступенях водоочистителя.

На *первой ступени* в узле осадочного предварительного фильтрования 1 происходит удаление из воды взвешенных частиц.

На *второй ступени* в фильтре из активированного угля 2 адсорбируется хлор, содержащийся в очищаемой воде.

На *третьей ступени* за счёт наличия спиральной полупроницаемой мембраны 3 происходит очистка воды методом обратного

осмоса. На этой ступени из подаваемой воды выводится 85+95 % всех растворённых твёрдых веществ.

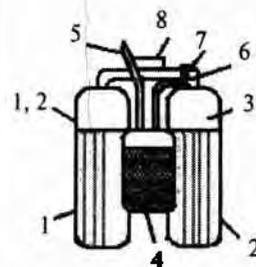


Рис. 9.4. Водоочиститель обратного осмоса «Nimbus 3»:  
1 — узел осадочного предварительного фильтрования;  
2 — предварительный адсорбционный фильтр на основе активированного угля; 3 — узел, содержащий спиральный элемент мембраны;  
4 — окончательный фильтр из активированного угля; 5, 6 — пластиковые трубы; 7 — головка отвода чистой воды; 8 — устройство присоединения фильтра к водопроводной системе

На *четвёртой ступени* происходит окончательная адсорбция всех оставшихся органических примесей на фильтре из активированного угля 4.

### Определение суммарного содержания растворённых в воде веществ

Суммарное содержание растворённых в воде веществ определяется прибором *TDS-метром* (рис. 9.5).

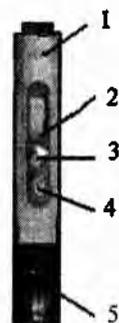


Рис. 9.5. Общий вид прибора *TDS-метра*:  
1 — корпус; 2 — дисплей; 3 — кнопка «ON-OFF»; 4 — кнопка «HOLD»;  
5 — электроды (закрывает защитной крышкой)

Принцип действия *TDS-метра* основан на зависимости электропроводности раствора от количества растворённых в воде химических веществ. Прибором измеряется сила тока, протекающего между двумя электродами, помещёнными в анализируемую воду. Шкала прибора (дисплей) градуирована в ррп.

При измерении соленосодержания воды прибор включается кратковременным нажатием кнопки «ON-OFF» 3, рассчитанные электроды 5 помещаются в анализируемую воду на глубину прорези, скрытой под чехлом 5, считываются показания дисплея 2. Полученная величина является выражением концентрации

солей в воде в *ppm* без их качественного состава. Если показания прибора необходимо сохранить, то после акта измерения нужно кратковременно нажать кнопку «HOLD» (сохранение).

Для обнуления показаний дисплея нужно вторично нажать кнопку «HOLD» или дважды кнопку «ON-OFF». По окончании работы нажать кнопку «ON-OFF», убедиться в отсутствии индикации на дисплее. Закрывать защитной крышкой 5 электроды, поместить прибор в чехол.

#### 9.4. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

Внешний вид лабораторного стенда (далее — стенд) представлен на рис. 9.6.

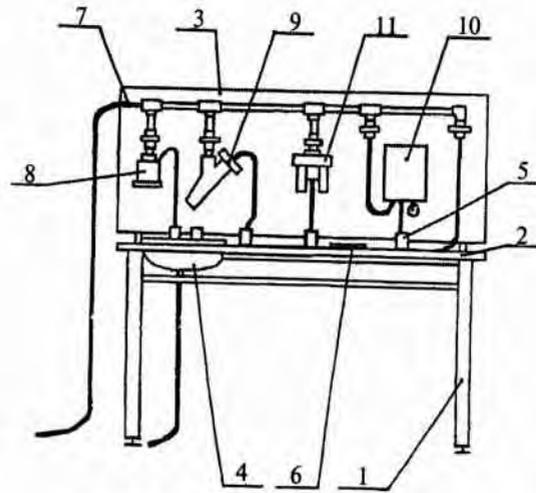


Рис. 9.6. Лабораторный стенд для определения эффективности методов водоочистки:  
1 — стол лабораторный; 2 — столешница; 3 — вертикальная панель; 4 — раковина сливная;  
5 — мерные стаканы; 6 — карманный измеритель соленосодержания (TDS-метр); 7 — гидросистема; 8 — водоочиститель «Аквафор В300»; 9 — водоочиститель «Гейзер-М»; 10 — водоочиститель «Изумруд»; 11 — водоочиститель «Аквафор»

Гидросистема 7 имеет основную водную магистраль и пять отводных каналов подвода воды. Гидросистема при помощи шланга высокого давления подключается к водопроводной системе лаборатории. На каждом из отводных каналов к водоочистителям различного типа установлены шаровые водозапорные краны.

Водоочистители подсоединены к четырём каналам подвода воды, а пятый канал предназначен для отбора проб неочищенной водопроводной воды.

#### 9.5. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. Подсоединить напорный шланг гидросистемы к водопроводной системе лаборатории, а шланг сливной раковины — к системе канализации помещения. Установить стаканы для отбора проб воды под выходные гибкие трубки водоочистителей.

2. Поставить под гибкую трубку пятого свободного отводного канала стакан вместимостью 0,25 л. Открыть полностью шаровой кран на этом канале. С помощью вентиля на водопроводе установить расход воды равный 0,5 л/мин. Расход воды устанавливается следующим образом: с помощью секундомера засечь время, за которое в стакан вытечет 0,2 л воды. Время заполнения указанного объёма стакана должно составлять 24 с. По окончании регулировки расхода воды конец гибкой трубки этого канала положить в сливную раковину.

3. Отобрать 150 мл неочищенной водопроводной воды в стакан вместимостью 0,25 л.

4. Полностью открыть шаровой кран на отводном канале, соединённом с фильтром «Аквафор В300», закрыть кран на свободном канале и произвести отбор 150 мл очищенной воды в стакан вместимостью 0,25 л. Закрыть кран на канале с фильтром и открыть кран на свободном канале.

5. С помощью карманного измерителя соленосодержания (TDS-метра) провести измерение содержания солей сначала в пробе очищенной воды, а затем в пробе неочищенной воды.

Определить эффективность очистки водопроводной воды по формуле

$$\Theta = (M - n) / M \cdot 100\%, \quad (9.1)$$

где  $M$  — концентрация солей в неочищенной воде, *ppm*;  
 $n$  — концентрация солей в очищенной воде, *ppm*.

6. Произвести действия на отводном канале, соединенном с фильтром «Гейзер-М», в соответствии с п.4. Провести измерение содержания солей в пробе очищенной воды и определить эффективность очистки водопроводной воды по формуле (9.1).

7. Произвести действия на отводном канале, соединенном с водоочистительной установкой «NIMBUS-3» в соответствии с п. 4. Провести измерение содержания солей в пробе очищенной воды и определить эффективность водоочистки по формуле (9.1).

8. Установить расход воды 1 л/мин, что соответствует заполнению стакана до отметки 0,2 л за 12 с. Полностью открыть шаровой кран на отводном канале, соединенном с водоочистительной установкой «Изумруд», и закрыть кран на свободном канале. Включить установку — загорится контрольная лампа. Произвести отбор 150 мл очищенной воды в стакан 0,25 л. Выключить установку, закрыть кран на канале с установкой и открыть кран на свободном канале. Провести измерение содержания солей в пробе очищенной воды. Определить эффективность очистки водопроводной воды по формуле (9.1).

9. Повторить действия в соответствии с требованиями, изложенными в пп. 4+8, при других расходах очищаемой воды (задаются преподавателем).

10. Результаты исследования процессов водоочистки различными методами заносятся в таблицу экспериментальных данных (табл. 9.2).

11. После проведения лабораторной работы закрыть вентиль на водопроводе и все шаровые краны на стенде. Отключить водоочиститель «Изумруд» от электрической сети. Все пробы воды слить из стаканов в раковину.

## 9.6. ОСНОВНЫЕ МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ

1. К работе на стенде допускаются лица, ознакомленные с его устройством, принципом действия и мерами безопасности в соответствии с требованиями, приведенными в настоящем разделе.

2. При очистке воды конкретным водоочистителем запрещается устанавливать расход воды, превышающий значение, указанное в его паспорте.

3. Запрещается включать электропитание водоочистительной установки «Изумруд» без предварительной подачи в неё воды.

4. Все водозапорные краны стенда необходимо открывать плавно, в противном случае из-за наличия давления в гидросистеме возможны механические повреждения водоочистителей.

5. При появлении протечек воды в гидросистеме следует прекратить проведение лабораторной работы до устранения неисправности.

## 9.7. ОТЧЁТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

Результаты исследования различных процессов водоочистки (табл. 9.2) анализируются с целью выявления наиболее эффективного метода и оптимальных условий его осуществления.

Таблица 9.2

Результаты исследования эффективности процессов водоочистки

№ п/п	Метод очистки	Расход воды, л/мин	Солесодержание воды, мг/л (ppm)		Эффективность водоочистки, %
			До очистки	После очистки	
1					
2					

Результаты проведенного анализа отражаются в обязательных выводах по лабораторной работе.

#### Литература

1. Кульский Л. А., Строкач П. П. Технология очистки природных вод. — Киев: Вища шк. Головное изд-во, 1981. — 328 с.
2. Яковлев С. В. и др. Очистка производственных сточных вод. — М: Стройиздат, 1979. — 320 с.
3. Линевиц С. Н., Фесенко Л. Н., Сергиенко С. И. Теоретические основы и лабораторный практикум по кондиционированию воды. — Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2001. — 108 с.
4. Кузьмин П. В., Переездчиков И. В. Исследование методов очистки воды: Методические указания к лабораторной работе по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» // Безопасность жизнедеятельности. — 2005. — № 4. — С. 16–19.
5. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования: Гигиенические нормативы (ГН 2.1.5.1315-03). — М.: Российский регистр потенциально опасных химических и биологических веществ Минздрава России, 2003. — 126 с.

#### Контрольные вопросы

1. Для каких параметров воды установлены нормативные значения?
2. Какие существуют методы очистки воды?
3. Что такое жёсткость воды?
4. Каков принцип сорбционной очистки воды?
5. Какие фильтрующие материалы обычно применяют в сорбционной очистке?
6. Каков принцип метода ионообменной очистки воды?
7. Что такое иониты?
8. Какие фильтрующие материалы применяют в ионообменном методе очистки воды?
9. Какими уравнениями описывается процесс ионного обмена?

10. Каков принцип электрохимического метода очистки воды?
11. Что такое обратный осмос?
12. Какую функцию в процессе очистки методом обратного осмоса выполняет полупроницаемая мембрана?
13. Каким образом рассчитывается эффективность водоочистки?
14. Какой принцип действия карманного измерителя соленосодержания воды (*TDS-метра*)?
15. Какой порядок измерения соленосодержания воды *TDS-метром*?

#### Лабораторная работа № 10

#### ЗАЩИТА ОТ СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

*Цель работы:* изучить принципы нормирования воздействия электромагнитных полей на человека и способы защиты от воздействия электромагнитных полей СВЧ-диапазона.

#### 10.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Электромагнитное поле (ЭМП) складывается из электрического поля (ЭП), обусловленного напряжением на токоведущих частях электроустановок, и магнитного (МП), возникающего при прохождении тока по этим частям. Электромагнитное поле обладает определенной энергией и распространяется в виде электромагнитных волн. Основными параметрами электромагнитных колебаний являются: длина волны, частота колебаний и скорость их распространения. В зависимости от частоты колебаний (длины волн) электромагнитные излучения разделяют на ряд диапазонов, приведенных в табл. 10.1.

Вокруг источника излучения выделяют три зоны: ближняя — зона индукции, промежуточная — зона интерференции и дальняя — волновая зона. Границы зон определяются следующими расстояниями  $R$ :

- ♦ зона индукции —  $R < \frac{\lambda}{2\pi}$ ;
- ♦ зона интерференции —  $\frac{\lambda}{2\pi} < R < 2\pi\lambda$ ;
- ♦ зона волновая —  $R > 2\pi\lambda$ , где  $\lambda$  — длина волны.

Таблица 10.1

Диапазон длин волн электромагнитных излучений

Название диапазона	Длина волны	Диапазон частот	Частота	По международному регламенту	
				Название диапазона частот	Номер
Длинные волны (ДВ)	10 1 км	Высокие частоты (ВЧ)	от 3 до 300 кГц	Низкие (НЧ)	5
Средние волны (СВ)	1 км–100 м	То же	от 0,3 до 3 МГц	Средние (СЧ)	6
Короткие волны (КВ)	100 1 м	То же	от 0,3 до 30 МГц	Высокие (ВЧ)	7
Ультракороткие волны (УКВ)	10 1 м	Высокие частоты (УВЧ)	от 30 до 300 МГц	Очень высокие (ОВЧ)	8
Микроволны: дециметровые (дм); сантиметровые (см); миллиметровые (мм);	1 м–10 см	Сверхвысокие частоты (СВЧ)	от 0,3 до 3 ГГц	Ультравысокие (УВЧ)	9
	10 1 см		от 3 до 30 ГГц	Сверхвысокие (СВЧ)	10
	1 см–1мм		от 30 до 300 ГГц	Крайневысокие (КВЧ)	

В зоне индукции работающие подвергаются воздействию различных по величине электрических и магнитных полей, поэтому их интенсивность оценивается отдельно величинами напряженности поля по электрической (В/м) и магнитной (А/м) составляющим. В зоне индукции человек может находиться при работе с источниками НЧ, СЧ и, в известной степени, ВЧ- и СВЧ-диапазонов.

Работающие с источниками УВЧ-, СВЧ- и КВЧ-диапазонов находятся в волновой зоне. Интенсивность поля оценивается величиной

плотности потока энергии (ППЭ), т. е. количеством энергии, падающей на единицу площади поверхности. ППЭ выражается в Вт/м<sup>2</sup> или в производных единицах мВт/м<sup>2</sup>, мкВт/см<sup>2</sup>.

Санитарно-эпидемиологические требования к условиям производственных воздействий ЭМП установлены СанПиН 2.2.4.1197-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях» и направлены на обеспечение защиты персонала, профессионально связанного с эксплуатацией и обслуживанием источников ЭМП.

В соответствии с СанПиН 2.2.4.1197-03 оценка воздействия ЭМП промышленной частоты (50 Гц) осуществляется отдельно по напряженности электрического поля (Е) в кВ/м, напряженности магнитного поля (Н) в А/м. Нормирование электромагнитных полей 50 Гц на рабочих местах персонала дифференцировано в зависимости от времени пребывания в электрическом поле.

Предельно допустимый уровень напряженности ЭП на рабочих местах в течение всей смены равен 5 кВ/м. При напряженности электрического поля в интервале от 5 до 20 кВ/м включительно допустимое время пребывания в поле Т, ч, рассчитывается по формуле

$$T = \left( \frac{50}{E} \right)^{-2},$$

где E — напряженность ЭП в контролируемой точке, кВ/м.

При напряженности поля свыше 20 до 25 кВ/м включительно допустимое время пребывания в ЭП составляет 10 мин. Пребывание в электрическом поле с напряженностью > 25 кВ/м без применения средств защиты не допускается.

Оценка и нормирование электромагнитных полей диапазона частот 10–30 кГц осуществляется по напряженности электрического (Е), в В/м, и магнитного (Н), в А/м, полей в зависимости от времени воздействия. ПДУ напряженности электрического и магнитных полей при воздействии в течение всей смены составляет 500 В/м и 50 А/м соответственно. При продолжительности воздействия ЭМП до двух часов ПДУ напряженности электрического и магнитного полей составляет 1000 В/м и 100 А/м соответственно.

Оценка и нормирование ЭМП диапазона частот 30 кГц — 300 ГГц осуществляется по величине энергетической экспозиции, которая рассчитывается по формулам:

в диапазоне частот 30 кГц — 300 МГц:

$$\text{ЭЭ}_E = E^2 \cdot T, (\text{В/м})^2 \cdot \text{ч},$$

$$\text{ЭЭ}_H = H^2 \cdot T, (\text{А/м})^2 \cdot \text{ч}$$

в диапазоне частот 300 МГц — 300 ГГц:

$$\text{ЭЭ}_{\text{ППЭ}} = \text{ППЭ} \cdot T, (\text{мкВт/см}^2) \cdot \text{ч},$$

- где E — напряженность электрического поля (В/м);  
 H — напряженность магнитного поля (А/м);  
 ППЭ — плотность потока энергии (мкВт/см<sup>2</sup>);  
 T — время воздействия за смену (ч).

Предельно допустимые уровни энергетических экспозиций на рабочих местах за смену представлены в табл. 10.2.

Таблица 10.2

ПДУ энергетических экспозиций ЭМП диапазона частот > 30 кГц — 300 ГГц

Параметр, единицы измерения	ЭЭ <sub>пду</sub> в диапазонах частот (МГц)				
	0,03 3,0	>3,0 30, 0	> 30,0 50,0	> 50,0 300,0	> 300,0 3 00000,0
ЭЭ <sub>E</sub> (В/м) <sup>2</sup> ·ч	20000	7000	800	800	
ЭЭ <sub>H</sub> (А/м) <sup>2</sup> ·ч	200		0,72		
ЭЭ <sub>ППЭ</sub> (мкВт·ч)					200

Максимально допустимые уровни напряженности электрического и магнитного полей, плотности потока энергии ЭМП приведены в табл. 10.3.

Биологических эффект воздействия ЭМП зависит от диапазона частот, интенсивности, продолжительности, режима (непрерывный, прерывистый, импульсно-модулированный) и характера

облучения, а также от площади облучаемой поверхности и анатомического строения органа или ткани.

Таблица 10.3

ПДУ напряженности и плотности потока энергии ЭМП диапазона частот > 30 кГц — 300 ГГц

Параметр, единицы измерения	Максимально допустимые уровни в диапазонах частот (МГц)				
	0,03 3,0	>3,0 30, 0	> 30,0 50,0	> 50,0 300,0	> 300,0 300000,0
E, В/м	500	300	80	80	
H, А/м	60		3,0		1000
ППЭ, мкВт/см <sup>2</sup>					5000*

Примечание: \* — для условий локального облучения кистей рук.

Общим в характере биологического воздействия является тепловой эффект, который выражается либо в интегральном повышении температуры тела, либо в избирательном нагреве отдельных частей. Причем, органы и ткани, недостаточно снабженные кровеносными сосудами (мозг, хрусталик глаза, кишечник, семенники и др.), более чувствительны к такому нагреву. Так, при облучении глазной жидкости в течение 1 часа микроволновым излучением интенсивностью 0,1 Вт/см<sup>2</sup> она нагревается до температуры 43,5 °С с образованием катаракты через неделю.

Тепловая энергия, возникшая в тканях человека, увеличивает общее тепловыделение тела. Если механизм терморегуляции не способен рассеять избыточное тепло, возможно повышение температуры всего тела. Это происходит при интенсивности поля выше 100 Вт/м<sup>2</sup>, которая называется тепловым порогом.

Влияние ЭМП высоких и особенно СВЧ-диапазонов на живой организм обнаруживается и при интенсивностях ниже теплового порога, т. е. возможно их нетепловое воздействие, которое является результатом микропроцессов, происходящих под действием полей. Отрицательное воздействие ЭМП вызывает обратимые, а также необратимые изменения в организме: торможение рефлексов, понижение кровяного давления (гипотония), замедление сокращения

сердца, изменение состава крови в сторону увеличения числа лейкоцитов и уменьшения эритроцитов. Нарушение гормонального равновесия при наличии СВЧ-фона на производстве следует рассматривать как противопоказания для профессиональной деятельности, связанной с напряженностью труда и частыми стрессовыми ситуациями.

Опасность воздействия ЭМП усугубляется трудностью обнаружения этого фактора, так как воздействие ЭМП не обнаруживается органами чувств человека. Важно также то обстоятельство, что ЭМП присущ кумулятивный эффект, т. е. негативные реакции возникают в результате суммирования относительно безопасных уровней воздействия.

Защитные меры от воздействия ЭМП включают ограничение времени работы с источником ЭМП, применение защитного экранирования, дистанционного управления устройствами, излучающими ЭМ волны, применение средств индивидуальной защиты.

Наиболее эффективным и часто применяемым методом защиты от ЭМП полей является экранирование самого источника или рабочего места. Защитные экраны делятся на отражающие и поглощающие излучение. К первому типу относятся сплошные металлические экраны, экраны из металлической сетки, из металлизированной ткани. Ко второму типу относятся экраны из радиопоглощающих материалов. Формы и размеры экранов разнообразны и соответствуют условиям применения.

Толщину экрана  $\delta$  можно определить из формулы

$$\delta = \frac{L}{15,4 \cdot \sqrt{f \cdot \mu_a \cdot \sigma}}$$

где  $f$  — частота ЭМИ, Гц;

$\mu_a$  — магнитная проницаемость материала экрана, Гн/м,

$$\mu_a = \mu_r \cdot \mu_0,$$

где  $\mu_r$  — относительная магнитная проницаемость материала экрана;

$\mu_0$  — магнитная постоянная, равна 12,56 Гн/м;

$\sigma$  — удельная проводимость материала экрана, Ом/м;  
 $L$  — требуемый коэффициент ослабления экрана, дБ.  
 Значение  $L$  определяется из формул:

$$L = 20 \lg \frac{E}{E_{\text{пду}}}; \quad L = 20 \lg \frac{H}{H_{\text{пду}}}; \quad L = 10 \lg \frac{S}{S_{\text{пду}}},$$

где  $E, H, S$  — значения напряженности электрического (В/м) и магнитного (А/м) полей соответственно, а также плотности потока энергии (мВт/см<sup>2</sup>) при отсутствии экрана;

$E_{\text{пду}}, H_{\text{пду}}, S_{\text{пду}}$  — допустимые значения тех же величин.

В табл. 10.4 приведены значения электрических характеристик некоторых металлов.

Таблица 10.4

Значения электрических характеристик некоторых металлов

Металл	Удельная проводимость $\sigma$ , Ом/м	Относительная магнитная проницаемость $\mu_r$
Алюминий	$3,3 \cdot 10^7$	1
Сталь 1	$10^7$	100
Сталь 2	$10^7$	200
Медь	$5,7 \cdot 10^7$	1
Латунь	$1,7 \cdot 10^7$	1

### 10.3. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

Внешний вид стенда представлен на рис. 10.1.

Стенд представляет собой стол, выполненный в виде сварного каркаса со столешницей 1, под которой размещаются сменные экраны 2, используемые для изучения экранирующих свойств различных материалов. На столешнице 1 размещены СВЧ-печь 3 (источник излучения) и координатное устройство 4.

Координатное устройство 4 (рис. 10.2) регистрирует перемещение датчика 5 СВЧ-поля (см. рис. 10.1) по осям «X», «Y». Координата «Z»

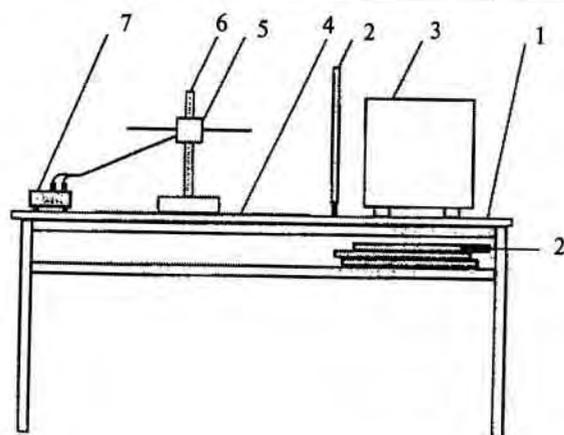


Рис. 10.1. Внешний вид лабораторного стенда

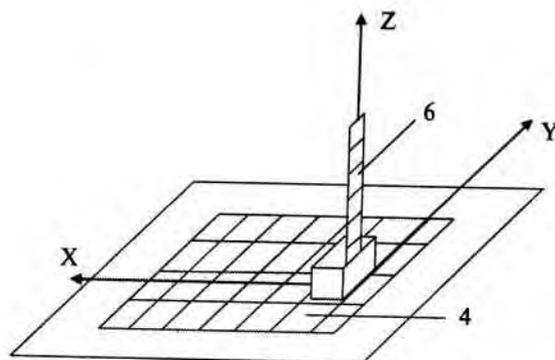


Рис. 10.2. Координатное устройство

определяется по шкале, нанесенной на измерительную стойку 6, по которой датчик 5 может свободно перемещаться. Это дает возможность исследовать распределение СВЧ-излучения в пространстве со стороны передней панели СВЧ-печи (элементы наиболее интенсивного излучения).

Технические характеристики стенда

1. Диапазон плотности потока электромагнитного излучения в изучаемой зоне СВЧ-печи, мкВт/см <sup>2</sup>	0...120
2. Соотношение показаний мультиметра М 3900 и измерителя плотности потока ПЗ-19:	1 мкА = 0,35 мкВт/см <sup>2</sup>
3. Значения перемещений датчика относительно СВЧ-печи, мм, не менее:	
по оси «X»	500
по оси «Y»	- 250
по оси «Z»	300
4. Мощность СВЧ-печи, Вт, не более	800
5. Количество сменных защитных экранов	5
6. Размеры экранов, мм	(330 - 5) × (500 - 5)
7. Потребляемая мощность, В · А, не более:	1200
8. Цена деления шкал по осям X, Y, Z, мм	10 - 1
9. Габаритные размеры стенда, мм, не более:	
длина	1200
ширина	650
высота	1200
10. Масса стенда, кг, не более	40
11. Электропитание стенда осуществляется от сети переменного тока напряжением, В	220 - 22
частотой, Гц	50 - 0,4
12. Режим работы СВЧ-печи:	
продолжительность работы, мин, не более	5
продолжительность перерыва между рабочими циклами, с, не менее	30
уровень мощности	100 %

Датчик 5 (см. рис. 10.1) выполнен в виде полуволнового вибратора, рассчитанного на частоту 2,45 ГГц и состоящего из диэлектрического корпуса, вибраторов и СВЧ-диода.

Координатное устройство 4 выполнено в виде планшета, на который нанесена координатная сетка. Планшет приклеен непосредственно к столешнице 1. Стойка 6 изготовлена из диэлектрического материала (органического стекла), чтобы исключить искажение распределения СВЧ-поля.

В качестве нагрузки в СВЧ-печи используется строительный красный кирпич, устанавливаемый на неподвижную подставку, в качестве которой используется неглубокая фаянсовая тарелка, обеспечивающая стабильность измеряемого сигнала.

Сигнал с датчика 5 поступает на мультиметр 7, размещенный на свободной части столешницы 1 (за пределами координатной сетки).

На столешнице 1 имеются гнезда для установки сменных защитных экранов 2, выполненных из следующих материалов:

- ◆ сетка из оцинкованной стали с ячейками 50 мм;
- ◆ сетка из оцинкованной стали с ячейками 10 мм;
- ◆ лист алюминиевый;
- ◆ полистирол;
- ◆ резина.

#### 10.4. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. К работе допускаются студенты, ознакомленные с устройством лабораторного стенда, принципом действия и мерами безопасности при проведении лабораторной работы.

2. Запрещается работать с открытой дверцей СВЧ-печи.

3. Запрещается самостоятельно регулировать или ремонтировать дверь, панель управления, выключатели системы блокировки или какие-либо другие части печи. Ремонт должен производиться только специалистами.

4. Не допускается включение и работа печи без нагрузки. Рекомендуется в перерывах между рабочими циклами оставлять в печи кирпич. При случайном включении печи кирпич будет выполнять роль нагрузки.

#### 10.5. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

**Задание 1. Определить зоны наиболее интенсивного излучения в пространстве со стороны передней панели СВЧ-печи**

1. Подключить СВЧ-печь к сети переменного тока.
2. В печь на подставку (перевернутая тарелка) положить кирпич.

3. Установить режим работы печи в соответствии с паспортом на конкретную СВЧ-печь.

Для СВЧ-печи «Плутон» ее включение в рабочий режим осуществляется в следующей последовательности: открыть дверцу нажатием прямоугольной клавиши в нижней части лицевой панели; установить ручку «мощность» в крайнее правое положение; установить ручку «время» в положение 5 мин; плотно закрыть дверцу.

4. Разместить датчик на отметке 0 по оси  $X$  координатной системы.

Перемещая датчик по оси  $Y$  координатной системы и оси  $Z$  (по стойке с шагом 5 см), определить зоны наиболее интенсивного излучения и с помощью мультиметра зафиксировать их численные значения. Данные замеров занести в табл. 10.5.

Разместить стойку с датчиком в зоне наиболее интенсивного излучения и, перемещая стойку по координате  $X$  (удаляя ее от печи до отметки 50 см), снять показания мультиметра дискретно с шагом 5 см. Показания занести в табл. 10.6. Построить график зависимости изменения интенсивности поля по мере удаления от печи.

Таблица 10.5

Номер измерения	Значение $Y$ , см	Значение $Z$ , см	Интенсивность излучения (показания мультиметра), мкВт/см <sup>2</sup>
1			
2			
...			
$n$			

Таблица 10.6

Номер измерения	Значение $X$ , см	Интенсивность излучения (показания мультиметра), мкВт/см <sup>2</sup>
1		
2		
...		
$n$		

**Задание 2. Определить эффективность экранирования для каждого экрана**

1. Разместить датчик в точке наиболее интенсивного СВЧ-излучения. Зафиксировать показания мультиметра.

2. Поочередно устанавливая защитные экраны и фиксировать показания мультиметра.

3. Определить коэффициент ослабления ЭМП (дБ) для каждого экрана по формуле

$$L = 10 \lg \frac{S}{S_2}$$

где  $S$  — фактическое значение плотности потока энергии, мкВт/см<sup>2</sup> при отсутствии экрана;

$S_2$  — плотность потока энергии (показание мультиметра, мкВт/см<sup>2</sup>) при наличии экрана;

Результаты расчета занести в табл. 10.7.

Таблица 10.7

Материал защитного экрана	Коэффициент ослабления ЭМП, дБ
1	
2	
3	

4. Построить диаграмму эффективности экранирования защитными экранами из различных материалов.

5. Выполнить расчет толщины экрана для защиты от СВЧ-излучений. При расчете принять  $f = 2,45$  ГГц. Исходное значение плотности потока энергии и материал для изготовления экрана задается преподавателем.

## 10.6. ОТЧЕТ О ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

Отчет о лабораторной работе должен содержать:

1. Цель работы.

2. Общие сведения.
3. Схема стенда.
4. Используемые приборы.
5. Результаты измерений.
6. График изменения интенсивности ЭМИ по мере удаления от печи и диаграмму эффективности экранирования защитными экранами из различных материалов.
7. Расчет толщины экрана.
8. Выводы.

### Литература

1. СанПиН 2.2.4.1191-03. Электромагнитные поля в производственных условиях.
2. ГОСТ 12.1.006-84. ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.
3. Денисенко Г. В. Охрана труда. — М.: Высш. шк., 1985. — 319 с.
4. Охрана труда в радио- и электронной промышленности / Под ред. С. Ш. Павлова. — М.: Энергия, 1986.
5. Поленов А. Н. Защита от сверхвысокочастотного излучения. Методические указания к лабораторной работе по курсу «Безопасность жизнедеятельности». — М.: ОАО «ИнТОС», 2002.

### Контрольные вопросы

1. Каковы источники электромагнитных полей в производственных условиях?
2. Какими параметрами характеризуются электромагнитные поля?
3. На какие диапазоны частот (длин волн) подразделяются электромагнитные излучения?
4. В чем состоит особенность негативного воздействия электромагнитных полей на человека?
5. В чем особенность негативного воздействия электромагнитных полей СВЧ-диапазона?
6. Назовите нормируемые характеристики электромагнитных полей промышленной частоты 50 Гц.

7. По каким характеристикам осуществляется нормирование воздействия электромагнитных полей в диапазонах частот: 10–30 кГц; 30 кГц — 300 ГГц?

8. В каких нормативных документах изложены гигиенические нормативы воздействия электромагнитных полей на человека?

9. Как рассчитать энергетическую экспозицию в диапазоне частот:  $\geq 30$  кГц — 300 МГц,  $\geq 300$  МГц — 300 ГГц?

10. Какие методы защиты от воздействия электромагнитных излучений применяют в производственных условиях?

11. Как рассчитать толщину защитного экрана от воздействия электромагнитных излучений?

12. Какие материалы используются для изготовления защитных экранов от воздействия электромагнитных излучений?

13. Как определяется эффективность экранирования электромагнитных излучений?

14. Каков порядок измерения параметров ЭМИ мультиметром?

15. Каков порядок гигиенической оценки воздействия электромагнитного поля СВЧ-диапазона?

### Лабораторная работа № 11 ЗАЩИТА ОТ ТЕПЛОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

*Цель работы* — ознакомить студентов с принципами нормирования теплового облучения, с методами измерения количества тепла, излучаемого от нагретых поверхностей, с условиями применения и оценкой эффективности средств защиты от теплового излучения.

#### 11.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Тепловое излучение (инфракрасные лучи) является одним из видов электромагнитного излучения. Эти излучения имеют место

в естественных условиях или создаются искусственно. При этом излучения искусственного происхождения могут иметь очень большие интенсивности. Если к интенсивностям естественных излучений организм человека приспособился в процессе эволюции, то высокие мощности источников искусственных излучений, как правило, оказывают на него вредное, а часто и пагубное воздействие. Изучение действия на человека излучения различных длин волн (различной частоты) необходимо для создания нормальных условий деятельности работающего, т. е. обеспечения защиты человека.

Современная техника широко использует электрические колебания для различных целей в зависимости от диапазона частот:

10 Гц — используется в автоматике, для разнообразных испытаний и в других областях техники;

10–10<sup>4</sup> Гц — электрические колебания представляют собой промышленные токи, применяемые в технике;

10<sup>5</sup>–10<sup>11</sup> — область радиочастот длинных, средних, коротких, сверхкоротких;

10<sup>13</sup>–10<sup>14</sup> — граница, отделяющая колебания, совершаемые большими массами вещества, как одного целого, от механических колебаний, которые совершают молекулы и атомы. Эти колебания сопровождаются излучением инфракрасных тепловых лучей.

Коротковолновые инфракрасные лучи появляются в результате внутриатомных процессов, при переходе электронов с более удаленной от ядра оболочки на оболочки, более близкие к ядру.

Электроны наружных оболочек отдают эту излишнюю энергию в виде инфракрасного и светового излучений, электроны, находящиеся ближе к ядру, — в виде ультрафиолетовых и рентгеновских лучей.

Ядерные процессы, вследствие которых происходит переход электронов с одной оболочки на другую, сопровождаются выбрасыванием из ядра атома  $\alpha$ - и  $\beta$ -частиц (ядер гелия и электронов) и излучением  $\gamma$ -лучей.  $\gamma$ -излучения — это электромагнитные излучения с частотой 10<sup>21</sup> Гц.

Космические лучи — поток электромагнитных частиц, несущихся в космическом пространстве с огромными скоростями. Частоты таких излучений имеют порядок 10<sup>22</sup>–10<sup>26</sup> Гц.

Энергия электромагнитной волны определяется только частотой, так как скорость движения волны постоянна.

Электромагнитные излучения оказывают вредное воздействие на человека. Степень воздействия зависит от длины волны и интенсивности излучения.

Лучистый теплообмен между телами представляет собой процесс распространения внутренней энергии, которая излучается в виде электромагнитных волн в видимой и инфракрасной (ИК) областях спектра. Длина волны видимого излучения — от 0,38 до 0,77 мкм, инфракрасного — более 0,77 мкм. Такое излучение называется *тепловым* или *лучистым*.

Воздух прозрачен (диатермичен) для теплового излучения, поэтому при прохождении лучистого тепла через воздух температура его не повышается. Тепловые лучи поглощаются предметами, нагревают их и они становятся излучателями тепла. Воздух, соприкасаясь с нагретыми телами, также нагревается и температура воздушной среды в производственных помещениях возрастает.

Интенсивность теплового излучения может быть определена по формуле

$$Q = 0,78F \cdot \left[ (T^\circ/100)^4 - 110 \right] / I^2, \quad (11.1)$$

где  $Q$  — интенсивность теплового излучения, Вт/м<sup>2</sup>;

$F$  — площадь излучающей поверхности, м<sup>2</sup>;

$T^\circ$  — температура излучающей поверхности, К;

$I$  — расстояние от излучающей поверхности, м.

Из формулы (11.1) следует, что количество лучистого тепла, поглощаемого телом человека, зависит от температуры источника излучения, площади излучающей поверхности и квадрата расстояния между излучающей поверхностью и телом человека.

Тепловой обмен организма человека с окружающей средой заключается во взаимосвязи между образованием тепла (термогенезом) в результате жизнедеятельности организма и отдачей им этого тепла во внешнюю среду. Отдача тепла осуществляется, в основном, тремя способами: конвекцией, излучением и испарением.

Передача тепла ИК-излучением является наиболее эффективным способом теплоотдачи и составляет в комфортных метеоусловиях 44–59 % общей теплоотдачи. Тело человека излучает в диапазоне длин волн от 5 до 25 мкм с максимумом энергии на длине волны 9,4 мкм.

В производственных условиях, когда работающий окружен предметами, имеющими температуру, отличную от температуры тела человека, соотношение способов теплоотдачи может существенно изменяться. Отдача человеческим телом тепла во внешнюю среду возможна лишь тогда, когда температура окружающих предметов ниже температуры тела человека. В обратном случае направление потока лучистой энергии меняется на противоположное, и уже тело человека будет получать извне дополнительную тепловую энергию. Воздействие ИК-лучей приводит к перегреву организма и тем быстрее, чем больше мощность излучения, выше температура и влажность воздуха в рабочем помещении, выше интенсивность выполняемой работы.

ИК-излучение, помимо усиления теплового воздействия окружающей среды на организм работающего, обладает специфическим влиянием. С гигиенической точки зрения важной особенностью ИК-излучения является его способность проникать в живую ткань на разную глубину.

Лучи длинноволнового диапазона ИК-излучения (область В от 1,4 до 30 мкм и область С более 3,0 мкм) задерживаются в поверхностных слоях кожи уже на глубине 0,1–0,2 мм. Поэтому их физиологическое воздействие на организм проявляется, главным образом, в повышении температуры кожи и перегреве организма.

Лучи коротковолнового диапазона от 0,78 до 1,4 мкм (область А) обладают способностью проникать в ткани человеческого организма на несколько сантиметров. Такое ИК-излучение легко проникает через кожу и черепную коробку в мозговую ткань и может воздействовать на клетки головного мозга, вызывая его тяжелые поражения. В частности, ИК-излучение может привести к возникновению специфического заболевания — теплового удара, проявляющегося в головной боли, головокружении, учащении пульса,

ускорении дыхания, падении сердечной деятельности, потере сознания и др.

При облучении коротковолновыми ИК-лучами наблюдается повышение температуры легких, почек, мышц и других органов. В крови, лимфе, спинно-мозговой жидкости появляются специфические биологически активные вещества, наблюдаются нарушения обменных процессов, изменяется функциональное состояние центральной нервной системы.

Интенсивность теплового облучения человека регламентируется исходя из субъективного ощущения человеком энергии облучения. Согласно ГОСТ 12.1.005-96 и СанПиН 2.2.4.548-96 интенсивность теплового облучения работающих от нагретых поверхностей технологического оборудования, осветительных приборов не должна превышать: 35 Вт/м<sup>2</sup> при облучении 50 % и более поверхности тела; 70 Вт/м<sup>2</sup> при облучении от 25 до 50 % поверхности тела; 100 Вт/м<sup>2</sup> — при облучении не более 25 % поверхности тела. От открытых источников (нагретые металлы и стекло, открытое пламя) интенсивность теплового облучения не должна превышать 140 Вт/м<sup>2</sup> при облучении не более 25 % поверхности тела и обязательном использовании средств индивидуальной защиты, в том числе средств защиты лица и глаз.

Нормы ограничивают также температуру нагретых поверхностей оборудования в рабочей зоне, которая не должна превышать 45 °С, а для оборудования, внутри которого температура близка к 100 °С, температура его поверхности должна быть не выше 35 °С.

Если параметры микроклимата не соответствуют нормативным требованиям, то существенно затрудняется гигиеническая оценка степени их отклонений от нормативов, поскольку имеет место сочетанное действие, когда изменение одного параметра микроклимата может компенсировать (или усиливать) изменение другого. В этих ситуациях можно оценить параметры нагревающего микроклимата, используя интегральный показатель ТНС-индекс (индекс тепловой нагрузки среды) (табл. 11.1).

Индекс тепловой нагрузки среды (ТНС-индекс) является эмпирическим показателем, характеризующим сочетанное действие на

организм человека параметров микроклимата (температуры, влажности, скорости движения воздуха и теплового облучения).

Таблица 11.1

Рекомендуемые величины интегрального показателя тепловой нагрузки среды (ТНС-индекса) для профилактики перегревания организма

Категория работ по уровню энергозатрат, Дж/с	Величины интегрального показателя, °С
Ia (до 139)	22,2 26,4
Iб (140–174)	21,5 25,8
IIa (175–232)	20,5 25,1
IIб (233–290)	19,5 23,9
III (более 290)	18,0 21,8

ТНС-индекс определяется на основе величин температуры смоченного термометра аспирационного психрометра ( $t_{м.}$ ) и температуры внутри зачерненного шара ( $t_{ш.}$ )

Температура внутри зачерненного шара измеряется термометром, резервуар которого помещен в центр зачерненного полого шара;  $t_{ш.}$  отражает влияние температуры воздуха, температуры поверхности и подвижности воздуха. Зачерненный шар должен иметь диаметр 90 мм, минимально возможную толщину и коэффициент поглощения 0,95. Точность измерения температуры внутри шара  $\pm 0,5$  °С.

ТНС-индекс рассчитывается по уравнению

$$\text{ТНС} = 0,7 \cdot t_{м.} + 0,3 \cdot t_{ш.}$$

ТНС-индекс рекомендуется использовать для интегральной оценки тепловой нагрузки среды на рабочих местах, на которых скорость движения воздуха не превышает 0,6 м/с, а интенсивность теплового облучения — 1200 Вт/м<sup>2</sup>.

Метод измерения и контроля ТНС-индекса аналогичен методу измерения и контроля температуры воздуха.

Значения ТНС-индекса не должны выходить за пределы величин, рекомендуемых в табл. 11.1.

В производственных условиях не всегда возможно выполнить нормативные требования. В этом случае должны быть предусмотрены мероприятия по защите работающих от возможного перегрева: дистанционное управление ходом технологического процесса; воздушное или водо-воздушное душирование рабочих мест; устройство специально оборудованных комнат, кабин или рабочих мест для кратковременного отдыха с подачей в них кондиционированного воздуха; использование защитных экранов, водяных и воздушных завес; применение средств индивидуальной защиты; спецодежды, спецобуви и др.

Одним из самых распространенных способов борьбы с тепловым излучением является экранирование излучающих поверхностей. Различают экраны трех типов: *непрозрачные*, *прозрачные* и *полупрозрачные*.

В *непрозрачных* экранах поглощаемая энергия электромагнитных колебаний, взаимодействуя с веществом экрана, превращается в тепловую энергию. При этом экран нагревается и, как всякое нагретое тело, становится источником теплового излучения. При этом излучение поверхностью экрана, противоположащей экранируемому источнику, условно рассматривается как пропущенное излучение источника. К непрозрачным экранам относятся, например, металлические (в т.ч. алюминиевые), альфоловые (алюминиевая фольга), футерованные (пенобетон, пеностекло, керамзит, пемза), асбестовые и др.

В *прозрачных* экранах излучение, взаимодействуя с веществом экрана, минует стадию превращения в тепловую энергию и распространяется внутри экрана по законам геометрической оптики, что и обеспечивает видимость через экран. Так ведут себя экраны, выполненные из различных стекол: силикатного, кварцевого, органического, металлизированного, а также пленочные водяные завесы (свободные и стекающие по стеклу), вододисперсные завесы.

Полупрозрачные экраны объединяют в себе свойства прозрачных и непрозрачных экранов. К ним относятся металлические сет-

ки, цепные завесы, экраны из стекла, армированного металлической сеткой.

По принципу действия экраны подразделяются на *теплоотражающие*, *теплопоглощающие* и *теплоотводящие*. Однако это деление достаточно условно, так как каждый экран обладает одновременно способностью отражать, поглощать и отводить тепло. Отношение экрана к той или иной группе производится в зависимости от того, какая его способность выражена сильнее.

Теплоотражающие экраны имеют низкую степень черноты поверхностей, вследствие чего они значительную часть падающей на них лучистой энергии отражают в обратном направлении. В качестве теплоотражающих материалов в конструкции экранов широко используют альфоль, листовую алюминий, оцинкованную сталь, алюминиевую краску.

Теплопоглощающими называют экраны, выполненные из материалов с высоким термическим сопротивлением (малым коэффициентом теплопроводности). В качестве теплопоглощающих материалов применяют огнеупорный и теплоизоляционный кирпич, асбест, шлаковату.

В качестве теплоотводящих экранов наиболее широко используются водяные завесы, свободно падающие в виде пленки, орошающие другую экранирующую поверхность (например, металлическую), либо заключенные в специальный кожух из стекла (аквариальные экраны), металла (змеевики) и др.

Оценить эффективность защиты от теплового излучения с помощью экранов можно по формуле

$$\eta = \frac{Q - Q_2}{Q} \cdot 100 \%, \quad (11.2)$$

где  $Q$  — интенсивность теплового излучения без применения защиты, Вт/м<sup>2</sup>;

$Q_2$  — интенсивность теплового излучения с применением защиты, Вт/м<sup>2</sup>.

Местную приточную вентиляцию широко используют для создания требуемых параметров микроклимата в ограниченном объеме,

в частности, непосредственно на рабочем месте. Это достигается созданием воздушных оазисов, воздушных завес и воздушных душей.

*Воздушный оазис* создают в отдельных зонах рабочих помещений с высокой температурой. Для этого небольшую рабочую площадь закрывают легкими переносными перегородками высотой 2 м и в огороженное пространство подают прохладный воздух со скоростью 0,2–0,4 м/с.

*Воздушные завесы* создают для предупреждения проникновения в помещение наружного холодного воздуха путем подачи более теплого воздуха с большой скоростью (10–15 м/с) под некоторым углом навстречу холодному потоку.

*Воздушные души* применяют в горячих цехах на рабочих местах, находящихся под воздействием лучистого потока теплоты большой интенсивности (более 350 Вт/м<sup>2</sup>).

Поток воздуха, направленный непосредственно на рабочего, позволяет увеличить отвод тепла от его тела в окружающую среду. Выбор скорости потока воздуха зависит от тяжести выполняемой работы, а также от интенсивности облучения, но она не должна, как правило, превышать 5 м/с, так как в этом случае у рабочего возникают неприятные ощущения (например, шум в ушах). Эффективность воздушных душей возрастает при охлаждении направляемого на рабочее место воздуха или же при подмешивании к нему мелкораспыленной воды (водовоздушный душ).

## 11.2. ОПИСАНИЕ СТЕНДА

Внешний вид стенда представлен на рис. 11.1.

Стенд представляет собой стол со столешницей 1, на которой размещаются бытовой электрокамин 2, индикаторный блок 3, линейка 4, стойки 5 для установки сменных экранов 6, стойка 7 для установки измерительной головки 8 измерителя тепловых потоков.

Стол выполнен в виде металлического сварного каркаса со столешницей и полкой, на которой хранятся сменные экраны 6.

Бытовой электрокамин 2 используется в качестве источника теплового излучения.

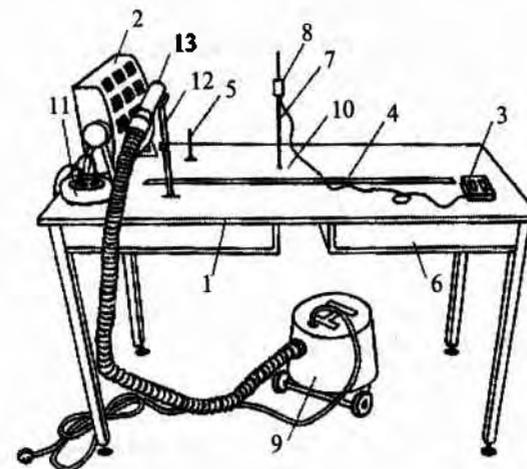


Рис. 11.1. Внешний вид стенда

Бытовой пылесос 9 используется для создания *вытяжной вентиляции, воздушного душа или воздушной завесы* и устанавливается под столом стенда.

Стойки 5 для установки сменных защитных экранов 6 обеспечивают их оперативную установку и замену.

Измерительная головка 8 с помощью винтов крепится к вертикальной стойке 7, которая закреплена на плоском основании 10. Вся эта конструкция может вручную перемещаться по столешнице вдоль линейки 4.

Стандартная металлическая линейка 4 предназначена для измерения расстояния от источника теплового излучения (электрокамина 2) до измерительной головки 8 и жестко закреплена на столешнице 1.

Сменные экраны 6 имеют один типоразмер. Металлические экраны выполнены в виде листов металла с направляющими. Экраны

с цепями и брезентом выполнены в виде металлических рамок, в которых закреплены стальные цепи или брезент.

На столешнице закреплен удлинитель 11 для подключения к сети переменного тока электрокамина 2 и пылесоса 9.

В комплект стенда входит также кронштейн 12 для фиксации шланга 13 пылесоса на одну из стоек 5, служащих для установки сменных экранов.

### 11.3. УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП РАБОТЫ ИПП-2М

Метод определения плотности теплового потока основан на измерении перепада температуры на «вспомогательной стенке» (пластине). Этот температурный перепад, пропорциональный в направлении теплового потока его плотности, преобразуется в электрический сигнал с помощью ленточной термопары, расположенной внутри пластинки. Ленточная термопара и «вспомогательная стенка» образуют преобразователь теплового потока. В качестве чувствительного элемента измерителя температуры используются термоэлектрические преобразователи (термопары), распределенные по площади пластины.

В качестве чувствительного элемента температурного зонда используется термопара.

Прибор состоит из АЦП (*автоматический цифровой преобразователь*) двойного интегрирования, светодиодного индикатора, преобразователя напряжения, стабилизатора напряжения, устройства контроля заряда элементов питания. Принцип работы АЦП заключается в измерении двух напряжений. Одно напряжение снимается с выхода усилителя, другое — с источника опорного напряжения. Затем они поочередно интегрируются АЦП и сравниваются между собой. Значение измеряемой величины выводится на  $3\frac{1}{2}$  разрядный светодиодный индикатор. Преобразователь напряжения и стабилизатор преобразуют напряжение батарей в напряжение питания прибора +5 и -5 В. В приборе предусмотрен визуальный контроль разряда батарей. Если напряжение батарей становится меньше 2,8 В, на светодиодном индикаторе загораются точки.

Питание прибора осуществляется от трех встроенных металлгидридных аккумуляторов 1,2 В каждый.

На передней панели прибора располагается светодиодный индикатор для отображения измеряемой величины. На правой боковой поверхности корпуса прибора располагается тумблер включения прибора и гнездо для зарядки аккумуляторов. На верхней части корпуса расположены два гнезда для подключения зондов (справа — зонд теплового потока, слева — температурный зонд). На левой боковой поверхности прибора располагается переключатель режима работы.

### 11.4. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. Включить прибор ИПП-2М, установив тумблер в положение ВКЛ. На индикаторе должны появиться показания.
2. Установить переключатель режима измерения в соответствующее положение.
3. Плотно прижать зонд теплового потока (или температурный зонд) к поверхности проверяемого участка, при этом для улучшения контакта зонда теплового потока с поверхностью желательно нанести на эту поверхность слой теплопроводящей пасты.
4. Дождавшись установления показаний, произвести считывание с цифрового дисплея значения измеряемой величины теплового потока (или температуры) в Вт/м<sup>2</sup> или °С.
5. Подключить стенд к сети переменного тока, а источник теплового излучения — к розетке пульта управления.
6. Включить источник теплового излучения (верхнюю часть) и измеритель теплового потока ИПП-2М (устройство и принцип действия см. п. 11.3).
7. Установить головку измерителя теплового потока в штативе таким образом, чтобы она была смещена относительно стойки на 100 мм. Вручную перемещать штатив вдоль линейки, устанавливая головку измерителя на различном расстоянии от источника теплового излучения, и определять интенсивность теплового излучения

в этих точках (интенсивность определять как среднее значение не менее 5 замеров). Данные замеров занести в таблицу. Построить график зависимости среднего значения интенсивности теплового излучения от расстояния.

8. Устанавливая различные защитные экраны, определить интенсивность теплового излучения на заданных расстояниях (п. 7). Оценить эффективность защитного действия экранов по формуле (11.2). Построить график зависимости среднего значения интенсивности теплового излучения от расстояния.

9. Установить защитный экран (по указанию преподавателя). Разместить над ним широкую щетку пылесоса. Включить пылесос в режиме отбора воздуха, имитируя устройство вытяжной вентиляции, и спустя 2–3 минуты (после установления теплового режима экрана) определить интенсивность теплового излучения на тех же расстояниях, что и в п. 3. Оценить эффективность комбинированной тепловой защиты по формуле (11.2). Построить график зависимости интенсивности теплового излучения от расстояния. По результатам измерений определить эффективность «вытяжной вентиляции» (количество уносимой пылесосом теплоты). Эту же эффективность определить, измеряя температуру теплозащитного экрана с помощью датчика температуры измерителя ИПП-2М в режиме с использованием «вытяжной вентиляции» и без неё.

10. Перевести пылесос в режим «воздуходувки» и включить его. Направляя поток воздуха на поверхность защитного экрана (режим «душирования»), повторить измерения в соответствии с п. 9. Сравнить результаты измерений пп. 9 и 10.

11. Закрепить шланг пылесоса на одной из стоек и включить пылесос в режиме «воздуходувки», направив поток воздуха почти перпендикулярно тепловому потоку (немного навстречу) — имитация «воздушной завесы». С помощью датчика температуры ИПП-2М измерить температуру воздуха в месте размещения тепловых экранов без воздушной завесы и с завесой. С помощью головки измерителя теплового потока убедиться в диатермичности воздуха, замеряя интенсивность теплового излучения без воздушной завесы и с завесой.

Составить отчет о работе.

## 11.5. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. К работе допускаются студенты, ознакомленные с устройством лабораторного стенда, принципом действия и мерами безопасности при проведении лабораторной работы.
2. Не рекомендуется включать электрокамин на полную мощность 1 кВт (включены оба выключателя) без использования теплозащитных экранов.
3. Запрещается прикасаться к электронагревательному элементу электрокамина.
4. После проведения лабораторной работы отключить электропитание стенда.

## 11.6. ОТЧЕТ О ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

В отчет по лабораторной работе должны быть включены:

1. Общие сведения.
2. Схема стенда.
3. Расчет эффективности защитного действия экранов.
4. Расчет эффективности вытяжной вентиляции.
5. Выводы.

### Литература

1. Денисенко Г. Ф. Охрана труда. — М.: Высш. шк., 1985. — 319с.
2. Макаров Г. В. Охрана труда в химической промышленности. — М.: Химия, 1989. — 496 с.
3. ГОСТ 12.4.123-83. «ССБТ. Средства защиты от инфракрасного излучения. Классификация. Общие технические требования». Госстандарт СССР, 1983.
4. ГОСТ 12.1.005-96. «ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования». Госстандарт РФ, 1996.
5. СанПин 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений», ГКСЭН РФ, 1996.
6. ГОСТ 12.4.146-89 «Одежда специальная для защиты от теплового излучения». Госстандарт РФ, 1989.

## Контрольные вопросы

1. Назовите границы (частота, длина волны) инфракрасных излучений.
2. Как классифицируются инфракрасные излучения по длине волны?
3. Каковы особенности воздействия на организм человека областей излучения А, В, С?
4. От каких факторов зависит тепловой эффект, воздействующий на работающих?
5. Какую интенсивность облучения может переносить человек неограниченное время?
6. Назовите предельно допустимую величину интенсивности облучения для человека.
7. Что такое ТНС-индекс и как рассчитывается его величина?
8. Назовите основные методы и средства защиты от инфракрасного излучения.
9. Как классифицируются теплозащитные экраны по принципу действия?
10. Обоснуйте необходимость применения непрозрачных, прозрачных и полупрозрачных экранов.
11. Как оценивается эффективность защиты от теплового излучения теплозащитными экранами?
12. Назовите приборы для определения интенсивности теплового излучения и температуры нагретой поверхности.

**Лабораторная работа № 12**  
**ИССЛЕДОВАНИЕ ОПАСНОСТИ ПОРАЖЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА**  
**ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ ПРИ ПРЯМОМ ВКЛЮЧЕНИИ**  
**В ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ЦЕПЬ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В**

*Цель работы:* Изучить опасность прямого прикосновения человека к фазным проводам электрических сетей напряжением до 1000 В

с различными режимами нейтралей в зависимости от активных сопротивлений изоляции и емкостей фазных проводов относительно земли при нормальных и аварийных состояниях двух типов (*IT* и *TN*) сетей; получить навыки исследования опасности поражения электрическим током.

### 12.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Все случаи поражения человека электрическим током, т. е. прохождения тока через человека, являются следствием его включения в электрическую цепь сети. Как правило, это прикосновение не менее чем к двум точкам электрической цепи, между которыми существует некоторое напряжение. Так как земля является проводником и всегда имеет электрическую связь с сетью электроснабжения, то между нею и различными точками электрической сети всегда существует разность потенциалов, т. е. напряжение [1]. Следовательно, человек, находящийся на земле, всегда касается одной из точек электрической цепи и, прикасаясь ко второй её точке, замыкает электрическую цепь, по которой протекает ток. Опасность такого прикосновения, оцениваемая *величиной тока, проходящего через тело человека  $I_t$* , зависит от ряда факторов:

- ♦ системы сети (*TN, IT*), т. е. режима ее нейтрали (заземленная или изолированная);
- ♦ схемы включения человека в электрическую цепь: прямого однополюсного включения, прямого двухполюсного (иногда говорят двухфазного);
- ♦ степени изоляции токоведущих частей от земли;
- ♦ емкости токоведущих частей относительно земли;
- ♦ напряжения сети;
- ♦ наличия и величины тока замыкания на землю;
- ♦ наличия в сети той или иной меры защиты (защитного зануления, защитного заземления, устройства защитного отключения — УЗО).

Напряжение прикосновения  $U_{\text{пр}}$  указывает на величину потенциальной опасности электропоражения.

Работа посвящена исследованию зависимостей опасности включения человека в электрическую цепь от первых пяти перечисленных факторов.

Эти зависимости необходимо знать при оценке сети по условиям электропоражения и обосновании выбора соответствующих мер защиты. При этом во всех случаях, кроме особо оговоренных, будем считать, что сопротивление основания, на котором стоит человек (грунт, пол и пр.), а также сопротивление его обуви незначительны. Если при таком допущении мы сможем обеспечить безопасность эксплуатации электроустановки, в остальных случаях электробезопасность будет выше.

В электроустановках с напряжением выше 1 кВ, прикосновение человека даже к изолированному проводу всегда очень опасно и может привести к смертельному исходу, поэтому в данной работе эти сети не рассматриваются.

В работе исследуются трехфазные электрические сети напряжением до 1 кВ, доступ к которым имеют самые широкие слои работников и население. Согласно действующим Правилам (ПУЭ) [2], имеются следующие сети:

а) трехпроводная с изолированной нейтралью, система IT-система, в которой нейтраль источника питания изолирована от земли или заземлена через приборы и устройства, имеющие большое сопротивление (рис. 12.1);

б) четырехпроводная с заземленной нейтралью, система TN-S-система, в которой нейтраль источника питания глухо заземлена, а нулевой защитный и нулевой рабочий проводники разделены на всем ее протяжении (рис. 12.2).

Другие системы (TN-C, TN-C-S, TT) напряжением до 1000 В представляют комбинации рассматриваемых в работе схем.

В четырехпроводной сети заземление нейтрали источника тока (генератора или трансформатора) осуществляют соединением ее с заземлителем непосредственно либо через малое сопротивление (например, через трансформатор тока), и поэтому такую сеть принято называть сетью с *глухозаземленной нейтралью*.

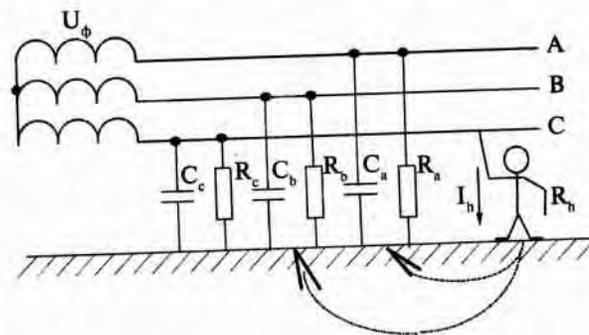


Рис. 12.1. Схема электрической сети с изолированной нейтралью системы IT:  
 $R_a, R_b, R_c$  – активные сопротивления изоляции проводов относительно земли, Ом;  
 $C_a, C_b, C_c$  – емкости проводов относительно земли,  $\mu\text{Ф}$ ;  $R_h$  – сопротивление тела человека;  
 $U_\phi$  – фазное напряжение, В

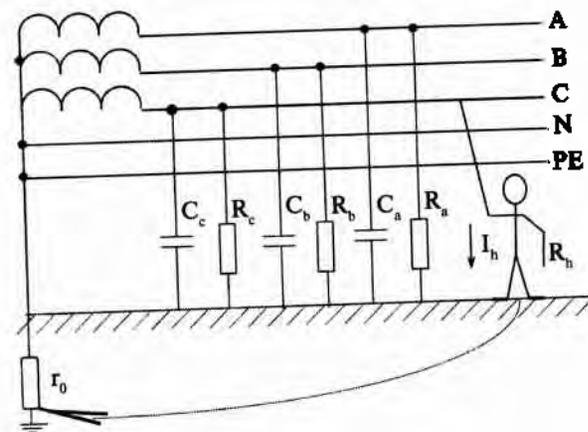


Рис. 12.2. Схема электрической сети с заземленной нейтралью системы TN-S  
 $R_0$  – сопротивление заземлителя нейтрали; нормируется ПУЭ и равно 8, 4 и 2 Ом  
 при фазных напряжениях  $U_\phi$  сетей 127, 220 и 380 В соответственно; N – нулевой рабочий проводник;  
 PE – нулевой защитный проводник

Схемы включения человека в цепь тока могут быть различными. Наиболее характерны три схемы включения:

- ◆ прикосновение к двум проводам электрической сети, что соответствует *прямому двухполюсному включению*, рис. 12.3;
- ◆ прикосновение к одному фазному проводу и земле, что соответствует *прямому однополюсному включению* (рис. 12.4);
- ◆ прикосновение к открытым проводящим частям (корпусам электрооборудования) или нахождение в области растекания тока в земле, что называют *косвенным включением* (рис. 12.5).

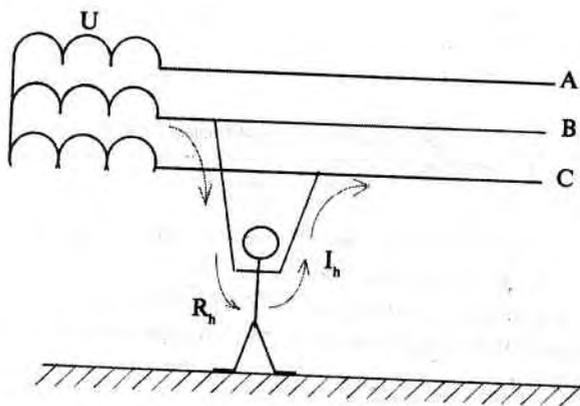


Рис. 12.3. Прямое двухполюсное включение

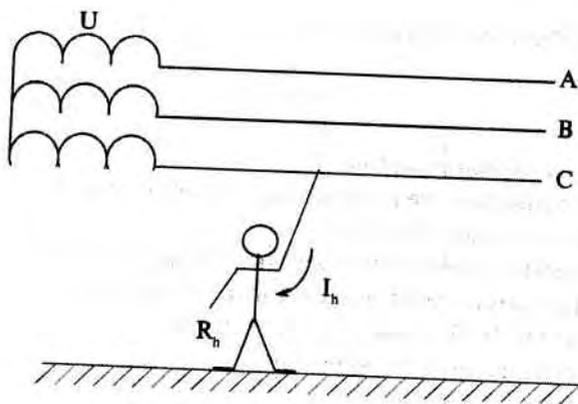


Рис. 12.4. Прямое однополюсное включение

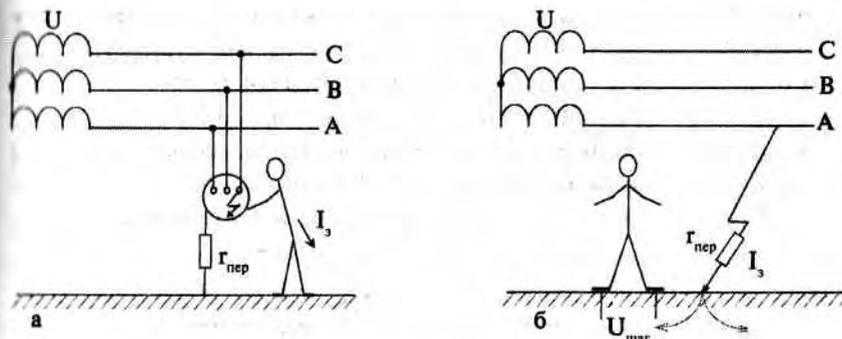


Рис. 12.5. Косвенное включение:  
а – прикосновение к корпусу электрооборудования; б – нахождение в области растекания тока в земле

Опасность поражения человека определяется величиной электрического тока  $I_h$ ,  $A$ , проходящего через его тело.

При *двухполюсном включении* ток через тело человека определяется приложенным линейным напряжением  $U_n$  и сопротивлением  $R_h$  тела человека:

$$I_h = U_n / R_h, \quad (12.1)$$

где  $U_n$  — линейное напряжение, В,

$$U_n = U_\phi \cdot \sqrt{3}, \quad (12.2)$$

здесь  $U_\phi$  — фазное напряжение, В.

$R_h$  — сопротивление тела человека, обычно принимают среднестатистическим и равным 1000 Ом.

В лабораторных работах используются модели сетей с наиболее распространенным в народном хозяйстве номинальным линейным напряжением 380 В. Для такой сети величина тока через тело человека при двухполюсном включении:

$$I_h = 380 / 1000 = 0,380 \text{ A} = 380 \text{ mA}.$$

Для оценки этой величины тока следует обратиться к ГОСТ 12.1.038-82(2001). «Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов», найти допустимое значение тока и сравнить его с расчетным. Стандарт устанавливает предельно допустимое значение тока при нормальном режиме электроустановок не более 0,3 мА.

Расчетный ток  $I_n = 380$  мА во много раз больше допустимого  $I_{\text{доп}} = 0,3$  мА, поэтому очевидна высокая опасность электропоражения.

Так как человек касается двух полюсов электрической цепи, ток не зависит от режима нейтрали сети.

*Однополюсное включение* возникает во много раз чаще. Поэтому в лабораторной работе анализируются лишь случаи *прямого однополюсного включения*. Электрическая связь между сетью и землей обусловлена несовершенством изоляции проводов относительно земли и наличием емкости между фазными проводами и землей в сетях системы IT, а также заземлением нейтрали источника тока в сетях системы TN.

### 12.1.1. Опасность поражения человека при однополюсном прикосновении его к токоведущим частям в сети системы IT

При прикосновении человека к одному из проводов в сети системы IT (см. рис. 12.1) цепь тока замыкается через человека, землю, активные сопротивления изоляции и емкости других проводов относительно земли. При равенстве полных сопротивлений изоляции проводов относительно земли  $Z_a = Z_b = Z_c$ , ток, проходящий через тело человека, будет выражаться зависимостью

$$I_n = U_\phi / (R_n + Z/3), \quad (12.3)$$

где  $Z$  — комплексное или полное сопротивление изоляции провода относительно земли, Ом.

Модуль полного сопротивления изоляции

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{j\omega C}\right)^2}, \quad (12.4)$$

где  $\frac{1}{j\omega C} = X_c$  — емкостное сопротивление провода относительно земли;

$\omega$  — угловая частота тока,  $\omega = 2\pi f$ ; здесь:

$f$  — промышленная частота тока, Гц;

$C$  — емкость провода относительно земли, мФ.

При равенстве активных сопротивлений изоляции  $R_a = R_b = R_c = R$  и отсутствии ёмкостей, т. е.  $C_a = C_b = C_c = 0$ , что имеет место в коротких воздушных сетях (сопротивлением земли в этом случае пренебрегаем, считая ее проводником), протекающий через человека ток определится выражением

$$I_n = U_\phi / (R_n + R/3), \quad (12.5)$$

при  $U_\phi = 220$  В и сопротивлении изоляции фазного провода относительно земли, равным  $R = 500$  кОм,

$$I_n = 220 / (1000 + 500000/3) = 1,312 \text{ мА.}$$

Сравнивая полученное значение тока с предельно допустимым по ГОСТ  $I_{\text{доп}} = 0,3$  мА, можно заключить, что в рассматриваемой ситуации опасность при таком включении человека в цепь (в период нормальной работы сети) существует и зависит от сопротивления проводов относительно земли: с увеличением сопротивления опасность уменьшается.

Из приведенных выражений можно определить *критическое значение сопротивления изоляции*  $R_{\text{кр}}$ , при котором ток через тело человека достигает значения  $I_{\text{доп}}$ , предельно допустимого по критериям электробезопасности:

$$R_{\text{кр}} = (3U - I_{\text{доп}} \cdot 3R_n) / I_{\text{доп}}. \quad (12.6)$$

Допустимым током задаются, исходя из тех пороговых значений тока, при которых человек может самостоятельно освободиться от действия тока. Так, в условиях, когда человеку не грозят никакие опасности, кроме опасности поражения электрическим током, он может быть принят равным *пороговому отпускающему току* ( $I_{\text{доп}} = 6 \text{ мА}$ ). Тогда

$$R_{\text{оп}} = (3 \cdot 220 - 6 \cdot 3 \cdot 1) / 6 = 107 \text{ кОм.}$$

Общее сопротивление изоляции сети  $Z$  зависит от количества присоединенных токоприемников. Согласно ПУЭ, сопротивление изоляции каждого участка сети  $R_{\text{и}}$  должно быть не менее 0,5 мОм на фазу, для электрических аппаратов и машин нормы другие. Поскольку присоединение каждого нового токоприемника уменьшает общее сопротивление изоляции сети, то практический интерес представляет определение количества токоприемников  $n$ , присоединение которых к сети уменьшает сопротивление ее изоляции до критического значения:

$$n = R_{\text{и}} / R_{\text{оп}}. \quad (12.7)$$

подавляющее большинство разветвленных сетей имеет значительную ( $C > 1 \text{ мкФ}$  на фазу) емкость проводов относительно земли, которая определяется чисто конструктивными ее параметрами (протяженностью сети, толщиной и качеством изоляции жил кабеля и т. д.).

При большом количестве токоприемников активное сопротивление изоляции соизмеримо с сопротивлением тела человека и при большой ёмкости, например при  $C \geq 1 \text{ мкФ}$ , выражение (12.3) будет иметь вид:

$$I_{\text{а}} = U_{\phi} / R_{\text{ч}}. \quad (12.8)$$

Поэтому однополюсное включение в таких сетях будет опасным для людей даже при хорошем состоянии изоляции отдельных при-

ёмников, т. е. человек, касаясь фазы, оказывается почти под фазным напряжением.

В аварийном режиме при случайном электрическом соединении токоведущей части с землей или корпусом электрооборудования, имеющим связь с землей, возникает схема, аналогичная рис. 12.5,а, а переходное сопротивление замыкания провода на землю  $r_{\text{пер}} = 50 - 150 \text{ Ом}$ . Напряжение замкнувшегося на землю провода относительно земли уменьшается практически до нуля, земля приобретает потенциал фазного провода, а напряжения двух других проводов относительно земли возрастут практически до линейного напряжения  $U_{\text{л}}$ . Если при этом человек касается одного из исправных проводов, он подвергается очень большой опасности.

### 12.1.2. Опасность поражения человека при прикосновении его к токоведущим частям в сети системы TN

В нормальном режиме такой сети при однофазном включении человека (см. рис. 12.2) образуется цепь тока: «фазный провод-человек-заземлитель-нейтраль трансформатора», имеющая значительно меньшее сопротивление цепи тока «фазный провод-человек-сопротивление изоляции» (в сети системы IT). Учитывая малое сопротивление заземления нейтрали (максимальное значение  $r_0 \leq 8 \text{ Ом}$ ), можно считать, что ток через человека определяется фазным напряжением и сопротивлением тела человека и не зависит от сопротивления изоляции и емкости фазных проводов относительно земли:

$$I_{\text{а}} = U_{\phi} / (R_{\text{ч}} + r_0).$$

Если  $U_{\phi} = 220 \text{ В}$ , то  $I_{\text{а}} = 220 / (1000 + 4) = 219,12 \text{ мА}$ .

Очевидно, что опасность поражения будет очень велика, так как полученное значение тока  $I_{\text{а}} = 219,12 \text{ мА}$  больше  $I_{\text{доп}} = 0,3 \text{ мА}$ .

В аварийном режиме при замыкании одного из проводов на землю через переходное сопротивление  $r_{\text{пер}} = 100 \text{ Ом}$  образуется электрическая цепь: «источник — провод — переходное сопротивление —

земля — сопротивление заземления нейтрали — источник». Для этой цепи, согласно второму закону Кирхгофа, справедливо уравнение

$$U_{\phi} = I_3 \cdot r_{\text{пер}} + I_3 \cdot r_0,$$

где  $I_3$  — ток замыкания на землю.

Первый множитель этого уравнения есть напряжение относительно земли замкнувшегося провода. Второй — напряжение нейтрали относительно земли. При одном токе  $I_3$  в цепи величины этих напряжений пропорциональны сопротивлениям и соотносятся как 1:25. Другими словами, напряжение замкнувшегося провода относительно земли можно оценить как  $U = 24 / 25 U_{\phi}$ , т. е. изменившимся незначительно относительно  $U_{\phi}$ . Напряжения двух других проводов относительно земли увеличатся, но также незначительно.

Изменения напряжений проводов относительно земли в аварийных режимах сетей следует установить экспериментально в лабораторной работе.

Сравнение двух сетей в *нормальном режиме* показывает, что опасность поражения током для человека в сети с изолированной нейтралью меньше и может быть еще уменьшена с увеличением сопротивления изоляции и уменьшением емкости проводов относительно земли. Повышение сопротивления человека за счет сопротивления обуви, перчаток или изолирующих ковриков повышает электробезопасность в обоих случаях.

Сравнение двух сетей в *аварийном режиме* показывает, что опасность поражения током для человека в сети с изолированной нейтралью значительно выше, чем в другой сети.

Эти выводы следует проверить экспериментально.

## 12.2. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

Данная работа выполняется на лабораторном стенде БЖ 06/1, предназначенном для выполнения студентами лабораторных работ по исследованию опасности поражения человека переменным током напряжением до 1 кВ в трехфазных электрических сетях и по

исследованию работоспособности и характеристик устройства защитного отключения. Работа может быть выполнена также на персональном компьютере, т. к. имеется полная компьютерная версия данной лабораторной работы, иллюстрирующая получаемые данные графиками и векторными диаграммами.

Лабораторный стенд БЖ 06/1 (далее — стенд) позволяет моделировать:

- ◆ источник питания сети;
- ◆ трехфазный потребитель электроэнергии, подключенный к сети с использованием устройства защитного отключения, реагирующего на дифференциальный ток;
- ◆ два типа сети — трехфазную трехпроводную с изолированной нейтралью системы IT, трехфазную четырехпроводную с заземленной нейтралью системы TN напряжением до 1 кВ.

Лицевая панель стенда представлена на рис. 12.6.

Стенд включается автоматическим выключателем (далее автоматом) S2 — положение 1. При этом загораются индикаторы (желтого, зеленого и красного цветов), расположенные рядом с фазными проводами А, В, С.

Переключатель S3 предназначен для подключения PEN-провода.

Переключатель S1 предназначен для изменения режима нейтрали исследуемой сети:

- ◆ левое положение — изолированная нейтраль;
- ◆ правое положение — заземленная нейтраль.

Значение сопротивления  $r_0$  заземления нейтрали на стенде — 4 Ом.

Переключатели S4, S6, S8, S10 служат для изменения активных сопротивлений изоляции проводов относительно земли.

Переключатели S5, S7, S9, S11 служат для изменения емкостей проводов относительно земли.

Переключатели S12, S14 предназначены для моделирования аварийных режимов работы исследуемых сетей. Положение 0 переключателя S12 соответствует *нормальному режиму* работы сети. Положения А, В, С переключателя S12 соответствуют *замыканию одного из фазных проводов А, В, С на землю*: при этом сопротивление растеканию тока  $R_{\Sigma}$  в месте замыкания на землю может принимать

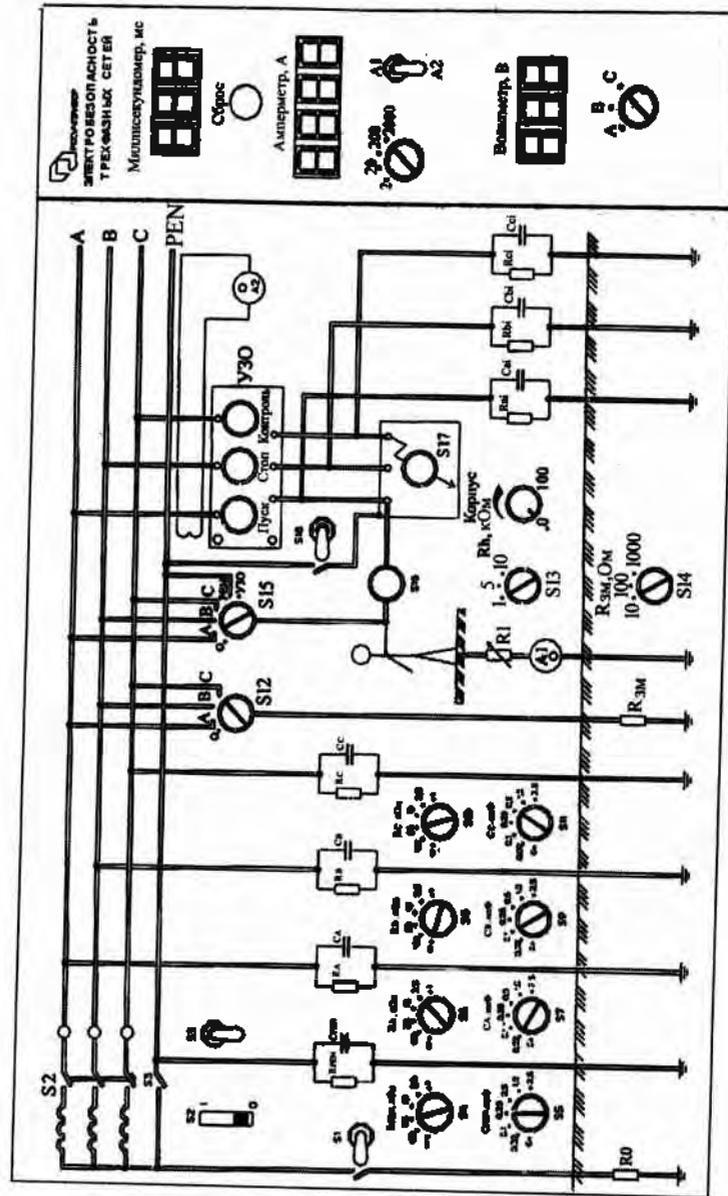


Рис. 12.6. Лицевая панель стенда БХ 06/1

различные значения. Изменяя положение переключателя S14, можно установить различные значения сопротивления растеканию тока  $R_{\Sigma}$  (1000 Ом, 100 Ом, 10 Ом).

Тело человека имитируется в схеме стенда резистором  $R_{\text{ч}}$ , который может подключаться к каждому проводу сети или к проводу сети на стороне трехфазного потребителя электроэнергии, подключенного к сети через УЗО.

Переключатель S15 предназначен для моделирования прямого прикосновения человека к токоведущей части (проводу исследуемой сети).

Положение «0» переключателя S15 — человек не касается фазного провода сети.

Положения «А, В, С, PEN» переключателя S15 соответствуют касанию человека фазных проводов А, В, С или PEN-провода.

Положение «УЗО» переключателя S15 соответствует прикосновению человека к фазному проводу на стороне потребителя электроэнергии при нажатой кнопке S16.

Значение сопротивления цепи тела человека может быть задано дискретно с помощью переключателя S13 (1 кОм; 5 кОм; 10 кОм) при положении «0» резистора  $R_{\text{ч}}$ ; либо плавно в пределах от 0 до 100 кОм с помощью переменного резистора  $R_{\text{ч}}$ .

Трехфазный потребитель электроэнергии показан на лицевой панели стенда в виде корпуса, подключенного к сети через УЗО, реагирующее на дифференциальный ток.

Корпус трехфазного потребителя электроэнергии может быть занулен с помощью переключателя S18 (правое положение).

С помощью кнопки S17 моделируется замыкание фазного провода на корпус. При нажатой кнопке S17 загорается красный индикатор на корпусе трехфазного потребителя электроэнергии.

На лицевой панели УЗО расположены кнопки «ПУСК» (при нажатии этой кнопки трехфазный потребитель подключается к сети и загорается красный индикатор на лицевой панели УЗО), «СТОП» (отключение трехфазного потребителя от сети); «КОНТРОЛЬ» (оперативный контроль исправности УЗО).

Значения активных сопротивлений изоляции ( $R_A, R_B, R_C$ ) и емкостей ( $C_A, C_B, C_C$ ) фазных проводов относительно земли в

зоне защиты УЗО постоянны и в процессе выполнения работы не меняются.

В правой части лицевой панели стенда размещены дисплей трех цифровых приборов: миллисекундомера; амперметра и вольтметра.

*Миллисекундомер* служит для измерения времени срабатывания УЗО (мс) и срабатывает при нажатой кнопке S16. Кнопка сброс обнуляет показания миллисекундомера.

*Амперметр* предназначен для измерения тока (в мА) в цепи тела человека (положение A1 переключателя амперметра) и тока срабатывания УЗО (положение A2 переключателя амперметра). Амперметр имеет четыре предела измерения.

*Вольтметр* предназначен для измерения напряжений (в вольтах) фазных проводов А, В, С относительно земли. Подключение вольтметра к фазным проводам А, В, С осуществляется с помощью переключателя, расположенного под ним.

### 12.2.2. Порядок выполнения работы

**Задание 1.** *Исследование опасности поражения человека электрическим током при прямом прикосновении к фазному проводу трехфазной трехпроводной сети IT с изолированной нейтралью напряжением до 1 кВ при нормальном режиме работы.*

1) Изолировать нейтраль — перевести переключатель S1 в левое положение; отключить PEN-провод — перевести переключатель S3 в нижнее положение.

2) Установить значения активных сопротивлений изоляции (переключатели S6, S8, S10) и емкостей (переключатели S7, S9, S11) фазных проводов относительно земли в соответствии с заданием преподавателя.

3) Установить значение сопротивления цепи тела человека  $R_h$  (в соответствии с заданием преподавателя) переключателем S13. При этом ручка регулятора резистора  $R_h$  должна находиться в положении 0.

4) Установить переключатель S12 в положение 0.

5) Включить стенд — S2 в положение —1. Убедиться в наличии напряжения фазных проводов с помощью вольтметра ( $U_A = U_B = U_C = 220$  В).

6) Произвести измерение тока  $I_{hA}$  в цепи тела человека с помощью амперметра A1, выбрав необходимый предел измерения. Положение переключателя амперметра A1.

7) Повторить измерения тока в цепи тела человека  $I_{hB}$ ,  $I_{hC}$  для положения В, С переключателя S15.

8) Выключить стенд — S2 в положение 0.

9) Оценить опасность поражения человека электрическим током.

**Задание 2.** *Исследование опасности поражения человека электрическим током при прямом прикосновении человека к фазному проводу трехфазной трехпроводной сети с изолированной нейтралью напряжением до 1 кВ при аварийном режиме работы сети (замыкание одного из фазных проводов на землю).*

1) Изолировать нейтраль — перевести переключатель S1 в левое положение; отключить PEN-провод — перевести переключатель S3 в нижнее положение; перевести переключатель S12 в положение 0.

2) Установить значения активных сопротивлений изоляции (переключатели S6, S8, S10) и емкостей (переключатели S7, S9, S11) фазных проводов относительно земли в соответствии с заданием преподавателя.

3) Установить значение сопротивления цепи тела человека  $R_h$  (в соответствии с заданием преподавателя) переключателем S13. При этом ручка регулятора резистора  $R_h$  должна находиться в положении 0.

4) Произвести замыкание одного из проводов на землю, для чего перевести переключатель S12 в любое из трех положений — А, В, С. Переключателем S14 установить значение  $R_{3M}$  в соответствии с заданием преподавателя.

5) Включить стенд — S2 в положение 1.

6) Произвести измерения токов в цепи тела человека  $I_{hA}$ ,  $I_{hB}$ ,  $I_{hC}$  при поочередном его прикосновении к фазным проводам (в соответствии с положением переключателя S15 — А, В, С) с помощью

амперметра А1, выбрав необходимый предел измерения. Положение переключателя диапазонов амперметра — А1.

7) Выключить стенд — S2 в положение 0.

8) Оценить опасность поражения человека электрическим током.

**Задание 3. Исследование опасности поражения человека электрическим током при прямом прикосновении к фазному проводу трехфазной четырехпроводной сети с заземленной нейтралью напряжением до 1 кВ при нормальном режиме работы сети.**

1) Заземлить нейтраль — перевести переключатель S1 в правое положение.

Подключить PEN-провод — перевести переключатель S3 в верхнее положение. Перевести переключатель S12 в положение 0.

2) Установить значения активных сопротивлений изоляции (переключатели S4, S6, S8, S10) и емкостей (переключатели S5, S7, S9, S11) фазных проводов и PEN-провода относительно земли в соответствии с заданием преподавателя.

3) Установить значение сопротивления цепи тела человека  $R_h$  переключателем S13 (1 кОм, 5 или 10 кОм) в соответствии с заданием преподавателя. При этом ручка регулятора резистора  $R_h$  должна находиться в положении 0.

4) Установить переключатель S15 в положение А.

5) Включить стенд — S2 в положение 1.

6) Произвести измерение тока  $I_{HA}$  в цепи тела человека с помощью амперметра А1, выбрав необходимый предел измерения. Положение переключателя диапазонов амперметра — А1.

7) Произвести измерения токов в цепи тела человека  $I_{AB}$ ,  $I_{AC}$  при поочередном прикосновении человека к фазным проводам в соответствии с положением переключателя S15 — В, С) с помощью амперметра А1, выбрав необходимый предел измерения. Положение переключателя диапазонов амперметра — А1.

8) Выключить стенд — S2 в положение 0.

9) Оценить опасность поражения человека электрическим током.

**Задание 4. Исследование опасности поражения человека электрическим током при прямом прикосновении к фазному проводу трехфазной четырехпроводной сети с заземленной нейтралью напряжением до**

**1 кВ при аварийном режиме работы сети (один из фазных проводов замкнулся на землю).**

1) Заземлить нейтраль — перевести переключатель S1 в правое положение. Подключить PEN-провод — перевести переключатель S3 в верхнее положение. Перевести переключатель S12 в положение 0.

2) Установить значения активных сопротивлений изоляции (переключатели S4, S6, S8, S10) и емкостей (переключатели S5, S7, S9, S11) фазных проводов и PEN-провода относительно земли в соответствии с заданием преподавателя.

3) Установить значение сопротивления цепи тела человека  $I_h$  переключателем S13 (1 кОм 5 или 10 кОм) в соответствии с заданием преподавателя. При этом ручка регулятора резистора  $R_h$  должна находиться в положении 0.

4) Произвести замыкание одного из проводов на землю, для чего перевести переключатель S12 в любое из трех положений А, В, С. Переключателем S14 установить значение  $R_{ЗМ}$  в соответствии с заданием преподавателя.

5) Включить стенд — S2 в положение 1.

6) Произвести измерения токов в цепи тела человека  $I_{AA}$ ,  $I_{AB}$ ,  $I_{AC}$  (соответственно положению переключателя S15 — А, В, С) с помощью амперметра, выбрав необходимый предел измерения. Положение переключателя диапазонов амперметра — А1.

7) Выключить стенд — S2 в положение 0.

8) Оценить опасность поражения человека электрическим током.

9) Аргументируя полученными результатами измерений, сделать сравнительный анализ опасности поражения человека электрическим током в сети системы TN в нормальном и аварийном режимах.

**Задание 5. Определение изменения тока, проходящего через тело человека при прямом прикосновении к фазному проводу сети в зависимости от активного сопротивления изоляции фазных проводов относительно земли (сопротивления изоляции уменьшаются) при постоянной (заданной) емкости фазных проводов относительно земли для двух типов сетей при нормальном режиме работы сети.**

Необходимо исследовать зависимость  $I_{AA} = f(R)$ , где  $R = R_A = R_B = R_C$  при  $C_A = C_B = C_C = 0$ .

Для сети системы IT с изолированной нейтралью

1) Изолировать нейтраль — перевести переключатель S1 в левое положение.

Отключить PEN-провод — перевести переключатель S3 в нижнее положение.

Перевести переключатель S12 в положение 0.

2) Установить переключатель S15 в положение А.

3) Установить значение сопротивления цепи тела человека  $R_h$  переключателем S13 (в соответствии с заданием преподавателя). При этом ручка регулятора резистора  $R_A$  должна находиться в положении 0.

4) Установить значения емкостей проводов относительно земли переключателями S7, S9, S11  $C_A = C_B = C_C = C = 0$ .

5) Включить стенд — S2 в положение 1.

6) Произвести измерения тока  $I_{AA}$  в цепи тела человека с помощью амперметра, устанавливая поочередно симметрично\* значения активных сопротивлений изоляции фазных проводов относительно земли  $R_A = R_B = R_C = R$  (переключатели S6, S8, S10) — 100; 25; 10; 2,5; 1 кОм.

Положение переключателя амперметра при измерениях — А1.

7) Выключить стенд — S2 в положение 0.

Задание 5а. Для сети системы TN с заземленной нейтралью

Заземлить нейтраль — перевести переключатель S1 в правое положение.

Подключить PEN-провод — перевести переключатель S3 в верхнее положение.

Перевести переключатель S12 в положение 0.

8) Повторить пп. 2—4, дополнительно выставив значения  $C_{PEN} = 0$  (переключатель S5).

9) Включить стенд — S2 в положение 1.

10) Произвести измерения тока  $I_A$  в цепи тела человека с помощью амперметра, устанавливая поочередно симметрично значения активных сопротивлений фазных проводов и PEN-провода относи-

\* симметрично — значит одинаково во всех сопротивлениях изоляции проводов относительно земли.

тельно земли  $R_A = R_B = R_C = R_{PEN} = R$  (переключатели S4, S6, S8, S10) в положение — 100; 25; 10; 2,5; 1 кОм.

11) Отключить стенд — S2 в положение 0.

Задание 6. Определение изменения тока, проходящего через тело человека при прямом прикосновении к фазному проводу сети, в зависимости от емкости фазных проводов относительно земли при заданном значении активного сопротивления изоляции фазных проводов для двух типов сети при нормальном режиме работы сети.

Необходимо исследовать зависимость  $I_{AA} = f(C)$ , где  $C = C_A = C_B = C_C$  при  $R_A = R_B = R_C = \infty$ .

Для сети системы IT с изолированной нейтралью

1) Изолировать нейтраль — перевести переключатель S1 в левое положение.

Отключить PEN-провод — перевести переключатель S3 в нижнее положение.

Перевести переключатель S12 в положение 0.

2) Установить переключатель S15 в положение А.

3) Установить значение сопротивления цепи тела человека  $R_h$  переключателем S13 (в соответствии с заданием преподавателя). При этом ручка регулятора резистора  $R_A$  должна находиться в положении 0.

4) Установить значения активных сопротивлений фазных проводов относительно земли (переключатель S6, S8, S10)  $R_A = R_B = R_C = \infty$ .

5) Включить стенд — S2 в положение 1.

6) Произвести измерения тока  $I_A$  в цепи тела человека с помощью амперметра, устанавливая поочередно и симметрично значения емкости фазных проводов относительно земли  $C_A = C_B = C_C = C$  (переключатели S7, S9, S11 — 0; 0,02; 0,1; 0,25; 0,5; 1,0; 2,5 мкФ).

Положение переключателя амперметра при измерениях — А1.

7) Выключить стенд — S2 в положение 0.

Задание 6а. Для сети системы TN с заземленной нейтралью

Заземлить нейтраль — перевести переключатель S1 в правое положение.

Подключить PEN-провод — перевести переключатель S3 в верхнее положение.

Перевести переключатель S12 в положение 0.

Исследовать зависимость  $I_k = f(C)$ , где  $C = C_A = C_B = C_C$  при  $R_A = R_B = R_C = R = \infty$ , выполняя действия аналогично пп. 2–6 для сети с заземленной нейтралью при нормальном режиме работы сети.

Выключить стенд — S2 в положение 0.

**Задание 7.** Измерить напряжения проводов относительно земли в каждой из сетей при постепенном ухудшении активного сопротивления изоляции одного из проводов вплоть до замыкания на землю (аварийный режим сети).

Для сети системы IT с изолированной нейтралью

1) Изолировать нейтраль — перевести переключатель S1 в левое положение.

2) Отключить PEN-провод — перевести переключатель S3 в нижнее положение.

3) Перевести переключатель S12 в положение 0.

4) Подключить вольтметр к одной из фаз. Переключатель вольтметра поставить в положение А, В или С.

5) Емкости проводов относительно земли установить равными нулю. Переключатели S7, S9, S11 (и S5 для сети с заземленной нейтралью) в положение 0.

6) Активные сопротивления изоляции проводов относительно земли одинаковы и равны 25 кОм.

7) Уменьшая сопротивление изоляции одного из проводов относительно земли до 100 Ом измерять напряжения проводов относительно земли для каждого из значений сопротивления. Сопротивление изоляции равное 100 Ом достигается замыканием исследуемой фазы на землю. Положение переключателя S12 — на ту же фазу; сопротивление  $R_{\text{зм}}$  — в положение 100 Ом.

Построить векторные диаграммы напряжений проводов относительно земли для каждого из значений сопротивлений изоляции провода относительно земли. Изучить полученные зависимости.

**Задание 8.** Для сети системы TN с заземленной нейтралью

Выполнить пп. 1, 2 задания 4.

Выполнить пп. 4–7 задания 7.

Сравнить и оценить опасность поражения человека током при поочередном прикосновении к каждой из фаз в сетях различных систем в аварийных режимах (при замыкании одной из фаз на землю).

**Задание 9.** Экспериментальным путем найти значения сопротивления изоляции и (или) емкости проводов относительно земли, при которых ток через тело человека, коснувшегося фазного провода, достигнет предельно допустимого по критериям электробезопасности значения.

**Задание 10.** Рассчитать количество токоприемников, подключение которых к сети приводит к снижению сопротивления ее изоляции до критических значений (параметры сопротивлений изоляции токоприемников задает преподаватель).

Порядок выполнения работы на ЭВМ изложен в начале текста программы.

Количество заданий определяется преподавателем в зависимости от специальности.

### 12.3. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Обработать результаты измерений, представив их в виде таблиц, графиков зависимостей и векторных диаграмм напряжений проводов относительно земли. Отчет должен содержать схемы исследуемых сетей, иллюстрирующие выполненные измерения, выводы по работе.

Объяснить полученные на ПК графики и векторные диаграммы.

#### Литература

1. Иванов Е. А., Галка В. Л., Малаян К. Р. Безопасность электроустановок и систем автоматики: Учеб. пособие. — СПб.: «Элмор». — 384 с.
2. Долин П. А. Основы техники безопасности в электроустановках. — М.: Энергоатомиздат, 1984. — С. 168–179.
3. ПУЭ. Раздел 1.7. Электробезопасность. (7-е изд.), 2002.

4. ГОСТ 12.1.038-82 (2001). «Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов».

Контрольные вопросы

1. Чем определяется опасность поражения человека при включении в электрическую цепь?
2. Чем определяется потенциальная опасность поражения человека при обслуживании электроустановки?
3. Какие схемы включения человека в электрическую цепь существуют?
4. От каких параметров электрической цепи системы IT зависит опасность поражения электрическим током?
5. От каких параметров электрической цепи системы TN зависит опасность поражения электрическим током?
6. Как меняется опасность поражения человека в сети IT при аварийном режиме?
7. Как меняется опасность поражения человека в сети TN при аварийном режиме?
8. Как отличаются напряжения проводов относительно земли сети IT в нормальном и аварийном режимах?
9. Как отличаются напряжения проводов относительно земли сети TN в нормальном и аварийном режимах?
10. Каким нормативным документом регламентируются допустимые величины токов и напряжений для человека?
11. В каком случае опасность поражения человека больше: при включении его в однофазную или трехфазную сеть? Дайте обоснование ответа.
12. Что такое допустимые значения токов? Какие величины таких токов вам известны?
13. Как влияют на опасность поражения протяженность и разветвленность сетей IT и TN?
14. Как влияет на опасность поражения число потребителей в сети IT и TN?
15. Что такое критическое сопротивление изоляции сети? Чем оно определяется? Для какой сети уместно говорить о нем?

### Лабораторная работа № 13 ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЙСТВИЯ ЗАЩИТНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ

**Цель работы:** Помочь студентам понять принцип действия данной меры защиты, область её применения, оценить эффективность действия защитного заземления в сетях систем IT и TN, привить навыки исследования опасности поражения электрическим током в различных ситуациях.

#### 13.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Защитное заземление — это преднамеренное электрическое соединение открытых проводящих частей электроустановки или оборудования с заземляющим устройством, выполняемое в целях электробезопасности (рис. 13.1).

Принципы действия:

- ◆ снижение до допустимых значений напряжения прикосновения путем уменьшения переходного сопротивления между корпусом электроустановки и землей;
- ◆ снижение до допустимых значений шаговых напряжений путем выравнивания потенциалов на поверхности земли [1].

В данной работе будет исследован только первый принцип действия. Второй принцип будет рассмотрен в работе по исследованию шаговых напряжений.

Исследуя первый принцип действия, т. е. снижение до допустимых значений напряжения прикосновения путем уменьшения переходного сопротивления между корпусом электроустановки и землей, следует помнить о том, что это возможно тогда и только тогда, когда ток замыкания на землю не будет зависеть от сопротивления защитного заземления. Это наиболее эффективно в сетях системы IT. В чем и предлагается убедиться студентам при выполнении лабораторной работы.

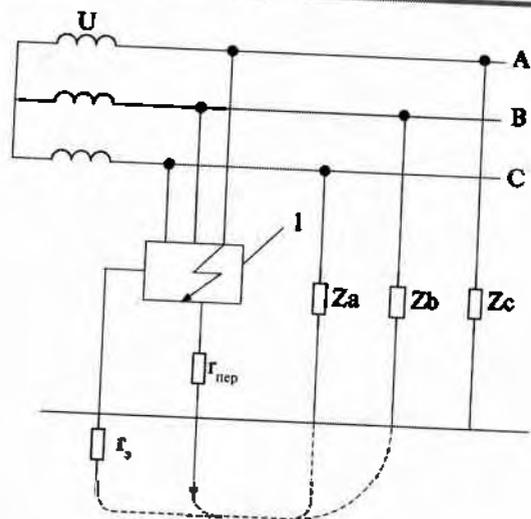


Рис. 13.1. Принципиальная схема защитного заземления в сети с изолированной нейтралью до 1000 В: 1 – корпус электроустановки или другое заземляемое оборудование;  $r_z$  – сопротивление заземлителя;  $r_{пер}$  – переходное сопротивление между корпусом электрооборудования и землей;  $Z_a, Z_b, Z_c$  – сопротивления изоляции проводов относительно земли

Меньшая опасность поражения будет в том случае, когда напряжение прикосновения и ток через тело человека будут меньше допустимых. Иными словами, защитное заземление будет эффективным, если при его подключении (соединении открытой проводящей части электроустановки с заземлителем) напряжение прикосновения и ток через тело человека снизятся до допустимых значений.

Нормирование защитных заземлений изложено в статьях 1.7.96, 1.7.97, 1.7.104 ПУЭ [2].

Для выполнения лабораторных работ по исследованию эффективности защитного заземления и защитного зануления используется лабораторный стенд БЖ 06/2 «Защитное заземление и защитное зануление». Имеется полная компьютерная версия данной лабораторной работы, позволяющая студентам очной формы обучения

проводить домашнюю подготовку на ПК, а студентам дистанционной формы обучения выполнять работу дома.

### 13.2. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

Лабораторный стенд БЖ 06/2 предназначен для моделирования ситуаций применения защитного заземления и защитного зануления (лаб. № 14) в электрических сетях систем IT и TN.

Лабораторный стенд представляет собой модель электрической сети с источником питания, электропотребителями, различными техническими мерами защиты, измерительными приборами.

Лицевая панель стенда представлена на рис. 13.2.

В качестве источника используется трехфазный трансформатор.

Стенд включается автоматическим выключателем S2 в положение 1. При этом загораются индикаторы (желтого, зеленого и красного цветов), расположенные рядом с фазными проводами (A, B, C).

Режим нейтрали изменяется переключателем S1, причем правое положение соответствует режиму заземленной нейтрали; левое положение — режиму изолированной нейтрали. Нейтральная точка заземляется через сопротивление  $R_0 = 4 \text{ Ом}$ . С помощью переключателя S3 подключается нулевой рабочий проводник — N. Переключатель S4 предназначен для подключения нулевого защитного проводника — PE.

Сопротивления изоляции 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 используется случай симметричных сопротивлений изоляции проводов относительно земли (т. е.  $R_A = R_B = R_C = R_N$ ). Значения указанных сопротивлений (1, 5, 10, 15, 20 кОм) изменяются переключателем S18 в зависимости от вариантов, задаваемых преподавателем.

Электропотребители на мнемосхеме показаны в виде их корпусов. Потребители «корпус 1» и «корпус 2» являются трехфазными и подключены к сети через автоматические выключатели S5 и S10

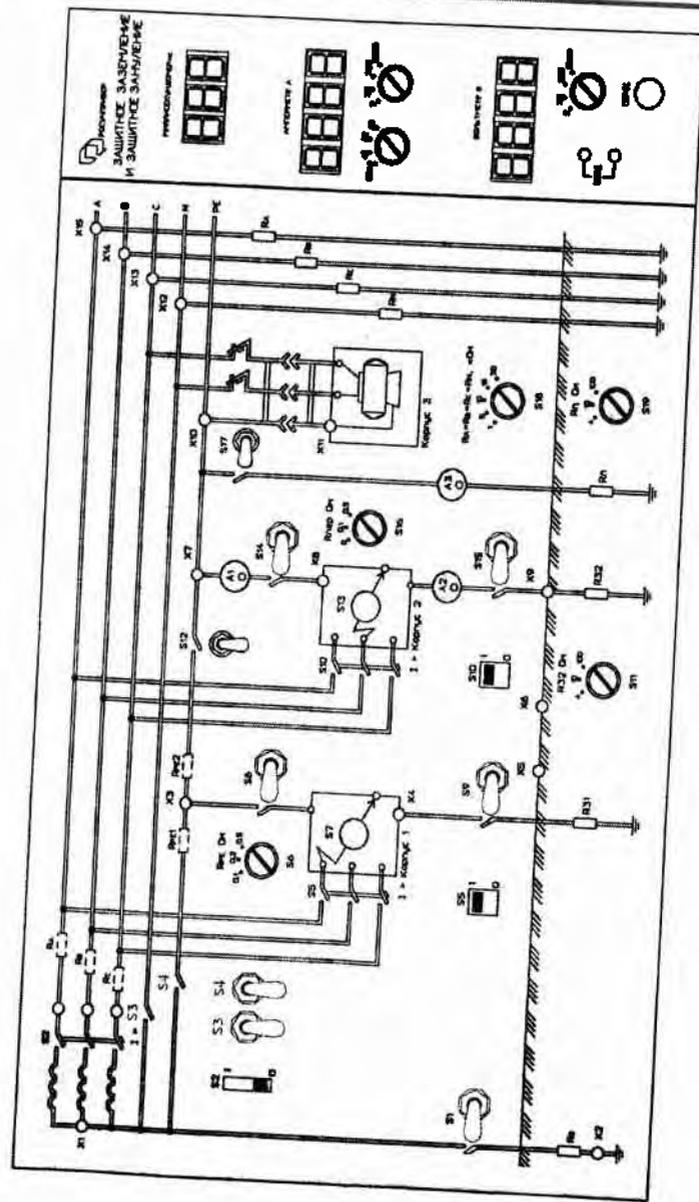


Рис. 18.2. Стенд по электробезопасности БХ 06/2

соответственно. Положение 1 означает включенное состояние, при этом напряжение подается на потребители. Электропотребитель «корпус 3» является однофазным, выполненным по классу 1 защиты от поражения электрическим током.

Лабораторный стенд позволяет моделировать два способа защиты: *защитное заземление* и *защитное зануление*.

Подключение корпусов 1 и 2 к РЕ-проводнику осуществляется переключателями S8 и S14 соответственно. Правое положение переключателей означает, что корпуса *занулены*. Сопротивления фазных проводов на участке «источник питания — точка присоединения корпуса 1» имеют величину  $R_0 = 0,05$  Ом каждый. На участке «точка присоединения корпуса 1 — точка присоединения корпуса 2», также имеют величину  $R_0 = 0,05$  Ом каждый.

Сопротивление РЕ-провода может изменяться с помощью трехпозиционного переключателя S6, причем сопротивления участков  $R_{PE1}$  «нейтраль — корпус 1» и  $R_{PE2}$  «нейтраль — корпус 2» равны и принимают значения 0,1; 0,2; 0,5 Ом.

Обрыв РЕ-проводника имитируется с помощью переключателя S12, нижнее положение которого соответствует обрыву проводника.

*Повторное заземление*  $R_{\Pi}$  подключается к РЕ-проводнику с помощью переключателя S17. Значение сопротивления  $R_{\Pi}$  (4, 10, 100 Ом) изменяется трехпозиционным переключателем S19.

Переходное сопротивление  $R_{пер}$  (0; 0,1; 0,5 Ом) между корпусом 2 и нулевым защитным проводником РЕ точка X8 изменяется трехпозиционным переключателем S16.

Подключение корпусов 1 и 2 к *заземляющим устройствам* с сопротивлениями R31, R32 осуществляется с помощью переключателей S9 и S15 соответственно. Сопротивление заземления R31 корпуса 1 является постоянным и равно 4 Ом. Сопротивление заземления корпуса 2 R32 (4, 10, 100 Ом) изменяется трехпозиционным переключателем S11.

Замыкание фазных проводов на корпуса 1 и 2 осуществляется кнопками 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 с диапазоном измерения от 0 до 2000 В, цифровой амперметр с диапазоном измерения от 0 до 2000 А, цифровой миллисекундомер с диапазоном измерения от 0 до 999 мс.

*Вольтметр* следует включать в цепь через гнезда X1–X15, установленные в соответствующих точках схемы с помощью гибких проводников, снабженных наконечниками.

*Амперметр* следует включать в цепь с помощью переключателя (откл, А1, А2, А3), находящегося под индикатором. При соответствующем включении загорается лампочка на мнемосхеме, в месте подключения прибора.

Положение «ОТКЛ» означает отсутствие амперметра в цепях стенда.

В положении А1 измеряется ток короткого замыкания в нулевом защитном проводнике РЕ, в положении А2 — ток замыкания на землю через корпус 2, в положении А3 — ток замыкания на землю через повторное заземление РЕ-проводника.

*Миллисекундомер* включается при нажатой кнопке S13, а отключается при срабатывании автоматического выключателя S10. Установка позволяет длительно сохранить режим, соответствующий периоду замыкания фазного провода на корпуса 1 и 2. Для возврата схемы в исходное состояние после того, как измерены все необходимые параметры, следует нажать кнопку «СБРОС».

Данная работа может быть выполнена на ЭВМ, совместимом персональном компьютере, так как имеется полная компьютерная версия данной работы, иллюстрирующая получаемые данные графиками и векторными диаграммами напряжений проводов относительно земли.

### 13.3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Изучить рекомендуемую литературу, данное методическое пособие, определение и принцип действия защитного заземления, области его применения. Ознакомиться с устройством лабораторного стенда, на котором предстоит выполнять работу.

**Задание 1.** *Оценка эффективности действия защитного заземления в сети с изолированной нейтралью.*

Для оценки эффективности защитного заземления надо сравнить опасность поражения током при замыкании на корпус 2 без защитного заземления и при наличии защитного заземления, вводя последовательно его значения от 100 Ом до 4 Ом.

*Оценить опасность поражения при замыкании фазы на корпус 2 без защитного заземления.*

Для этого необходимо:

1. Изолировать нейтраль — перевести переключатель S1 в левое положение.
2. Отключить N и РЕ-проводники — перевести переключатели S3 и S4 в нижнее положение.
3. Установить значения активных сопротивлений изоляции сети переключателем S18 в соответствии с заданием преподавателя (1+20 кОм).
4. Убедиться, что:
  - ♦ переключатели S8, S14, S17, S9, S15 находятся в левом положении;
  - ♦ переключатель S12 — в нижнем положении;
  - ♦ переключатель S5 — в положении 0.
5. Включить стенд — выключатель S2 в положении 1, при этом загораются индикаторы наличия напряжения.
6. Подключить корпус 2 к сети — переключатель S10 в положение 1.
7. Нажатием кнопки S13 произвести замыкание фазного провода В на корпус 2.
8. С помощью гибких проводников подключить вольтметр и измерить, с учетом примечания 1, следующие напряжения:
  - ♦ напряжение корпуса 2 относительно земли (гнезда X8 и X2);
  - ♦ напряжения фазных проводов относительно земли (гнезда X2 и X15, X2 и X14, X2 и X13).
9. Кнопкой «СБРОС» устранить замыкание фазного провода на корпус 2.

*Оценить напряжение прикосновения, которым является напряжение корпуса 2 относительно земли.*

10. Выключить стенд — S2 в положение 0.

*Примечание 1.* При измерении напряжения необходимо отключить амперметр-переключатель «место включения прибора» в положение «ОТКЛ».

**Задание 2.** *Оценить опасность поражения при замыкании фазы на корпус 2 при наличии защитного заземления.*

Для этого:

1. Установить значение R32 в соответствии с указанием выше.
2. Заземлить корпус 2 — переключатель S15 в правое положение.
3. Включить стенд — S2 в положение 1.
4. Нажатием кнопки S13 произвести замыкание фазного провода В на корпус 2.
5. Измерить вольтметром, с учетом примечания 1, следующие напряжения:
  - ♦ напряжение корпуса 2 относительно земли (гнезда X8 и X2);
  - ♦ напряжения фазных проводов относительно земли (гнезда X2 и X15, X2 и X14, X2 и X13).
6. Повторить измерения для других значений R32.
7. Выключить стенд — S2 в положение 0.

При задании преподавателем, измерить напряжения прикосновения при различных расстояниях до заземлителя (гнезда X8 и X9, X8 и X6, X8 и X5).

Сравнить опасности поражения электрическим током при прикосновении к корпусу 2 без защитного заземления и при наличии его.

*Оценить эффективность действия защитного заземления в электроустановках, питающихся от трехфазных сетей с изолированной нейтралью системы IT, при однофазном замыкании на корпус.*

**Задание 3.** *Оценка эффективности действия защитного заземления в сети с изолированной нейтралью при двойном замыкании на корпус.*

Для оценки эффективности надо сравнить опасности поражения током при двойном замыкании разных фаз на корпуса 1 и 2 без защитного заземления и при наличии заземления корпусов. Для этого необходимо следующее.

1. Отключить заземления корпусов 1 и 2 — переключатель S9, S15 в левое положение.

2. Подключить электроприёмники 1 и 2 к сети — переключатели S5 и S10 в положение 1.

3. Включить стенд — S2 в положение 1.

4. Одновременно кнопками S7 и S13 произвести замыкания фазных проводов А и В на корпуса 1 и 2 соответственно.

5. Вольтметром с помощью гибких проводников измерить следующие напряжения:

- ♦ напряжение корпуса 1 относительно земли (гнезда X4 и X2);
- ♦ напряжение корпуса 2 относительно земли (гнезда X8 и X2).

При измерении напряжений учитывать примечание 1.

Повторить опыт при защитном заземлении:

1. Заземлить корпуса 1 и 2 — переключатели S9, S15 в правое положение, переключатель S11 в положение 4 Ом.

2. Подключить корпус 1 и 2 к сети — переключатели S5 и S10 в положение 1.

3. Включить стенд — S2 в положение 1.

4. Одновременно кнопками S7 и S13 произвести замыкания фазных проводов А и В на корпуса 1 и 2 соответственно.

5. Вольтметром с помощью гибких проводников измерить следующие напряжения:

- ♦ напряжение корпуса 1 относительно земли (гнезда X4 и X2);
- ♦ напряжение корпуса 2 относительно земли (гнезда X8 и X2).

При измерении напряжений учитывать примечание 1.

6. Измерить ток замыкания на землю, установив переключатель амперметра в положение А2, при этом загорается лампа, соответствующая данному подключению амперметра.

*Примечание 2.* Перед переходом с одного предела измерения амперметра на другой необходимо дождаться установившегося показания прибора.

*Примечание 3.* При измерениях с помощью цифровых приборов наблюдается дрейф последней цифры — в протокол следует заносить среднее значение показания.

После измерений переключатель «место включения прибора» установить в положение «ОТКЛ».

Оценить эффективность защитного заземления, сравнив напряжения корпусов относительно земли (они же напряжения прикосновения) при однофазном и двухфазном (двойном) замыканиях на землю.

**Задание 4. Оценка эффективности действия защитного заземления в сети системы TN с заземленной нейтралью.**

Для оценки эффективности защитного заземления надо сравнить опасность поражения током при замыкании на корпус 2 без защитного заземления и при наличии защитного заземления. Для этого необходимо выполнение следующих действий.

1. Отключить корпус 1 от сети — переключатель S5 в положение 0.
2. Заземлить нейтраль трансформатора (источника питания) — перевести переключатель S1 в правое положение.
3. Подключить N и PE-проводники к источнику питания — перевести переключатели S3 и S4 в верхнее положение.

Убедиться, что:

- ◆ переключатели S8, S14, S17, S9, S15 находятся в левом положении;
  - ◆ переключатель S12 в нижнем положении;
  - ◆ переключатель S5 — в положении 0.
  - ◆ переключатель S10 — в положении 1.
4. Включить стенд — S2 в положение 1.
  5. Нажатием кнопки S13 произвести замыкание фазного провода В на корпус 2.
  6. С помощью гибких проводников подключить вольтметр и измерить следующие напряжения с учетом примечания 1:
    - ◆ напряжение корпуса 2 относительно земли (гнезда X8 и X2);
    - ◆ напряжения нейтральной точки относительно земли (гнезда X1 и X2).
  7. Измерить ток замыкания на землю, установив переключатель амперметра в положение A2.
  8. Выключить стенд — S2 в положение 0.
- Перевести переключатель S15 в правое положение.  
Выполнить действия пп. 4–8 для трёх положений переключателя S11 — 100 Ом, 10 Ом, 4 Ом.

Все переключатели перевести в исходное положение.

Оценить эффективность защитного заземления, сравнив напряжения корпусов относительно земли (они же напряжения прикосновения) в первом и во втором случаях.

Оценить эффективность действия защитного заземления в электроустановках, питающихся от трехфазных сетей с заземленной нейтралью системы TN.

### 13.4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Обработать результаты измерений, представив их в виде таблиц и графиков зависимостей. Построить зависимости  $I_n = f(R_z)$  для сетей систем IT и TN в одной системе координат и сравнить результаты. Отчет должен содержать принципиальные схемы сетей в исследуемых режимах, иллюстрирующие измерения, краткие выводы по каждому из разделов исследований, выводы по работе.

Используя полученные результаты лабораторной работы, показать, как изменяется опасность поражения человека при изменении сопротивления защитного заземления от 100 Ом до 4 Ом в сетях системы IT и TN.

#### Литература

1. Иванов Е. А., Галка В. Л., Малаян К. Р. Безопасность электроустановок и систем автоматики: Учеб. пособие. — СПб.: «Элмор». — 384 с.
2. Долин П. А. Основы техники безопасности в электроустановках. — М.: Энергоатомиздат, 1984. — С. 168–179.
3. ПУЭ. Раздел 1.7 Электробезопасность. (7-е изд.), 2002.
4. ГОСТ 12.1.030-81 (2001) Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.

#### Контрольные вопросы

1. Что такое защитное заземление (определение, принцип действия)?

2. Область применения защитного заземления?
3. Каковы предельно допустимые значения напряжения и тока через человека в нормальном и аварийном режимах?
4. Возможно ли применение защитного заземления в сети системы TN? Обосновать ответ?
5. Чем обусловлена эффективность применения защитного заземления в сети с изолированной нейтралью?

### Лабораторная работа № 14 ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЙСТВИЯ ЗАЩИТНОГО ЗАНУЛЕНИЯ

**Цель работы:** Помочь студентам понять принцип действия данной меры защиты, область её применения, привить навыки исследования опасности поражения электрическим током в различных ситуациях.

Исследовать эффективность действия защитного зануления в трехфазной пятипроводной сети с заземленной нейтралью системы TN-S напряжением до 1 кВ.

#### 14.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Защитное зануление в электроустановках напряжением до 1 кВ является составной частью «Защитного автоматического отключения питания». Защитным занулением называется преднамеренное соединение открытых нетоковедущих проводящих частей электрооборудования (например, металлический корпус) с глухозаземленной нейтралью генератора или трансформатора в сетях трёхфазного переменного тока (рис. 14.1), с глухозаземленным выводом источника однофазного тока, с заземленной точкой источника в сетях постоянного тока, выполняемое в целях электробезопасности.

В данной работе рассматривается защитное зануление в трехфазной сети переменного тока.

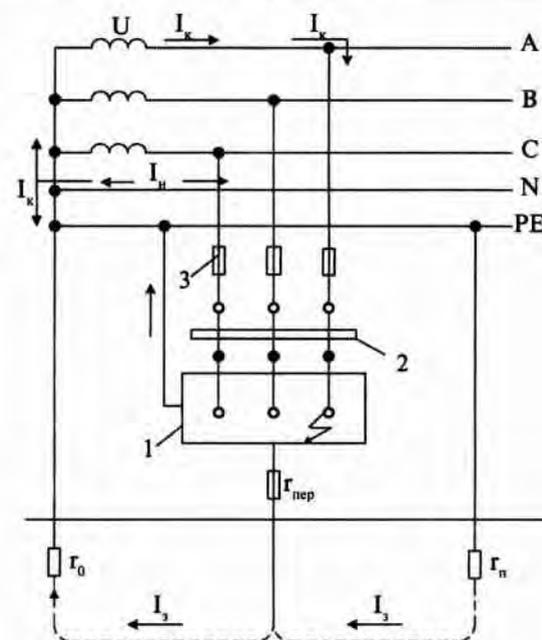


Рис. 14.1. Принципиальная схема зануления в трехфазной сети  
1 – корпус электроустановки (трансформатор, эл. двигатель и т. п.); 2, 3 – аппараты защиты от сверхтоков (2 – автоматический выключатель, 3 – предохранитель);  
 $r_0$  – сопротивление заземления нейтрали источника тока;  
 $r_n$  – сопротивление активного заземления нулевого защитного проводника;  $I_3$  – ток короткого замыкания (сверхток);  $I_k$  – часть тока КЗ, протекающего через нулевой защитный проводник;  $I_n$  – часть тока КЗ, протекающего через заземляющий проводник;  $r_{пер}$  – переходное сопротивление между корпусом и землей;  
PE – нулевой защитный проводник; N – нулевой рабочий проводник

**Принцип действия:** При замыкании фазы на корпус возникает ток короткого замыкания, вызывающий срабатывание защитно-коммутационной аппаратуры, отключающей поврежденное оборудование и ограничивающей во времени существование опасности поражения электрическим током [1]. Согласно ПУЭ ст. 1.7.78 [2] характеристики защитных аппаратов и параметры защитных проводников должны быть согласованы, чтобы обеспечивалось нормированное время отключения поврежденной цепи защитно-

коммутационным аппаратом в соответствии с номинальным фазным напряжением питающей сети 1.7.79 [2].

Наибольшее допустимое время защитного автоматического отключения для системы  $TN$  приведено ниже:

Номинальное фазное напряжение $U_0$ , В	Время отключения, с
127	0,8
220	0,4
380	0,2
Более 380	0,1

#### Описание лабораторного стенда

Лабораторный стенд БЖ 06/2 предназначен для моделирования ситуаций применения защитного заземления и защитного зануления в электрических сетях систем IT и TN.

Лабораторный стенд представляет собой модель электрической сети с источником питания, электропотребителями, различными техническими мерами защиты, измерительными приборами. Полное описание стенда и его лицевая панель представлены в лабораторной работе № 13 по исследованию защитного заземления, изложенной в настоящем сборнике.

Заданная работа может быть выполнена на персональном компьютере, так как имеется полная компьютерная версия данной лабораторной работы, иллюстрирующая получаемые данные графиками и векторными диаграммами напряжений проводов относительно земли.

#### Порядок выполнения работы

Изучить рекомендуемую литературу, данное методическое пособие, определение и принцип действия защитного зануления, области его применения. Ознакомиться с устройством лабораторного стенда, на котором предстоит выполнять работу.

**Задание 1.** *Определить напряжение прикосновения на корпусе 2 без защитного зануления.* Для этого:

1. Заземлить нейтраль источника тока — перевести переключатель S1 в правое положение.

2. Подключить N и PE-проводники к источнику тока — перевести переключатели S3, S4 и S12 в верхнее положение.

3. Подключить корпус 2 к сети — переключатель S10 в положение 1.

4. Убедиться, что переключатели S8, S14, S17 находятся в левом положении. Переключатель S15 — в правом положении, S11 — в положении 100 Ом, переключатель амперметра — в положении A2.

5. Включить стенд — выключатель S2 в положении 1, при этом загораются индикаторы наличия напряжения.

6. Нажатием кнопки S13 произвести замыкание фазного провода В на корпус 2.

7. С помощью гибких проводников подключить вольтметр и измерить, с учетом примечания 1, следующие напряжения:

- ♦ напряжение корпуса 2 относительно земли (гнезда X8 и X2);
- ♦ напряжения фазных проводов относительно земли (гнезда X2 и X15, X2 и X14, X2 и X13).

Измерить ток замыкания на землю A2.

Оценить опасность поражения.

**Задание 2.** *Определить напряжение прикосновения на корпусе 2 с защитным занулением. Определить время срабатывания автомата защиты и токи короткого замыкания при замыкании фазного провода на корпус при различных сопротивлениях нулевого защитного проводника PE (петли «фаза-нуль»).* Для этого:

Выполнить пп. 1–3.

4. Убедиться, что переключатели S14, S15 находятся в правом положении. Переключатель S11 — в положении 100 Ом, S6 — 0,1 Ом, переключатель амперметра — в положении A1.

5. Произвести замыкание фазного провода на корпус 2 кнопкой S13.

6. Снять показания миллисекундомера и амперметра.

7. Установив значения  $R_{PE} = 0,2; 0,5$  Ом соответственно, произвести измерения времени срабатывания автомата защиты и тока короткого замыкания аналогично п.п. 5, 6.

8. Установить по заданию преподавателя фиксированное значение сопротивления  $R_{PE}$ , произвести измерения времени срабатывания

автоматов защиты и токов короткого замыкания А1, А3 при различных сопротивлениях Rп — переключатель S19 в положениях 4, 10, 100 Ом, переключатель S17 — в правом положении.

9. Выключить стенд — S2 в положение 0.

**Задача 3.** Оценить эффективность действия повторного заземления нулевого защитного проводника при обрыве последнего (вынос потенциала).

Выполнить п.п. 1, 2.

3. Подключить электроприемники 1 и 2 к сети — переключатели S5 и S10 в положение 1.

4. Занулить и заземлить корпуса и подключить повторное заземление PE: переключатели S6, S9, S14, S15, S17 установить в правое положение, S12 — вверх, S19 — в положение 100 Ом.

5. Смоделировать обрыв нулевого проводника: S12 — вниз.

5. Произвести замыкание фазного провода на корпус 2 кнопкой S13.

6. Вольтметром с помощью гибких проводников измерить следующие напряжения с учетом примечания 1:

- ◆ напряжение нулевой точки относительно земли (гнезда X1 и X2);
- ◆ напряжение корпусов относительно земли (гнезда X4 и X2; X8 и X2).
- ◆ напряжения фазных проводов относительно земли (гнезда X2 и X15, X2 и X14, X2 и X13).

7. Переключателем S19 придать повторному заземлению значения 10 и 4 Ом. Произвести повторные измерения п. 6, измерить токи замыкания на землю амперметром А3.

8. Выключить стенд — S2 в положение 0.

**Оценить напряжения прикосновения на корпусах 1 и 2, напряжения нейтральной точки относительно земли, при различных значениях сопротивления повторного заземления нулевого защитного проводника.**

**Примечание 1.** При измерении напряжения необходимо отключить амперметр — переключатель места включения амперметра в положение «ОТКЛ».

**Примечание 2.** Перед переходом с одного предела измерения амперметра на другой необходимо дождаться установившегося показания прибора.

**Примечание 3.** При измерениях с помощью цифровых приборов наблюдается дрейф последней цифры — в протокол следует заносить среднее значение показания.

### 14.3. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Обработать результаты измерений, представив их в виде таблиц и графиков зависимостей. Отчет должен содержать принципиальные схемы сетей в исследуемых режимах, иллюстрирующие измерения, краткие выводы по каждому из разделов исследований, выводы по работе.

#### Литература

1. Иванов Е. А., Галка В. Л., Малаян К. Р. Безопасность электроустановок и систем автоматизации. Учеб. пособие. — СПб.: «Элмор». — 384 с.
2. Долин П. А. Основы техники безопасности в электроустановках. — М.: Энергоатомиздат, 1984. — С. 168–179.
3. ПУЭ. Раздел 1.7 Электробезопасность (7-е изд.), 2002.
4. ГОСТ 12.1.030-81(2001) ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.

#### Контрольные вопросы

1. Какие системы электрических сетей электроснабжения существуют и каковы их отличительные признаки?
2. Что такое защитное зануление (определение, принцип действия)?
3. Область применения защитного заземления и защитного зануления?
4. Почему зануление и заземление называются защитными?
5. Каковы требования ПУЭ к защитному занулению? (см. пп. 1.7.78, 1.7.79)

6. Каковы предельно допустимые значения тока через человека в нормальном и аварийном режимах?

7. Возможно ли применение защитного зануления в сети системы IT? Обосновать ответ.

8. Какова роль повторного заземления нулевого защитного проводника?

### Лабораторная работа № 15 ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И ОПАСНОСТИ ШАГОВЫХ НАПРЯЖЕНИЙ И СПОСОБОВ ЗАЩИТЫ ОТ НИХ

**Цель работы:** Исследовать условия возникновения шаговых напряжений, оценить их опасность и изучить способы борьбы с ними.

#### 15.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Выполняя лабораторную работу, необходимо иметь в виду, что при замыкании провода сети на землю или на какой-либо заземлитель, последний оказывается под напряжением. Ток, возвращаясь к источнику, стекает с заземлителя в землю и растекается по значительному ее объему. Пространство вокруг заземлителя, в котором наблюдается растекание тока замыкания, принято называть *полем растекания*. Потенциалы точек поверхности земли в поле растекания тока определяются выражением [1]:

$$\varphi = \frac{\rho I_3}{2\pi r}, \quad (15.1)$$

где  $\varphi$  — потенциал точки поверхности земли;

$r$  — расстояние от точки потенциала до центра заземлителя;

$I_3$  — ток замыкания на землю;

$\rho$  — удельное сопротивление грунта.

Очевидно, что удельное сопротивление грунта, ток замыкания на землю и коэффициент  $2\pi$  — величины постоянные и могут быть заменены постоянным коэффициентом  $K$ , тогда выражение (15.1) примет вид:

$$\varphi = K \frac{1}{r}, \quad (15.2)$$

что является уравнением равносторонней гиперболы.

Следовательно, потенциалы на поверхности земли вокруг заземлителя изменяются по гиперболическому закону, уменьшаясь от максимального значения до нуля по мере удаления от заземлителя, в чем необходимо убедиться при выполнении лабораторной работы.

Гиперболический характер кривой объясняется тем, что величина поверхности земли, которую пронизывает ток при растекании, возрастает во второй степени от величины  $r$ . Наибольшее сопротивление растеканию тока оказывают слои земли, лежащие вблизи заземлителя, так как ток проходит здесь по малому сечению. В этих слоях имеют место наибольшие значения потенциалов и, соответственно, наибольшие значения падений напряжения. По мере удаления от заземлителя сечение земли увеличивается, её сопротивление на этих участках уменьшается и падения напряжения на этих участках также уменьшаются. Практически потенциалы точек земли, лежащих на расстоянии более 20 м от заземлителя, можно считать равными нулю.

Подлежащее исследованию шаговое напряжение  $U_{\text{ш}}$  есть разность потенциалов двух точек земли в поле растекания тока, отстоящих одна от другой на расстоянии шага человека, и определяется выражением

$$U_{\text{ш}} = \frac{\rho I_3 a}{2\pi r(r+a)}, \quad (15.3)$$

где  $a$  — величина шага человека.

Из (15.3) следует, что шаговое напряжение уменьшается по мере удаления от заземлителя вследствие уменьшения крутизны

потенциальной кривой. Изменение шагового напряжения при удалении от заземлителя характеризуется коэффициентом напряжения шага  $B$ , равным

$$B = \frac{U_{\text{ш}}}{U_3} = \frac{U_{\text{ш}}}{I_3 R_3}, \quad (15.4)$$

где  $U_3$  — напряжение на заземлителе относительно точки нулевого потенциала,

$$U = I_3 \cdot R_3; \quad (15.5)$$

где  $R_3$  — сопротивление растеканию тока заземлителя.

Коэффициент напряжения шага  $B$  изменяется в пределах  $1 > B > 0$  и уменьшается по мере удаления от заземлителя.

2. Для построения потенциальной кривой необходимо вычислить потенциалы различных точек земли, используя полученные при выполнении лабораторной работы экспериментальные данные.

Например, падение напряжения на заземлителе определяется по формуле (15.5), что соответствует максимальному потенциалу заземлителя  $\varphi_3$ , так как

$$U_3 = \varphi_3 - \varphi_0,$$

где  $\varphi_0$  — точка нулевого потенциала.

Потенциал точки земли, отстоящей от заземлителя на расстоянии одного шага, равен [2]:

$$\varphi_1 = U_3 - U_{\text{ш1}} = \varphi_3 - U_{\text{ш1}};$$

на расстоянии двух шагов

$$\varphi_2 = \varphi_1 - U_{\text{ш2}} = \varphi_3 - U_{\text{ш1}} - U_{\text{ш2}};$$

на расстоянии трех шагов

$$\varphi_3 = \varphi_2 - U_{\text{ш3}} = \varphi_1 - U_{\text{ш2}} - U_{\text{ш3}} = \varphi_3 - U_{\text{ш1}} - U_{\text{ш2}} - U_{\text{ш3}};$$

на расстоянии  $n$  шагов

$$\varphi_n = \varphi_{n-1} - U_{\text{шn}}, \text{ и т. д.,}$$

где  $n$  — число шагов;  $U_{\text{шn}}$  — напряжение в точке на расстоянии  $n$ -го шага.

Здесь  $U_{\text{ш1}}, U_{\text{ш2}}, U_{\text{ш3}}, U_{\text{шn}}$  — показания прибора при перемещении человека в зоне растекания тока,  $n$  — порядковый номер шага.

3. При изучении способов защиты от шаговых напряжений следует обратить особое внимание на применение заземления, в котором заземлители располагаются по контуру вокруг защищаемого объекта на небольшом расстоянии друг от друга. При этом поля растекания отдельных заземлителей накладываются (т. е. потенциальные кривые складываются), и любая точка поверхности земли внутри контура приобретает повышенный потенциал. Происходит выравнивание потенциалов внутри контура, вследствие чего кривая распределения потенциалов сглаживается и разность потенциалов между точками снижается, а коэффициент напряжения шага  $B$  существенно уменьшается. Причем, эффект снижения шагового напряжения тем выше, чем меньше сопротивление растеканию тока заземлителя. Таким образом, реализуется второй принцип действия защитного заземления, который изложен в лабораторной работе по исследованию защитного заземления.

Схема участка ЛЭП с указанием места возможного замыкания на землю, схема расположения заземлителей и кривые распределения потенциалов изображены на лицевой панели стенда УШН-1 и представлены на рис. 15.1.

4. Рассчитать и построить график зависимости потенциалов точек на поверхности земли от расстояния до места замыкания при различных сопротивлениях заземляющего контура  $\varphi = f(n)$ .

## 15.2. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

Для выполнения лабораторной работы используется стенд УШН-1, разработанный во Всесоюзном научно-исследовательском институте охраны труда ВЦСПС (г. Тбилиси).

Стенд представляет собой устройство, моделирующее участок линии электропередач (ЛЭП) с замыканием одной из фаз на землю

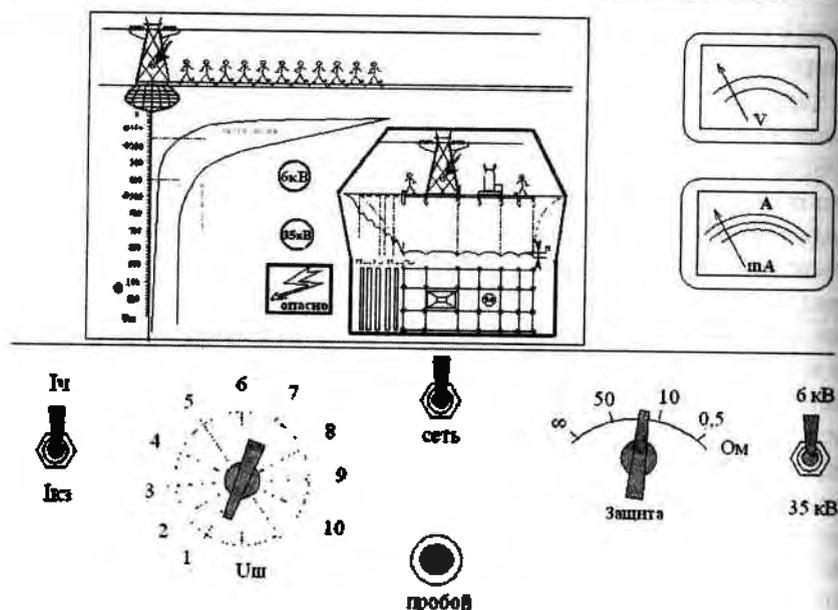


Рис. 15.1. Лицевая панель стенда УШН-1

и позволяющее исследовать явления, возникающие при растекании тока в земле.

Включение стенда осуществляется тумблером «Сеть». Выбор напряжения ЛЭП производится включением соответствующего тумблера-переключателя в положение 6 кВ или 35 кВ. При этом на мнемопанели высвечивается изображение воздушной высоковольтной линии электропередачи и загорается цифра выбранного напряжения.

Нажатием кнопки «пробой» имитируется замыкание одного из проводов ЛЭП на землю и растекание тока в земле. На мнемопанели при этом высвечивается кривая, показывающая распределение потенциалов на поверхности земли в зоне растекания тока при выбранном напряжении ЛЭП.

Переключателем « $U_{ш}$ » имитируется положение человека на различном расстоянии (в шагах) от места замыкания.

Величина шагового напряжения в вольтах измеряется вольтметром, имеющим две шкалы: для измерения в сетях 6 кВ и 35 кВ, соответственно.

Ток, проходящий через человека, попавшего под шаговое напряжение, измеряется амперметром, имеющим три шкалы. Переключатель « $I_1-I_{ш}$ » позволяет переключать прибор либо в цепь тока замыкания на землю, либо в цепь тока через тело человека. Для измерения тока замыкания на землю переключатель прибора должен быть в положении  $I_{ш}$  (измерение производится по верхней шкале в А). Для измерения тока через тело человека переключатель « $I_1-I_{ш}$ » находится в положении « $I_1$ ». Измерение производится по средней и нижней шкалам (в мА) для 35 и 6 кВ, соответственно.

Пока шаговое напряжение и ток остаются опасными для человека, на мнемопанели горит предупредительная надпись красного цвета «Опасно». Для снижения шагового напряжения к металлической опоре ЛЭП с помощью переключателя «Защита» присоединяется заземлитель, сопротивление которого может быть задано  $\infty$ , 50, 10, 0,5 Ом. Положение переключателя  $\infty$  соответствует отключенному заземлителю. Выравнивание потенциалов внутри контура наблюдается как по вольтметру, так и на мнемопанели, на которой высвечивается изображение заземляющего контура и соответствующая ему кривая распределения потенциалов.

При снижении шагового напряжения и тока через человека до допустимой величины надпись «Опасно» гаснет.

При выполнении лабораторной работы необходимо помнить, что во избежание порчи стенда переключение с 6 кВ на 35 кВ и наоборот следует производить с выдержкой времени 2–3 секунды в нейтральном положении переключателя.

### 15.3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Исследовать зависимость шагового напряжения от расстояния между местом замыкания на землю и человеком при различных

напряжениях сети и отсутствии защиты. Построить графики полученных зависимостей.

Исследовать влияние сопротивления заземляющего контура на величину шагового напряжения и ток через тело человека при различных напряжениях сети. Построить кривые зависимостей (графики) шаговых напряжений от количества шагов до места замыкания при различных сопротивлениях заземляющих контуров:  $\infty$ , 50, 10, 0,5 Ом.

**Задание 1.** Измерить шаговые напряжения при перемещении человека от места замыкания при различных напряжениях сети и отсутствии защиты.

Включить стенд тумблером «Сеть» — вверх.

Выбрать напряжение сети 6 кВ — переключатель вверх.

Нажав кнопку «пробой», осуществить замыкание одного из проводов ЛЭП на землю. По верхней шкале амперметра измерить ток замыкания на землю: переключатель « $I_{\square} - I_{\square}$ » в положении  $I_{\square}$ .

Переключатель «Защита» — в положении  $\infty$ , при этом заземлитель отключен.

Переключателем  $U_{\square}$  перемещать человека в зоне растекания тока, при этом положение человека высвечивается на мнемопанели. В каждом положении человека следует измерять напряжение шага вольтметром и ток через тело человека амперметром (положение переключателя « $I_{\square} - I_{\square}$ » в положении  $I_{\square}$ ).

Повторить все действия для напряжения 35 кВ.

Выключить стенд тумблером «Сеть» — вниз.

**Задание 2.** Измерить шаговые напряжения при различных сопротивлениях заземлителя — переключатель «Защита» в положении 50 10 и 0,5 Ом для поочередно исследуемых напряжений ЛЭП 6 и 35 кВ.

Выполнить действия п. 1 при разных напряжениях и разных заземлителях.

**Задание 3.** По приведенным выше формулам рассчитать зависимости потенциалов на поверхности земли от расстояния до места замыкания при различных сопротивлениях заземлителя.

## 15.4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать:

- ◆ наименование и цель работы;
- ◆ содержание работы;
- ◆ схемы исследуемых сетей;
- ◆ таблицы результатов измерений;
- ◆ графики полученных зависимостей  $\varphi = f(n)$ ;  $U_{\square} = f(n)$ .

В отчете, кроме сведений о проведенных исследованиях, должны содержаться выводы об опасности поражения человека при косвенном включении в электрическую цепь и об эффективности защиты для всех исследуемых случаев.

### Литература

1. Иванов Е. А., Галка В. Л., Малаян К. Р. Безопасность электроустановок и систем автоматики: Учеб. пособие. — СПб.: «Элмор». — 384 с.
2. ПУЭ. Раздел 1.7 Электробезопасность. (7-е изд.), 2002.
3. Охрана труда в электроустановках / Под ред. проф. Б. А. Князевского. — Л.: «Энергия», 1977.

### Контрольные вопросы

1. Какое явление возникает при растекании тока в земле?
2. Что такое шаговое напряжение?
3. Как влияет сопротивление заземлителя на распределение потенциалов?
4. Какова зона растекания тока в земле?
5. Что такое выравнивание потенциалов?
6. Как влияет сопротивление заземлителя на величину шаговых напряжений?

## Лабораторная работа № 16 ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ И ХАРАКТЕРИСТИК УСТРОЙСТВА ЗАЩИТНОГО ОТКЛЮЧЕНИЯ

**Цель работы:** Оценить работоспособность устройства защитного отключения (УЗО), реагирующего на дифференциальный ток в сетях с заземленной и изолированной нейтралью напряжением до 1 кВ. Изучить характеристики УЗО (свойства, принцип действия, область применения). Оценить эффективность УЗО (соответствие характеристик УЗО первичным критериям электробезопасности).

### 16.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Известно, что одной из важнейших является проблема защиты людей от поражения электрическим током при эксплуатации электрооборудования. Это особенно актуально при прямом включении человека в электрическую цепь. Одним из путей защиты людей при прямом однополюсном включении в электрическую цепь является использование устройств защитного отключения (далее — УЗО). Такие устройства бывают очень разные по принципу действия, устройству, назначению и, конечно, по своим характеристикам.

В данной лабораторной работе предполагается исследование устройства типа УЗО-Д. В соответствии с ГОСТ Р 50807-95 и международным стандартом МЭК 755-83, УЗО-Д — это механический коммутационный аппарат или совокупность элементов, которые при достижении (превышении) заданного значения дифференциального тока при определенных условиях эксплуатации должны вызвать размыкание контактов.

Защитное отключение — функция, состоящая в переводе исполнительного органа УЗО-Д из положения «Включ.» в положение «Отключ.».

Дифференциальный (остаточный) ток ( $I_{\Delta}$ ) — действующее значение векторной суммы токов, протекающих в первичной цепи УЗО-Д (далее — дифференциальный ток).

УЗО-Д выполняет одновременно функции обнаружения дифференциального тока, измерения и сравнения его величины с заданной величиной тока отключения и отключения защищаемой цепи при превышении дифференциального тока над заданной величиной тока отключения.

Время отключения УЗО-Д — промежуток времени между моментом внезапного возникновения отключающего дифференциального тока и моментом выполнения функции данного устройства до полного гашения дуги.

Отключающий дифференциальный ток  $I_{\Delta n}$  — значение дифференциального тока, вызывающее отключение УЗО-Д в заданных условиях эксплуатации.

Неотключающий дифференциальный ток — значение дифференциального тока, при котором и ниже которого УЗО-Д не отключает сети в заданных условиях эксплуатации.

Предпочтительные значения номинального отключающего дифференциального тока ( $I_{\Delta n}$ ) выбирают из ряда: 0,006; 0,01; 0,03; 0,1 А.

Предпочтительное значение номинального неотключающего дифференциального тока равно  $0,5 I_{\Delta n}$ .

### 16.2. ОПИСАНИЕ СТЕНДА

Работа выполняется на стенде БЖ 06/1. Описание смотрите в лабораторной работе № 12.

#### Порядок выполнения работы

Провести экспериментальные исследования в сетях систем IT и TN и определить:

- ♦ отключающий дифференциальный ток;
- ♦ время отключения УЗО;

- ♦ длительно допустимый ток через тело человека;
- ♦ работоспособность УЗО совместно с занулением.

Сделать заключения об их соответствии первичным критериям электробезопасности.

Сделать выводы об эффективности защитного отключения при заданных параметрах УЗО в сетях систем IT и TN.

**Задание 1. Определить отключающий дифференциальный ток и время срабатывания УЗО.**

1) Установить значение параметров сети с изолированной нейтралью (переключатели S4-S11) в соответствии с заданием преподавателя. Переключатель S1 перевести в левое положение. Переключатель S3 перевести в нижнее положение. Переключатель S12 перевести в положение «0».

2) Установить переключатель S15 в положение УЗО.

3) Отключить PEN от корпуса электроустановки, установить переключатель S18 в левое положение.

4) Установить переключатель S13 в положение 1 кОм, а ручку резистора  $R_x$  — в положение 100 кОм.

5) Включить стенд — перевести S2 в положение 1.

6) Включить УЗО, нажать кнопку «Пуск», при этом загорается красный индикатор на лицевой панели УЗО. Плавно вращать ручку резистора  $R_x$  против часовой стрелки, увеличивая ток  $I_d$  в цепи тела человека до срабатывания УЗО.

7) Измерить отключающий дифференциальный ток УЗО (ток через тело человека). При срабатывании УЗО красный индикатор на его лицевой панели погаснет. Значение отключающего дифференциального тока измеряется по амперметру A2 на пределе 200 мА.

8) Отключить стенд — S2 в положение 0. Ручку резистора  $R_x$  установить на значение 100 кОм.

*Для определения времени срабатывания УЗО*

9) Включить стенд — перевести S2 в положение 1.

10) Обнулить микросекундомер нажатием кнопки «СБРОС».

11) Нажать кнопку 16, имитируя этим подключение человека к одному из проводов в зоне защиты УЗО. Измерить значение времени срабатывания УЗО по микросекундомеру.

12) Отключить стенд — S2 в положение 0.

**Задание 2. Измерить длительно допустимый ток через тело человека.**

1) Установить значение параметров сети с заземленной нейтралью (переключатели S4-S11) в соответствии с заданием преподавателя. Переключатель S1 перевести в правое положение. Переключатель S3 перевести в верхнее положение. Переключатель S12 перевести в положение «0».

2) Установить переключатель S15 в любое из трех положений А, В, С.

3) Установить переключатель S13 в положение 1 кОм, а ручку резистора  $R_x$  — в положение 100 кОм.

4) Включить стенд — перевести S2 в положение 1.

Измерить длительно допустимый ток через тело человека. Для этого необходимо плавно вращать ручку резистора  $R_x$  против часовой стрелки, увеличивая ток  $I_d$  в цепи тела человека. Значение опасного тока  $I_d$  соответствует загоранию индикатора, расположенного на изображении человека.

Ток через тело человека  $I_d$  измеряется с помощью амперметра A1 в пределе измерения 20 мА. Положение переключателя амперметра — A1.

5) Отключить стенд — S2 в положение 0.

**Задание 3. Определить работоспособность УЗО совместно с занулением.**

1) Установить значение параметров сети с заземленной нейтралью (переключатели S4-S11) в соответствии с заданием преподавателя. Переключатель S1 перевести в правое положение. Переключатель S3 перевести в верхнее положение. Переключатель S12 перевести в положение «0».

2) Установить переключатель S15 в положение УЗО.

3) Занулить корпус электропотребителя: S18 в правое положение.

4) Повернуть ручку резистора  $R_x$  против часовой стрелки до положения 0. Установить переключателем S13 сопротивление тела человека  $R_x = 1$  кОм. Включить потребитель нажатием кнопки «ПУСК».

- 5) Обнулить миллисекундомер нажатием кнопки «СБРОС».
- 6) Нажать кнопку S16, имитируя этим прикосновение человека к фазному проводу в зоне защиты УЗО. Измерить значение времени срабатывания УЗО по миллисекундомеру.
- 7) Выключить стенд — переключатель S2 в положение 0.

#### 16.4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Результаты измерений представить в виде таблиц. Отчет должен содержать схемы сети, иллюстрирующие измерения, выводы по работе.

##### Литература

1. Иванов Е. А., Галка В. Л., Малаян К. Р. Безопасность электроустановок и систем автоматики: Учеб. пособие. — СПб.: «Элмор». — 384 с.
2. ГОСТ Р 50.571.3-94 (МЭК 364-4-41-94) Электроустановки зданий. Ч. 4. Требования по обеспечению безопасности. Защита от поражения электрическим током.
3. ГОСТ Р 50.807-95 (МЭК 755-83) Устройства защитные, управляемые дифференциальным (остаточным) током. Общие требования и методы испытаний.
4. ПУЭ. Раздел 1.7 Электробезопасность. (7-е изд.) 2002.
5. Охрана труда в электроустановках /Под ред. проф. Б. А. Князевского. — Л.: «Энергия», 1977.

##### Контрольные вопросы

1. Что такое УЗО? (Определение)
2. Какими свойствами должно обладать УЗО?
3. Что такое отключающий дифференциальный ток?
4. Область возможного применения УЗО?
5. Каковы недостатки УЗО?
6. Что такое неотключающий дифференциальный ток?

### Лабораторная работа № 17 ИССЛЕДОВАНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗАЗЕМЛИТЕЛЕЙ РАСТЕКАНИЮ ТОКА

**Цель работы:** Ознакомиться с методами измерения сопротивления заземлителей, удельного объемного сопротивления грунта и исследовать зависимость сопротивления группового заземляющего устройства от числа, геометрических размеров и взаимного расположения одиночных заземлителей, влияние расстояний между зондом и вспомогательным заземлителем с одной стороны и измеряемым заземлителем с другой на точность измерений.

#### 17.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Для обеспечения безопасности обслуживающего персонала при работе с электроустановками применяется заземление открытых проводящих частей (металлических нетоковедущих) электрического оборудования.

Стеkanie тока в землю происходит через проводник, находящийся в непосредственном контакте с землей. Такой контакт может быть случайным или преднамеренным. В последнем случае проводник, находящийся в контакте с землей, называется *заземлителем* или *электродом*. Если несколько электродов соединены между собой параллельно, то это называется *групповым заземлителем*.

В соответствии с Правилами устройства электроустановок (ПУЭ) *заземлению подлежат* металлические части электротехнических устройств, нормально не находящиеся под напряжением, но которые могут оказаться под напряжением в случае повреждения изоляции: корпуса электрических машин, аппаратов и трансформаторов, каркасы пультов управления, арматура, металлические оболочки и броня кабелей, трубы электропроводки и др.

Электроустановки при номинальных значениях напряжения менее 50 В переменного и 120 В постоянного тока *заземления*

не требуют во всех случаях, кроме случаев, предусмотренных соответствующими главами ПУЭ, например, электроустановки в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и др.

Заземлители бывают искусственными и естественными.

В качестве искусственных заземлителей могут быть использованы:

- ◆ вертикально забитые в землю стальные трубы с толщиной стенок  $\geq 3,5$  мм;
- ◆ угловая сталь толщиной  $\geq 4$  мм;
- ◆ металлические стержни для вертикальных заземлителей диаметром  $> 16$  мм;
- ◆ горизонтально проложенные в землю стальные полосы сечением  $\geq 100$  мм<sup>2</sup> с толщиной стенки  $\geq 4$  мм;
- ◆ круглая сталь для горизонтальных заземлителей диаметром  $> 10$  мм.

ПУЭ рекомендует использовать в качестве естественных заземлителей:

- 1) 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;
  - 2) металлические трубы водопровода, проложенные в земле;
  - 3) обсадные трубы буровых скважин;
  - 4) металлические шпунты гидротехнических сооружений, водоводы, закладные части затворов и т. п.;
  - 5) рельсовые пути магистральных неэлектрифицированных железных дорог и подъездные пути при наличии преднамеренного устройства перемычек между рельсами;
  - 6) другие находящиеся в земле металлические конструкции и сооружения;
  - 7) металлические оболочки бронированных кабелей, проложенных в земле. Оболочки кабелей могут служить единственными заземлителями при количестве кабелей не менее двух.
- Алюминиевые оболочки кабелей использовать в качестве заземлителей не допускается.

Не допускается использовать в качестве заземлителей трубопроводы горючих жидкостей, горючих или взрывоопасных газов и смесей и трубопроводов канализации и центрального отопления. Указанные ограничения не исключают необходимости присоединения таких трубопроводов к заземляющему устройству с целью уравнивания потенциалов в соответствии с п.1.7.82. ПУЭ. Прокладка в земле алюминиевых неизолированных проводников не допускается.

У мест ввода заземляющих проводников в здания должен быть предусмотрен опознавательный знак .

Присоединение заземляющих проводников к заземлителям должно быть сварным; к корпусам аппаратов, манипуляторов сварным или с помощью надежных болтовых соединений, не менее чем двумя проводниками в разных местах (для естественных заземлителей).

Каждый заземляемый элемент электроустановки должен быть присоединен к заземлителю или заземляющей магистрали при помощи отдельного ответвления.

Ток, проходящий через заземлитель в землю, преодолевает сопротивление, называемое *сопротивлением заземлителя растеканию тока* или просто *сопротивлением заземлителя*.

Сопротивление заземлителя состоит из трёх частей: сопротивления самого заземлителя, переходного сопротивления между заземлителем и грунтом, сопротивления грунта. Две первые части по сравнению с третьей весьма малы, поэтому под *сопротивлением заземлителя* растеканию тока понимают *сопротивление грунта растеканию тока*.

Согласно ПУЭ, сопротивления заземляющих устройств нормируются.

Для заземления электрооборудования в сети с изолированной нейтралью напряжением до 1 кВ сопротивление заземляющего устройства должно быть не более 4 Ом. При мощности источника тока до 100 кВА заземляющие устройства могут иметь сопротивление не более 10 Ом.

В электроустановках с глухозаземленной нейтралью нейтраль генератора или трансформатора трехфазного переменного тока,

средняя точка источника постоянного тока, один из выводов источника однофазного тока должны быть присоединены к заземлителю при помощи заземляющего проводника.

Сопротивление заземляющего устройства, к которому присоединены нейтрали генератора или трансформатора или выводы источника однофазного тока, в любое время года должно быть не более 2, 4 и 8 Ом соответственно при линейных напряжениях 660, 380 и 220 В.

Для сетей с заземленной нейтралью напряжением до 1 кВ общее сопротивление растеканию заземлителей (в том числе и естественных) всех повторных заземлений нулевого рабочего провода в любое время года должно быть не более 5, 10, 20 Ом соответственно при линейных напряжениях 660, 380, 220 В источника трехфазного тока. Эти сопротивления должны контролироваться с определенной периодичностью, согласно требованиям ПУЭ.

Поскольку плотность тока в земле на расстоянии больше 20 м от заземлителя весьма мала, можно считать, что сопротивление стекающему с заземлителя току оказывает лишь соответствующий объем земли, например, при одиночном полусферовом заземлителе это полусфера радиусом 20 м. При разных формах и размерах заземлителей сопротивление этого объема грунта различно. Поэтому расчет сопротивления растеканию тока заземлителей производят по различным формулам в зависимости от условия расположения в грунте, формы и размеров заземлителей. Взаимное расположение предполагает, прежде всего, расстояние между заземлителями, если оно менее 20 м. При этом возникает взаимное влияние полей растекания токов в земле от близко расположенных заземлителей заземляющего устройства. Такое взаимное влияние учитывается коэффициентом использования  $\alpha$  при определении сопротивления ЗУ.

Так, для наиболее часто применяемых электродов сопротивление растеканию определяется следующими формулами:

- ♦ для вертикального стержневого, верхний конец которого заглублен в землю (рис. 17.1а),

$$R = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \left( \ln \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot l + l}{4 \cdot l - l} \right), \quad (17.1)$$

где  $l$  и  $d$  — длина и диаметр стержня, м;

$\rho$  — удельное объемное сопротивление грунта, Ом·м;

$t$  — заглубление электрода, т. е. расстояние от поверхности земли до середины электрода, м;

- ♦ для вертикального стержневого, верхний конец которого расположен на поверхности земли,

$$R = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \ln \frac{4 \cdot l^2}{l^2};$$

- ♦ для горизонтального полосового, уложенного на некоторой глубине параллельно поверхности земли (рис. 17.1б),

$$R = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \ln \frac{2 \cdot l^2}{b \cdot t}, \quad (17.2)$$

где  $l$  и  $b$  — длина и ширина полосы, м;

$t$  — заглубление полосы, м.

Из уравнений (17.1), (17.2) видно, что сопротивление заземлителя растеканию тока прямо пропорционально удельному объемному сопротивлению грунта  $\rho$ , т. е. сопротивлению куба грунта с ребром длиной 1 м. Удельное объемное сопротивление имеет размерность Ом·м.

Значение удельного объемного сопротивления грунта земли колеблется от десятков Ом·м до десятков тысяч Ом·м, так как оно зависит от многих факторов (влажности грунта, температуры, рода грунта, степени его уплотненности, а также от времени года).

При проектировании заземляющего устройства (ЗУ) необходимо определить удельное объемное сопротивление грунта  $\rho$  в том месте, где будет сооружаться заземление. В справочниках приводятся ориентировочные значения  $\rho$ , которые могут отличаться от истинных в десятки и сотни раз.

Удельное объемное сопротивление грунта определяется методом одного или четырех контрольных электродов. Первый метод состоит в следующем: измеряется сопротивление растеканию  $R_{\text{зм}}$

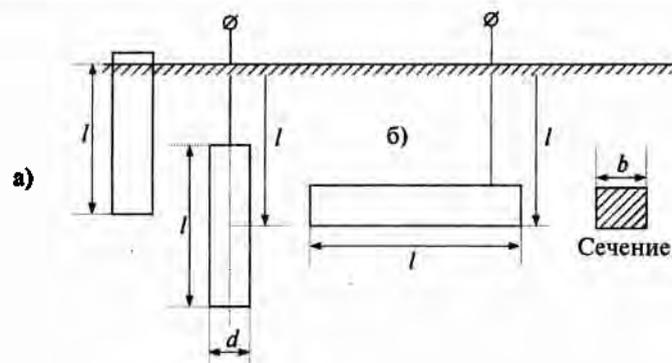


Рис. 17.1. Типы одиночных заземлителей (электродов): а – стержневой вертикальный, заглубляемый; б – полосовой горизонтальный

одиночного заземлителя, погруженного в землю на участке, где будет сооружаться заземление. Затем, решая формулу (17.1) относительно  $\rho$ , определяют удельное сопротивление грунта.

Для измерения методом четырех электродов заглубляют в грунт четыре одинаковых заземлителя на равных расстояниях «а» друг от друга. Крайние электроды соединяют с токовыми зажимами  $I_1$  и  $I_2$  измерителя сопротивлений МС-08, а средние — с потенциальными:  $E_1$  и  $E_2$ . Удельное сопротивление грунта определяют по формуле

$$\rho = 2\pi a \cdot R, \quad (17.3)$$

где  $R$  — показание прибора.

Поскольку в самое неблагоприятное время года производить измерения не всегда возможно,  $\rho$  принимают равным произведению измеренного объемного сопротивления  $\rho_{изм}$  на коэффициент сезонности  $\psi$ , учитывающий возможное повышение  $\rho_{изм}$  за счет изменения погодных условий (промерзания или просыхания грунта):

$$\rho = \rho_{изм} \cdot \psi \quad (17.4)$$

Коэффициент  $\psi$  берётся из табл. 17.1.

Таблица 17.1

Признаки климатических зон и соответствующие им коэффициенты сезонности

Характеристика климатической зоны и тип электрода	Климатические зоны России			
	1	2	3	4
<b>Признаки климатических зон</b>				
Средняя многолетняя низшая температура (январь), °С	От -20 до -15	От -14 до -10	От -10 до 0	От 0 до +5
Средняя многолетняя высшая температура (июль), °С	От +10 до +18	От +18 до +22	От +22 до +24	От +24 до +26
Среднегодовое количество осадков, см	40	50	50	30 50
Продолжительность замерзания вод, дней	190 170	150	100	0
<b>Коэффициенты сезонности</b>				
Вертикальные электроды длиной 2–3 м при глубине заложения вершин 0,5–0,8 м	1,8 2,0	1,5 1,8	1,4 1,6	1,2 1,4
Горизонтальные электроды при глубине заложения 0,8 м	4,5 7,0	3,5 4,5	2,0 2,5	1,5 2,0

В качестве контрольных следует применять такие же электроды, какие будут использоваться при устройстве заземления.

**Оборудование для исследования сопротивления заземляющих устройств электроустановок**

Работа выполняется на участке земли, где размещены специальные заземлители (рис. 17.2а) или в лаборатории на стенде (рис. 17.2б), к клеммам которого с помощью изолированных проводов присоединены эти же заземлители.

Для определения зависимости сопротивления растеканию тока группового заземлителя от числа его электродов служат два ряда электродов (№ 1–10) одинаковой длины, заглубленных в землю вертикально (трубы диаметром 50 мм) на расстоянии 2,5 м друг от друга (рис. 17.3а).

Для определения расчетного удельного объемного сопротивления грунта  $\rho_{расч}$  используется любой из вертикальных одиночных заземлителей — и горизонтальный полосовой № 19 (рис. 17.3а), размеры которых известны.

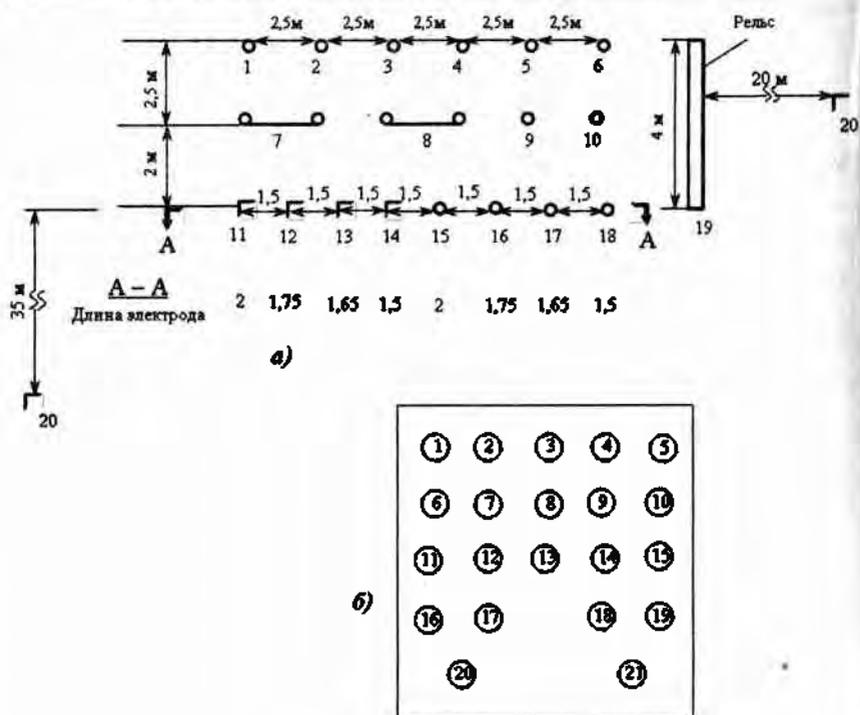


Рис. 17.2. Схема расположения исследуемых заземлителей: а - план размещения заземлителей в грунте; б - схема заземлителей на столе в лаборатории

Для определения зависимости сопротивления растеканию тока одиночного вертикального заземлителя от его размеров используются:

- ♦ заглубленные в землю вертикально в один ряд уголки с одинаковыми полками 45×45 мм, длиной 2; 1,75; 1,65; и 1,5 м (рис. 17.3а);
- ♦ трубы одинакового диаметра 50 мм и длиной 2; 1,75; 1,65; 1,5 м (рис. 17.3б).

Глубина заложения всех заземлителей от поверхности земли до верхнего конца электрода — 0,25 м.

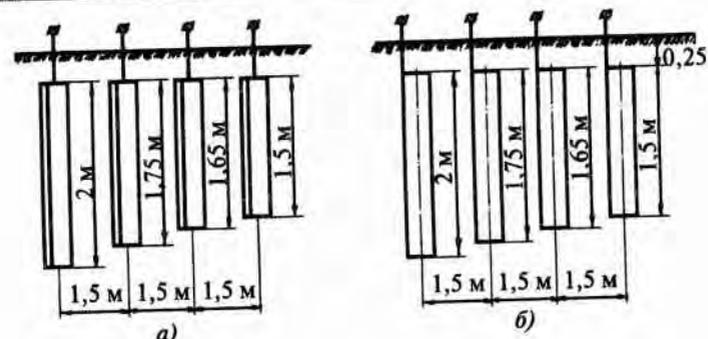


Рис. 17.3. Размещение вертикальных одиночных заземлителей: а - уголки (№ 11-14); б - трубы (№ 15-18)

Для выполнения лабораторных исследований сделано ещё одно ЗУ в другом месте и другой конфигурации (рис. 17.4). Устройство состоит из 10 стальных труб диаметром 48 мм и длиной 1,6–1,7 м, забитых вертикально в землю на глубину 1,5 м и расположенных в ряд (см. рис. 17.4). Расстояние между трубами принято равным длине заглубленной части трубы  $a = l = 1,5$  м. Каждый заземлитель соединен с лабораторным щитком отдельным изолированным проводом. На лабораторном щитке можно соединять заземлители в различных комбинациях, что позволяет проводить измерения удельного сопротивления грунта, а также сопротивления растеканию тока каждого заземлителя в отдельности и ЗУ с разным количеством заземлителей и различными расстояниями между ними ( $a = l, a = 2l, a = 3l$ ).

Такие конструкции ЗУ позволяют полностью выполнить программу работы.

Измерение сопротивления растеканию тока в земле от заземлителя осуществляется известным методом измерения «амперметра-вольтметра», который реализуется в специальных приборах. Суть метода состоит в создании и измерении тока через исследуемое сопротивление (амперметром) и падения напряжения на нем вольтметром. Отношение полученных напряжения и тока в соответствии с законом Ома и есть искомое сопротивление  $R_{\text{зем}}$ .

Для измерения сопротивления заземляющих устройств в полевых условиях используются переносные, автономные измерители малых сопротивлений МС-08 или М-416. В шахтах, опасных по газу и пыли, для измерения сопротивления ЗУ применяют искробезопасные приборы М-1103, ИЗШ-52, ИЗШИ-59.

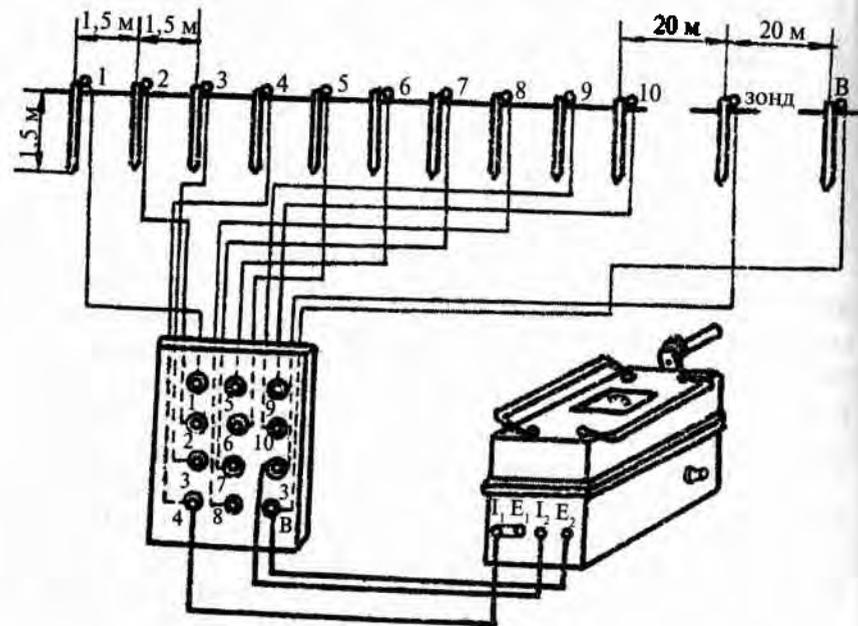


Рис. 17.4. Схема экспериментальной установки

Упрощённая схема прибора МС-08 показана на рис. 17.5.

Прибор имеет автономный генератор тока и некоторые элементы, позволяющие повысить точность измерений. В нём применен логометр магнитоэлектрической системы, у которого первая рамка включена в цепь тока: отрицательный полюс генератора постоянного тока — механический преобразователь — испытуемый заземлитель  $R_x$  — вспомогательный токовый электрод — выпрямитель — положительный полюс генератора последовательно с

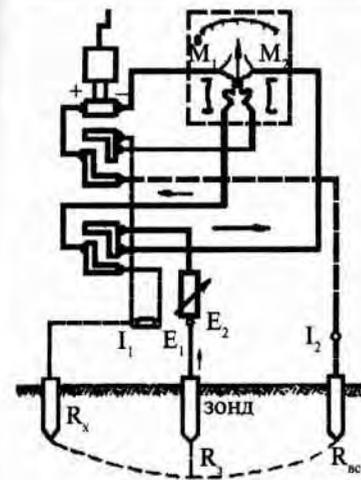


Рис. 17.5. Упрощённая схема измерителя малых сопротивлений МС-08

источником питания. Вторая (потенциальная рамка) подключается вместе с последовательно соединённым добавочным резистором к испытуемому заземлителю  $R_x$  и электроду-зонду. В результате цепь второй рамки находится под напряжением, равным падению напряжения на измеряемом сопротивлении заземления, а ток в первой рамке равен току в испытуемом заземлителе, и показание логометра пропорционально определяемому сопротивлению заземлителя  $R_x$ .

Наличие в схеме прибора механического преобразователя и выпрямителя обеспечивает независи-

мость показаний этого прибора от блуждающих токов; наличие в цепи потенциальной рамки регулируемого резистора исключает влияние сопротивления зонда  $R_z$ .

Прибор имеет три предела измерения: 0—10, 0—100 и 0—1000 Ом.

Схемы соединений и расположение её элементов при измерении изображены на рис. 17.6.

Для создания электрических цепей необходимо иметь проводники достаточной длины и два дополнительных заземлителя. Вспомогательный заземлитель (для создания токовой цепи) и зонд (для измерения падения напряжения на измеряемом заземлителе) в большинстве случаев могут быть выполнены в виде латунного или стального стержня диаметром не менее 5 мм. Стержни забивают в грунт на глубину не менее 0,5 м на расстоянии не ближе 20 м друг от друга и от испытуемого заземлителя.

При измерениях в полевых условиях прибор следует установить возможно ближе к испытуемому заземлителю, в противном случае, особенно при измерении малых сопротивлений, необходимо снять

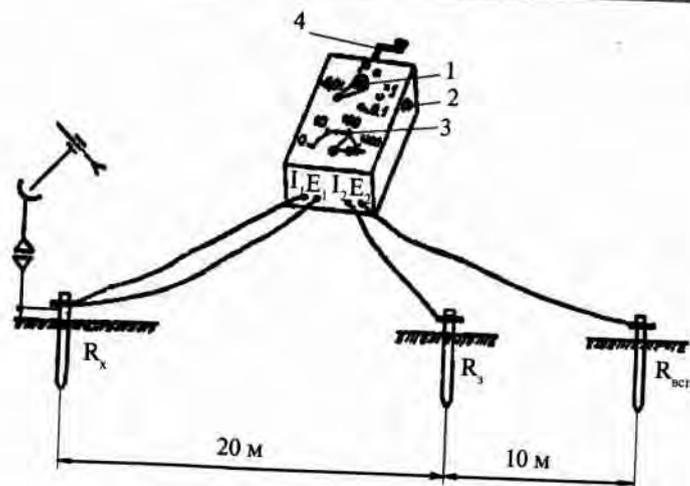


Рис. 17.6. Схема включения измерителя заземления:  
 1 - переключатель пределов измерений; 2 - регулируемый резистор в цепи потенциальной рамки;  
 3 - красная черта на шкале; 4 - ручка генератора;  
 $R_x$  - испытуемый заземлитель;  $R_z$  - зонд;  $R_{всп}$  - вспомогательный заземлитель

перемычку между зажимами, обозначенными  $I_1$  и  $E_1$ , и соединить каждый из них с испытуемым заземлителем отдельным проводником. Когда прибор не будет учитывать сопротивление соединительных проводов, установить прибор (см. рис. 17.6), забить в землю на глубину не менее 0,5 м и на расстоянии не ближе 20 м друг от друга и от испытуемых заземлителей два стальных стержня (токовый электрод на рис. 17.5 обозначен  $R_{всп}$  и электрод-зонд обозначен  $R_z$ ); произвести измерения.

При выполнении работы в лаборатории использовать заземлители, обозначенные на стенде цифрами 20 и 21 (см. рис. 17.2)  $R_x$  и  $R_z$  (см. рис. 17.4) и удаленные на расстояние более 20 м от испытуемого заземлителя.

Прибор может быть использован также для определения удельного сопротивления грунта. При использовании других устройств следует руководствоваться указаниями, приведенными в их паспортах.

При выполнении работы в лабораториях используются заранее проложенные соединительные проводники (см. рис. 17.2, 17.4).

## 17.2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Изучить приборы и освоить методику измерения сопротивления заземлителей растеканию тока, исследовать зависимости сопротивлений одиночных заземлителей от их размеров, группового заземлителя от числа заземлителей и взаимного расположения в грунте, вычислить удельное сопротивление грунта по данным измерения сопротивлений вертикального, горизонтального заземлителей, четырёх электродов.

**Задание 1.** Исследовать зависимость сопротивления растеканию тока одиночного вертикального заземлителя от его размеров, т. е. от поверхности соприкосновения с землей.

Для этого измерить с помощью имеющегося в наличии прибора (МС-08, М-416 или др.) сопротивление растеканию  $R_x$  каждого из восьми одиночных стержневых заземлителей (на стенде № 11-18):

- подключить прибор по схеме, приведенной на рис. 17.6;
- переключатель 1 поставить в положение Р (РЕГУЛИРОВКА); вращая ручку генератора со скоростью 120-135 об/мин, выставить стрелку прибора на красную черту регулируемым резистором потенциальной цепи 2;
- переключатель 1 переместить в положение ИЗМЕРЕНИЕ;
- вращая ручку генератора, произвести отсчет по шкале измерений;
- построить графики зависимостей  $R_x = f(S)$ , где  $S$  — поверхность соприкосновения электрода с землей.

**Задание 2.** Исследовать зависимости сопротивления растеканию группового заземлителя от числа  $n$  его электродов.

Для этого следует поочередно, присоединяя заземлители одинаковой длины (№ 1-10), измерять сопротивления получаемых групповых заземлителей  $R_{гп}$ , построить график  $R_{гп} = f(n)$ .

**Задание 3.** Исследовать зависимость сопротивления растеканию тока группового заземлителя при различных расстояниях между отдельными вертикальными электродами ( $a = l, a = 2l, a = 3l$ ). При этом число электродов взять равным трем.

**Задание 4.** Определить расчетное удельное сопротивление грунта.

Для этого:

а) измерить сопротивления растеканию одиночных заземлителей, вертикального стержневого и горизонтального полосового с помощью имеющегося измерителя,

♦ выполнить измерение методом четырех электродов;

б) вычислить удельные объемные сопротивления грунта  $\rho_{\text{изм в}}$  и  $\rho_{\text{изм г}}$  при вертикальном стержневом и горизонтальном полосовом заземлителях, подставив в формулы (17.1) и (17.2) значения измеренных сопротивлений заземлителей,

♦ вычислить удельное объемное сопротивление грунта  $\rho$  по методу четырех электродов (формула 17.3);

в) определить коэффициенты сезонности при вертикальном и горизонтальном заземлителях  $\psi_v$  и  $\psi_r$ , пользуясь табл. 17.1 и указаниями преподавателя о климатической зоне местности;

г) вычислить расчетные значения удельных объемных сопротивлений грунта при вертикальном стержневом  $\rho_{\text{рас в}}$  и горизонтальном полосовом  $\rho_{\text{рас г}}$  заземлителях по формуле (17.4).

Сделать выводы о влиянии геометрических размеров одиночных заземлителей на их сопротивления растеканию тока, об экономически невыгодных размерах таких заземлителей, а также о характере зависимости сопротивления группового заземлителя от числа его электродов.

Дать пояснение необходимости учета коэффициента сезонности и условий выбора его значений.

Выполнить измерения сопротивлений отдельных заземлителей, используя в качестве зонда и вспомогательного заземлителя электроды, расположенные в непосредственной близости от испытуемого, и оценить полученную погрешность измерения.

Определить коэффициент использования заземлителей  $\eta$  при измерении сопротивления двух ЗУ с одинаковым числом однотипных заземлителей, но с различными расстояниями между ними.

### 17.3. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать:

- ♦ наименование и цель работы;
- ♦ содержание работы;
- ♦ схемы исследуемых цепей, заземлителей;
- ♦ необходимые иллюстрации;
- ♦ таблицы результатов измерений;
- ♦ графики полученных зависимостей.

В отчете, кроме сведений о проведенных исследованиях, должны содержаться выводы для всех исследуемых случаев.

#### Литература

1. Иванов Е. А., Галка В. Л., Малаян К. Р. Безопасность электроустановок и систем автоматики: учеб. пособие. — СПб.: «Элмор». — 384 с.
2. ГОСТ 12.1.030 «ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление».
3. ПУЭ. Раздел 1.7 Электробезопасность. (7-е изд.), 2002.

#### Контрольные вопросы

1. От чего зависит величина сопротивления растеканию тока в земле?
2. Какими приборами можно измерить сопротивление заземлителя?
3. Какова методика измерения заземлителя в полевых условиях?
4. Что учитывает коэффициент использования?
5. Каким нормативным документом и в зависимости от чего нормируются заземлители?

## Лабораторная работа № 18 ИЗУЧЕНИЕ СРЕДСТВ И МЕТОДОВ ДОЗИМЕТРИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

**Цель работы:** Изучить принципы нормирования ионизирующих излучений, приборы и методы дозиметрического контроля, научиться проводить измерения уровня радиации и оценку радиационной опасности.

**Содержание работы:** 1. Изучить методику контроля уровня радиации и степени радиоактивного заражения различных предметов по гамма-излучению с помощью измерителей мощности дозы ДП-5В, ИМД-5.

2. Изучить методику измерения экспозиционной и поглощенной доз гамма-излучения с помощью индивидуальных дозиметров ИД-1, ДКП-50А.

3. Изучить методику контроля радиационной обстановки на местности по гамма-излучению и оценки загрязненности бета-гамма-излучающими нуклидами различных поверхностей, проб воды, продуктов питания и других объектов с помощью дозиметра-радиометра ИРД-02Б1.

4. Провести измерения дозовых характеристик с помощью имеющихся приборов.

5. Дать оценку измеренных дозовых характеристик ионизирующего излучения.

6. Составить отчет по лабораторной работе.

### 18.1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ И ПОНЯТИЯ

**Ионизирующее излучение** — излучение, взаимодействие которого со средой приводит к образованию ионов разных знаков. Видимый свет и ультрафиолетовое излучение принято не включать в понятие «ионизирующее излучение». При этом различают фотонное и корпускулярное ионизирующие излучения.

К фотонному ионизирующему излучению относятся: гамма-излучение, возникающее при изменении энергетического состояния атомных ядер или при аннигиляции частиц; тормозное излучение, возникающее при уменьшении кинетической энергии заряженных частиц; характеристическое излучение, возникающее при изменении энергетического состояния электронов атома. На практике часто используется рентгеновское излучение, состоящее из тормозного и (или) характеристического излучений.

К корпускулярному излучению, состоящему из частиц с массой, отличной от нуля, относятся, например, альфа-излучение, электронное, протонное, нейтронное.

Гамма-излучение имеет внутриядерное происхождение. Гамма-излучение представляет собой жесткое (большой энергии) электромагнитное излучение, распространяющееся со скоростью света.

Рентгеновское излучение, являющееся потоком электромагнитных колебаний, отличается от гамма-излучения условиями образования (не имеет внутриядерного происхождения), а также своими свойствами (длиной волны или энергией).

Эти излучения называются проникающими, поскольку значительно ослабляются при прохождении через вещество.

Альфа-излучение. В результате альфа-распада радиоактивного изотопа образуется поток альфа-частиц, т. е. ядер атомов гелия.

Проникающая способность  $\alpha$ -частиц, испускаемых известными в настоящее время радионуклидами, достигает 8–9 см в воздухе, а в мягкой биологической ткани — нескольких десятков микрон.

Бета-излучение представляет собой бета-частицы (отрицательно заряженные электроны или положительно заряженные позитроны), движущиеся с большой скоростью, приближающейся к скорости света.

Проникающая способность  $\beta$ -частиц в воздухе составляет 22 см, пробег в мягкой биологической ткани достигает от 0,02 до 1,9 см.

Нейтронное излучение. При делении тяжелых ядер или при некоторых типах взаимодействия различных видов излучения с веществом возникают нейтроны — электрически нейтральные частицы.

Нейтроны, представляющие собой поток незаряженных частиц, при прохождении через вещество взаимодействуют только с ядрами атомов, поэтому обладают существенной проникающей способностью.

*Дозовые характеристики поля излучения*

Характеристики излучения, в первую очередь, регламентируются активностью радионуклидов в источнике, т. е. уровнем самопроизвольных ядерных превращений радиоактивного распада.

*Активность радионуклида в источнике (образце) A* — отношение числа  $dN$  спонтанных ядерных превращений, происходящих в источнике (образце) за интервал времени  $dt$ , к этому интервалу:

$$A = dN / dt .$$

Единица активности радионуклида в системе СИ — *беккерель* (Бк). Беккерель равен активности нуклида в радиоактивном источнике, в котором за время 1 с происходит один спонтанный распад.

Внесистемная единица активности — *кюри* (Ки) (табл. 18.1).

Для оценки поля фотонного излучения при использовании внесистемных единиц применяют понятие «экспозиционная доза».

*Экспозиционная доза X* — это количественная характеристика фотонного излучения, которая основана на его ионизирующем действии в сухом атмосферном воздухе и представляет собой отношение суммарного заряда  $dQ$  всех ионов одного знака, созданных в воздухе, к массе воздуха в объеме  $dm$ :

$$X = dQ / dm .$$

Единица экспозиционной дозы в системе СИ — *кулон на килограмм* (Кл/кг).

Внесистемная единица экспозиционной дозы — *рентген* (Р) (табл. 18.2).

Основной физической величиной, определяющей степень радиационного воздействия, является поглощенная доза ионизирующего излучения.

*Поглощенная доза ионизирующего излучения D* — отношение средней энергии  $d\bar{W}$ , переданной ионизирующим излучением веществу в элементарном объеме, к массе  $dm$  вещества в этом объеме:

$$D = \frac{d\bar{W}}{dm} .$$

ГОСТ допускает вместо термина «поглощенная доза излучения» использовать краткую форму «доза излучения».

Единица поглощенной дозы в системе СИ — *грей* (Гр). Грей равен поглощенной дозе ионизирующего излучения, при которой веществу массой 1 кг передается энергия ионизирующего излучения, равная 1 Дж.

Внесистемной единицей поглощенной дозы ионизирующего излучения является *рад* (рад) (см. табл. 18.1).

Таблица 18.1

Соотношения между единицами СИ и внесистемными единицами в области ионизирующих излучений

Величина и её обозначение	Названия и обозначения единиц		Связь с единицей СИ
	Единица СИ	Внесистемная единица	
Активность $A$	Беккерель (Бк)	Кюри (Ки)	1 Ки = $3,700 \cdot 10^{10}$ Бк
Концентрация (объемная активность) радионуклида в атмосферном воздухе или воде $A_p$	Беккерель на кубический метр (Бк/м <sup>3</sup> )	Кюри на литр (Ки/л)	1 Ки/л = $3,700 \cdot 10^{10}$ Бк/м <sup>3</sup>
	Беккерель на литр (Бк/л)	Кюри на литр (Ки/л)	1 Ки/л = $3,700 \cdot 10^{10}$ Бк/л
Поглощенная доза $D$	Грей (Гр)	Рад (рад)	1 рад = 0,01 Гр
Мощность поглощенной дозы $\dot{D}$	Грей в секунду (Гр/с)	Рад в секунду (рад/с)	1 рад/с = 0,01 Гр/с
Эквивалентная доза $H$	Зиверт (Зв)	Бэр (бэр)	1 бэр = 0,01 Зв
Мощность эквивалентной дозы $\dot{H}$	Зиверт в секунду (Зв/с)	Бэр в секунду (бэр/с)	1 бэр/с = 0,01 Зв/с
Экспозиционная доза $X$	Кулон на килограмм (Кл/кг)	Рентген (Р)	1 Р = $2,58 \cdot 10^{-4}$ Кл/кг
Мощность экспозиционной дозы $\dot{X}$	Ампер на килограмм (А/кг)	Рентген в секунду (Р/с)	1 Р/с = $2,58 \cdot 10^{-4}$ А/кг

В задачах радиационной безопасности при хроническом облучении человека в малых дозах (в дозах, не превышающих пяти предельно допустимых годовых доз при облучении всего тела человека) основной величиной для оценки биологического действия излучения любого состава является эквивалентная доза.

Эквивалентная доза ионизирующего излучения  $H$  — произведение поглощенной дозы  $D$  на средний коэффициент качества излучения  $\bar{k}$  в данном объеме биологической ткани стандартного состава:

$$H = kD,$$

где  $\bar{k}$  — средний коэффициент качества (табл. 18.2);

Таблица 18.2

Рекомендуемые значения  $\bar{k}$  для излучений различных видов с неизвестным энергетическим составом

Вид излучения	$\bar{k}$
Рентгеновское и $\gamma$ -излучение, электроны, позитроны, $\beta$ -излучение	1
Нейтроны с энергией меньше 20 кэВ	3
Нейтроны с энергией 0,1–10 МэВ	10
Протоны с энергией меньше 10 МэВ	10
$\alpha$ -излучение с энергией меньше 10 МэВ	20
Тяжелые ядра отдачи	20

Коэффициент качества представляет собой регламентированное значение неблагоприятных биологических последствий облучения человека в малых дозах.

Единица эквивалентной дозы в системе СИ — зиверт (Зв).

Зиверт — единица эквивалентной дозы любого вида излучения в биологической ткани, которое создает такой же биологический эффект, как и поглощенная доза в 1 Гр рентгеновского или  $\gamma$ -излучения.

Внесистемная единица эквивалентной дозы — бэр (биологический эквивалент рад) (см. табл. 18.1).

Мощность поглощенной дозы  $D$  (мощность экспозиционной дозы  $X$ , мощность эквивалентной дозы  $H$ ) — отношение приращения поглощенной дозы  $dD$  (экспозиционной дозы  $dX$ , эквивалентной дозы  $dH$ ) за интервал времени  $dt$  к этому интервалу:

$$\dot{D} = \frac{dD}{dt}; \quad \dot{X} = \frac{dX}{dt}; \quad \dot{H} = \frac{dH}{dt}.$$

В табл. 18.1 приведены соотношения между единицами в системе СИ и внесистемными единицами в области ионизирующих излучений.

В случае неравномерного облучения разных органов или тканей тела человека используется понятие *эффективной эквивалентной дозы*  $H_E$ .

Для оценки радиационной опасности введено понятие риска. Риск — вероятность возникновения неблагоприятных последствий для человека (смерть, травматизм, заболевание и т. п.) вследствие облучения, аварии или другой причины, проявление которой носит стохастический характер. Например, риск смерти от курения  $r_T^4 = 5 \cdot 10^{-4}$  случаев/(чел.·год).

Предел индивидуального пожизненного риска в условиях нормальной эксплуатации для техногенного облучения персонала в течение года принимается округленно  $1,0 \cdot 10^{-3}$ , а для населения —  $5 \cdot 10^{-5}$ .

Уровень пренебрежительного риска разделяет область оптимизации риска и область безусловного приемлемого риска и составляет  $10^{-6}$ .

Эффективная эквивалентная доза

$$H_E = \sum_T w_T H_T,$$

где  $H_T$  — эквивалентная доза в  $T$ -м органе или ткани;  $w_T$  — взвешивающий фактор, представляющий собой отношение стохастического риска смерти в результате облучения  $T$ -го органа или ткани к риску смерти от равномерного облучения всего тела при одинаковых эквивалентных дозах (табл. 18.3). Таким образом,  $w_T$  определяет

весовой вклад данного органа или ткани в риск неблагоприятных последствий для организма при равномерном облучении.

Единицы измерения эффективной эквивалентной дозы совпадают с единицами эквивалентной дозы.

Таблица 18.3

Взвешивающие факторы  $w_T$  и риск смерти от злокачественных опухолей и наследственных дефектов в результате облучения для 1 чел. при эквивалентной дозе 1 Зв  $r_T$  для задач радиационной защиты

Орган или ткань	Заболевание	$r_T \cdot 10^{-2}, \frac{1}{\text{чел.} \cdot \text{Зв}}$	$w_T$
Гонады	Наследственные дефекты*	0,40	0,25
Молочная железа	Рак	0,25	0,15
Красный костный мозг	Лейкемия	0,20	0,12
Легкие	Рак	0,20	0,12
Щитовидная железа	Рак	0,05	0,03
Поверхность кости	Злокачественные новообразования	0,05	0,03
Все другие органы	То же	0,50**	0,30**
Из них на каждый		0,10	0,06
<b>ВСЕГО</b>		<b>1,85</b>	<b>1,00</b>

\* У первых двух поколений потомства облученных лиц.

\*\* Эта величина распределяется между пятью оставшимися органами и тканями, которые получили самую высокую эквивалентную дозу.

Таблица 18.4

Радиационное воздействие и соответствующие биологические эффекты

Доза, Зв	Мощность дозы или продолжительность	Воздействие	
		Облучение	Биологический эффект
1	2	3	4
0,003	В течение недели Ежедневно (в течение нескольких лет)	О	Практически отсутствует
0,01		О	
0,015	Единообразно	Л	Хромосомные нарушения в опухолевых клетках (культура соответствующих тканей)
0,25	В течение недели	Л	Практически отсутствует

Окончание табл. 18.4

1	2	3	4
0,5 1	Накопление малых доз	Л	Удвоение мутагенных эффектов у одного поколения
2	Единообразно	О	Тошнота
3-5		О	СД <sub>50</sub> для людей
4		Л	Выпадение волос (обратимое)
4 5	0,1 0,5 3 в/сут	О	Возможно излечение в стационарных условиях
6 9	3 Зв/сут или накопление малых доз	Л	Радиационная катаракта
10 25	2 3 Зв/сут	Л	Возникновение рака сильно радиочувствительных органов
25 60		Л	Возникновение рака умеренно радиочувствительных органов
40 50	2 3 Зв/сут	Л	Дозовый предел для нервных тканей
50 60	2 3 Зв/сут	Л	Дозовый предел для желудочно-кишечного тракта

Примечание. О — общее облучение тела; Л — локальное облучение; СД<sub>50</sub> — доза, приводящая к 50 %-ной смертности среди лиц, подвергшихся облучению.

Значения некоторых доз и эффектов воздействия излучения на организм приведены в табл. 18.4.

## 18.2. ГИГИЕНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ УРОВНЕЙ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

Действие ионизирующих излучений в определенных дозах может вызвать неблагоприятные для здоровья эффекты, которые могут стать явными у самого облученного лица или проявиться у его потомства. В первом случае их принято называть *соматическими*, во втором — *генетическими* или *наследственными*.

### 18.2.1. Уровни при работе с источниками ионизирующих излучений

Основным государственным документом, регламентирующим уровни облучения персонала и населения в нашей стране, являются

«Нормы радиационной безопасности» (НРБ) и «Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений» (ОСП). Применительно к отдельным видам деятельности, связанной с использованием источников ионизирующих излучений, разработаны специализированные нормативы.

Нормами радиационной безопасности устанавливаются следующие категории облучаемых лиц:

**Группа А** — персонал (профессиональные работники) — лица, которые постоянно или временно работают непосредственно с источниками ионизирующих излучений;

**Группа Б** — персонал (профессиональные работники) — лица, которые не работают непосредственно с источниками излучения, но по условиям размещения рабочих мест могут подвергаться воздействию радиоактивных веществ и других источников ионизирующих излучений, применяемых в учреждениях и (или) удаляемых во внешнюю среду с отходами;

*Все население, включая лиц персонала вне сферы условий их производственной деятельности.*

Для категорий облучаемых лиц устанавливаются три класса нормативов:

- 1) основные пределы доз (ПД) приведены в табл. 18.5;
- 2) допустимые уровни многофакторного воздействия (для одного радионуклида, пути поступления или одного вида внешнего облучения), являющиеся производными от основных пределов доз: пределы годового поступления (ПГП), допустимые среднегодовые активности (ДОВА), среднегодовые удельные активности (ДУА) и др.;
- 3) контрольные уровни (дозы, уровни, активности, плотности потоков и др.). Их значения должны учитывать достигнутый в организации уровень радиационной безопасности и обеспечивать условия, при которых радиационное воздействие будет ниже допустимого.

Для достижения целей защиты устанавливаются *основные дозовые пределы*. К основным дозовым пределам относятся пределы доз для населения.

Таблица 18.5

## Основные пределы доз

Нормируемые величины*	Пределы доз	
	Персонал (группа А)**	Население
Эффективная доза	20 мЗв в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год	1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год
Эквивалентная доза за год в хрусталике глаза*** коже**** кистях и стопах	150 мЗв 500 мЗв 500 мЗв	15 мЗв 50 мЗв 50 мЗв

\* Допускается одновременное облучение до указанных пределов по всем нормируемым величинам.

\*\* Основные пределы доз, как и все остальные допустимые уровни облучения персонала группы Б, равны  $1/4$  значений для персонала группы А. Далее в тексте все нормативные значения для категории персонала приводятся только для группы А.

\*\*\* Относится к дозе на глубине 300 мг/см<sup>2</sup>.

\*\*\*\* Относится к среднему по площади в 1 см<sup>2</sup> значению в базальном слое кожи толщиной 5 мг/м<sup>2</sup> под покровным слоем толщиной 5 мг/см<sup>2</sup>. На ладонях толщина покровного слоя — 40 мг/см<sup>2</sup>. Указанным пределом допускается облучение всей кожи человека при условии, что в пределах усредненного облучения любого 1 см<sup>2</sup> площади кожи этот предел не будет превышен. Предел дозы при облучении кожи лица обеспечивает не превышение предела дозы на хрусталик от β-частиц.

*Пределы доз (ПД)* — наибольшее значение индивидуальной эквивалентной дозы за год, которое при равномерном воздействии в течение 50 лет не вызовет в состоянии здоровья персонала (группа А) неблагоприятных изменений, обнаруживаемых современными методами.

Основные пределы (ПД) и остальные уровни допустимого облучения персонала группы Б равны 0,25 значений для персонала группы А.

Основные пределы доз облучения не включают в себя дозы от природного и медицинского облучения, а также дозы вследствие

радиационных аварий. На эти виды облучения устанавливаются специальные ограничения.

Эффективная доза для персонала не должна превышать за период трудовой деятельности (50 лет) — 1000 мЗв, а для населения за период жизни (70 лет) — 70 мЗв.

### 18.2.2. Уровни фонового облучения человека

Компонентами фоновых источников ионизирующих излучений являются космическое излучение и естественные радиоактивные вещества, содержащиеся в воздухе и почве, а также в организме самого человека. В условиях естественного фонового облучения человек и все живые организмы находятся постоянно. Особенность естественной радиации — практическая неизменность мощности дозы во времени для данной местности.

Мощность дозы естественного фона составляет около 0,15 мкЗв/ч, в зависимости от местных условий может меняться в два раза. Некоторые горные породы, например, гранит, слабо радиоактивны и поэтому вызывают повышенный уровень излучения. Вплотную к гранитной стене мощность дозы излучения может возрасти на 0,15 мкЗв/ч.

Естественный фон больше при подъеме над уровнем моря, а также в местах выхода на поверхность земли горных пород, содержащих уран или продукты его распада. В основном на территории России гамма-фон составляет 10–20 мкР/ч (0,1–0,2 мкЗв/ч) и не превышает 60 мкР/ч.

Уровни фонового облучения человека могут служить основой для его сравнения с облучением от искусственных источников радиации. Так, установленные в настоящее время пределы доз и контрольные уровни для населения сравнимы с уровнями естественного фона.

Сводные результаты о годовых среднемировых уровнях облучения от естественных источников ионизирующих излучений приведены в табл. 18.6.

Если мощность дозы превышает 1,2 мкЗв/ч, рекомендуется удалиться с данного места или оставаться на нем не более полугода за год. Если мощность дозы превысит 2,5 мкЗв/ч, время пребывания

следует ограничить одним кварталом в год, при 7 мкЗв/ч — одним месяцем в год.

Таблица 18.6

Эквивалентные и эффективные эквивалентные годовые дозы облучения населения за счет природных источников радиации в регионах с нормальным фоном

Вид облучения	Эквивалентная доза облучения органов и тканей $H$ , мкЗв						Эффективная эквивалентная доза $H_e$ , мкЗв
	Красный костный мозг	Эндостальные клетки	Легкие	Щитовидная железа	Желудочно-кишечный тракт	Гонады	
Внешнее	620	620	620	620	620	620	620
Внутреннее	290	1240	420	310	310	310	380
Всего	910	1860	1040	930	930	930	1000

### 18.2.3. Уровни радиоактивных загрязнений

В случае радиационных катастроф на объектах ядерной энергетики и промышленности, а также при применении ядерного оружия регламентируются уровни радиоактивного загрязнения местности, рабочих поверхностей, кожи, спецодежды и средств индивидуальной защиты (табл. 18.7).

Таблица 18.7

Допустимые уровни радиоактивного загрязнения рабочих поверхностей, кожи, спецодежды и средств индивидуальной защиты, част/(см<sup>2</sup>×мин)

Объект загрязнения	Альфа-активные нуклиды		Бета-активные нуклиды
	отдельные	прочие	
1	2	3	4
Неповрежденная кожа, спецбелье, полотенца, внутренняя поверхность лицевых частей средств индивидуальной защиты	2	0	200

Окончание табл. 18.7

1	2	3	4
Основная спецодежда, внутренняя поверхность дополнительных средств индивидуальной защиты, наружная поверхность спецовки	5	20	2000
Поверхности помещений постоянного пребывания персонала и находящегося в них оборудования	5	20	2000

В определенных условиях источники радиоактивного излучения могут попадать в организм с загрязненными радиоактивными веществами, продуктами питания и водой, создавая опасность внутреннего облучения. Соответственно, возникает задача контроля удельной и объемной активности в молоке, мясе, хлебе, рыбе и др. (табл. 18.8).

Таблица 18.8

Допустимые уровни радиоактивного загрязнения пищевых продуктов

Вид продуктов	Удельная $A_m$ или объемная $A_v$ активность образца	
	Бк/кг; Бк/л	Ки/кг; Ки/л
Вода питьевая, молоко	$3,7 \cdot 10^2$	$1 \cdot 10^{-6}$
Мясопродукты, рыбопродукты	$3,7 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^{-7}$
Зерно, крупа, хлебопродукты	$3,7 \cdot 10^2$	$1 \cdot 10^{-6}$
Молокопродукты, овощи, зелень	$3,7 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^{-7}$
Яйцо (пара), сахар	$1,85 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^{-6}$
Сгущенное молоко, грибы	$1,85 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^{-7}$
Сыр, масло сливочное, жиры растительные, маргарин	$7,4 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^{-7}$
Лекарственные растения на сухое вещество	$7,4 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^{-7}$

Если загрязнение контролируемого продукта достигает 4 кБк/кг (л), рекомендуется отказаться от их потребления или ограничить потребление вдвое по сравнению с обычным рационом. Если излучение от продуктов питания повысит мощность дозы до 0,3 мкЗв/ч над уровнем фона, потребление таких продуктов должно составлять не более четверти обычного рациона, при 1 мкЗв/ч — не более одной десятой.

## 18.3. ПРИНЦИПЫ И МЕТОДЫ ДОЗИМЕТРИИ

Принцип обнаружения ионизирующих излучений (нейтронов, гамма-лучей, бета- и альфа-частиц) основан на способности этих излучений ионизировать вещество среды, в которой они распространяются. Ионизация является причиной физических и химических изменений в веществе, которые могут быть обнаружены и измерены. Это изменения электропроводности веществ (газов, жидкостей, твердых материалов); люминесценция (свечение) некоторых веществ; засвечивание фотопленок; изменение цвета, окраски, прозрачности, сопротивления электрическому току некоторых химических растворов и др.

Для обнаружения и измерения ионизирующих излучений используют следующие методы:

- ♦ фотографический;
- ♦ сцинтилляционный;
- ♦ химический;
- ♦ ионизационный.

*Фотографический метод* основан на определении степени почернения фотоэмульсии. Под воздействием ионизирующих излучений молекулы бромистого серебра, содержащегося в фотоэмульсии, распадаются на серебро и бром. При этом образуются кристаллики серебра, которые и вызывают почернение фотопленки при ее проявлении. Плотность почернения пропорциональна поглощенной энергии излучения. Сравнивая плотность почернения с эталоном, определяют дозу излучения (экспозиционную или поглощенную), полученную пленкой. На этом принципе основаны индивидуальные фотодозиметры.

*Сцинтилляционный метод.* Некоторые вещества (сернистый цинк, йодистый натрий) под воздействием ионизирующих излучений светятся. Количество вспышек пропорционально мощности дозы излучения и регистрируется с помощью специальных приборов — фотоэлектронных умножителей.

*Химический метод.* Некоторые химические вещества под воздействием ионизирующих излучений меняют свою структуру. Так,

хлороформ в воде при облучении разлагается с образованием соляной кислоты, которая дает цветную реакцию с красителем, добавленным к хлороформу. Двухвалентное железо в кислой среде окисляется в трехвалентное под воздействием свободных радикалов  $\text{HO}_2$  и  $\text{OH}$ , образующихся в воде при ее облучении. Трехвалентное железо с красителем дает цветную реакцию. По плотности окраски судят о дозе излучения (поглощенной энергии). На этом принципе основаны химические дозиметры ДП-70 и ДП-70М.

**Ионизационный метод.** Под воздействием излучений в изолированном объеме происходит ионизация газа: электрически нейтральные атомы (молекулы) газа разделяются на положительные и отрицательные ионы. Если в этот объем поместить два электрода, к которым приложено постоянное напряжение, то между электродами создается электрическое поле. При наличии электрического поля в ионизированном газе возникает направленное движение электрически заряженных частиц, то есть через газ проходит электрический ток, называемый ионизационным. Измеряя ионизационный ток, можно судить об интенсивности ионизирующих излучений.

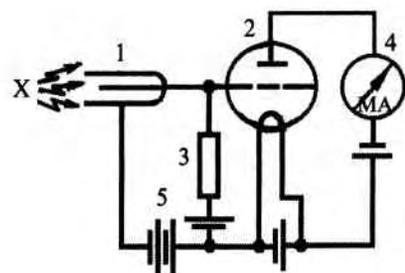


Рис. 18.1.

Приборы, работающие на основе ионизационного метода, имеют принципиально одинаковое устройство (рис. 18.1) и включают: воспринимающее устройство (ионизационную камеру или газоразрядный счетчик) 1, усилитель ионизационного тока (электрическая схема, включающая электрометрическую лампу 2, нагрузочное сопротивление 3 и другие элементы), регистрирующее устройство 4 (микроамперметр) и источник питания 5 (сухие элементы или аккумуляторы).

**Газоразрядный счетчик** используется для измерения радиоактивных излучений малой интенсивности. Высокая чувствительность

счетчика позволяет измерять интенсивность излучения в десятки тысяч раз меньше той, которую удается измерить ионизационной камерой.

Газоразрядный счетчик представляет собой полый герметичный металлический или стеклянный цилиндр, заполненный разреженной смесью инертных газов (аргон, неон) с некоторыми добавками, улучшающими работу счетчика (пары спирта). Внутри цилиндра вдоль его оси натянута тонкая металлическая нить (анод), изолированная от цилиндра. Катодом служит металлический корпус или тонкий слой металла, нанесенный на внутреннюю поверхность стеклянного корпуса счетчика. К металлической нити и токопроводящему слою (катоде) подают напряжение электрического тока.

В газоразрядных счетчиках используют принцип усиления газового разряда. Следовательно, в цепи счетчика электрического тока также нет. При воздействии радиоактивного излучения в рабочем объеме счетчика образуются заряженные частицы. Электроны, двигаясь в электрическом поле к аноду счетчика, площадь которого значительно меньше площади катода, приобретают кинетическую энергию, достаточную для дополнительной ионизации атомов газовой среды. Таким образом, одна частица радиоактивного излучения, попавшая в объем смеси газового счетчика, вызывает образование лавины свободных электронов. В результате этого возникает электрический импульс. Регистрируя количество импульсов тока, возникающих в единицу времени, можно судить об интенсивности радиоактивных излучений.

#### 18.4. ДОЗИМЕТРИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ

Дозиметрические приборы предназначены для:

- ♦ контроля облучения — получения данных о поглощенных или экспозиционных дозах облучения людьми или животными;
- ♦ контроля радиоактивного заражения радиоактивными веществами людей, животных, а также техники, транспорта,

оборудования, средств индивидуальной защиты, одежды, продовольствия, воды и других объектов;

- ♦ радиационной разведки — определения уровня радиации на местности.

Кроме того, с помощью дозиметрических приборов может быть определена наведенная радиоактивность в облученных нейтронными потоками различных технических средствах, предметах и грунте.

Для радиационной разведки и дозиметрического контроля на объекте используют дозиметры и измерители мощности экспозиционной дозы, тактико-технические характеристики которых приведены в табл. 18.9.

Таблица 18.9

Тактико-технические характеристики дозиметров и измерителей мощности экспозиционной дозы

Наименование	Назначение	Диапазон измерения	Погрешность измерения дозы, %	Диапазон рабочих температур, °С	Основные данные о комплектности	Масса, кг
1	2	3	4	5	6	7
<b>Дозиметры</b>						
Комплект дозиметров ДП-22В, имеющих дозиметры ДКП-50А	Для измерения экспозиционных доз гамма-излучения	2 50 · Р	- 10	40...+50	ДКП-50А — 50 шт. Зарядное устройство ЗД-5 1 шт.	ДКП-50А — 32 г. Комплект в упаковочном ящике 5 кг; ЗД-5 1,4 кг.
Комплект дозиметров ДП-24, имеющих дозиметры ДКП-50А	То же	2 50 · Р	- 10	40...+50	ДКП-50А — 50 шт. Зарядное устройство ЗД-5 1 шт.	ДКП-50А — 32 г. Комплект в упаковочном ящике 3,2 кг

Окончание табл. 18.9

1	2	3	4	5	6	7
Комплект индивидуальных дозиметров ИД-1	Для измерения поглощенных доз гамма-нейтронного излучения	20 500 рад	-20	50...+50	ИД-1 10 шт. Зарядное устройство ЗД-6 1 шт.	ИД-1 40 г. Комплект в футляре 1,5 кг. ЗД-6 0,5 кг.
<b>Измерители мощности экспозиционной дозы (радиометры)</b>						
Измеритель мощности дозы ДП-5А (Б) ДП-5В ИМА-5)	Для измерения мощности экспозиционной дозы гамма-излучения на местности и радиоактивного заражения различных поверхностей по гамма-излучению	0,05 МР/ч 200 Р/ч	-30	40...+50 при влажности 65-15 %	Прибор в футляре с контрольным источником бета-излучения — 1 шт. Удлинительная штанга — 1 шт.	ДП-5А (Б) 2,8 кг ДП-5В 3,2 кг ИМА-5 3,5 кг
Измеритель мощности дозы ДП-5В	То же	0,05 МР/ч 200 Р/ч	-30	40...+50 при влажности 65-15 %	То же	3,2 кг
Дозиметр-радиометр ИРА-02Б1	Для измерения мощности эквивалентной дозы гамма-излучения и оценки загрязненности излучающими нуклидами проб воды, пищи, почвы и т.л. по бета-излучению	0,1 19,99 мкЗв/ч 1·10 <sup>4</sup> 2·10 <sup>6</sup> Бк/л	±40	0 +40 °С при влажности до 80 %	Прибор с элементами питания А316 — 6 шт.	0,75 кг

Комплекты индивидуальных дозиметров ДП-22В и ДП-24, имеющие дозиметры карманные прямопоказывающие ДКП-50А, предназначенные для контроля экспозиционных доз гамма-облучения, получаемых людьми при работе на зараженной радиоактивными веществами местности или при работе с открытыми и закрытыми источниками ионизирующих излучений.

Комплект дозиметров ДП-22В (рис. 18.2,а) состоит из зарядного устройства 1 типа ЗД-5 и 50 индивидуальных дозиметров карманных прямопоказывающих 2 типа ДКП-50А. В отличие от ДП-22В комплект дозиметров ДП-24 (рис. 18.2,б) имеет пять дозиметров ДКП-50А.

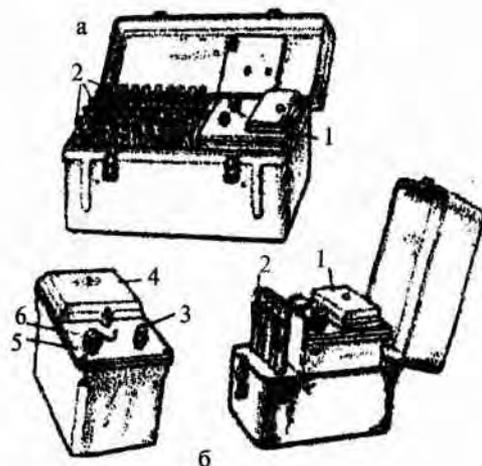


Рис. 18.2. Комплект дозиметров: а — ДП-22В; б — ДП-24

Устройство 1 предназначено для зарядки дозиметров ДКП-50А. В корпусе ЗД-5 размещены: преобразователь напряжения, выпрямитель высокого напряжения, потенциометр-регулятор напряжения, лампочка для подсвета зарядного гнезда, микровыключатель и элементы питания. На верхней панели устройства находятся: ручка потенциометра 3, зарядное гнездо 5 с колпачком 6 и крышка отсека питания 4.

Питание осуществляется от двух сухих элементов типа 10,6-ПМЦ-У-8, обеспечивающих непрерывную работу прибора не менее 30 часов при токе потребления 200 мА. Напряжение на выходе зарядного устройства плавно регулируется в пределах от 180 до 250 В.

Дозиметр карманный прямопоказывающий ДКП-50А предназначен для измерения экспозиционных доз гамма-излучения. Конст-

руктивно он выполнен в форме авторучки (рис. 18.3). Дозиметр состоит из дюралевого корпуса 1, в котором расположены ионизационная камера с конденсатором, электроскоп, отсчетное устройство, зарядная часть.

Основная часть дозиметра — малогабаритная ионизационная камера 2, к которой подключен конденсатор 4 с электроскопом.

Внешним электродом системы камеры — конденсатор является дюралевый цилиндрический корпус 1, внутренним электродом — алюминиевый стержень 5. Электроскоп образует изогнутая часть внутреннего электрода (держатель) и приклеенная к нему платинированная визирная нить (подвижной элемент) 3.

В передней части корпуса расположено отсчетное устройство — микроскоп с 90-кратным увеличением, состоящий из окуляра 9, объектива 12 и шкалы 10. Шкала имеет 25 делений (от 0 до 50).

Цена одного деления соответствует двум рентгенам. Шкалу и окуляр крепят фасонной гайкой. В задней части корпуса находится зарядная часть, состоящая из диафрагмы 7 с подвижным контактным штырем 6. При нажатии штырь 6 замыкается с внутренним электродом ионизационной камеры. При снятии нагрузки контактный штырь диафрагмой возвращается в исходное положение. Зарядную часть дозиметра предохраняет от загрязнения защитная оправа 8. Дозиметр крепится к карману одежды с помощью держателя 11. Принцип действия дозиметра подобен действию простейшего электроскопа. В процессе зарядки дозиметра визирная нить 3 электроскопа отклоняется от внутреннего электрода 5 под влиянием сил электростатического отталкивания. Отклонение нити зависит от приложенного напряже-



Рис. 18.3. Дозиметр карманный прямопоказывающий ДКП-50А

ния, которое при зарядке регулируют и подбирают так, чтобы изображение визирной нити совместило с нулем шкалы отсчетного устройства.

При воздействии гамма-излучения на заряженный дозиметр в рабочем объеме камеры возникает ионизационный ток. Ионизационный ток уменьшает первоначальный заряд конденсатора и потенциал внутреннего электрода пропорционально экспозиционной дозе гамма-излучения. Изменение потенциала внутреннего электрода приводит к уменьшению сил электростатического отталкивания между визирной нитью и держателем электроскопа. В результате визирная нить сближается с держателем, а изображение ее перемещается по шкале отсчетного устройства. Держа дозиметр против света и наблюдая через окуляр за нитью, можно в любой момент произвести отсчет полученной экспозиционной дозы излучения.

Дозиметр ДКП-50А обеспечивает измерение индивидуальных экспозиционных доз гамма-излучения в диапазоне от 2 до 50 Р при помощи экспозиционной дозы излучения от 0,5 до 200 Р/ч. Саморазряд дозиметра в нормальных условиях не превышает двух делений за сутки.

Зарядка дозиметра ДКП-50А производится перед выходом на работу в район радиоактивного заражения (действия гамма-излучения) в следующем порядке.

- ◆ Отвинтить защитную оправу дозиметра (пробку со стеклом) и защитный колпачок зарядного гнезда ЗД-5.
- ◆ Ручку потенциометра зарядного устройства повернуть влево до отказа.
- ◆ Дозиметр вставить в зарядное гнездо зарядного устройства, при этом включается подсветка зарядного гнезда и высокое напряжение.
- ◆ Наблюдая в окуляр, слегка нажать на дозиметр и, поворачивая ручку потенциометра вправо, установить нить на «0» шкалы, после чего вынуть дозиметр из зарядного гнезда.
- ◆ Проверить положение нити на свет: ее изображение должно быть на отметке «0», завернуть защитную оправу дозиметра и колпачок зарядного гнезда.

Экспозиционную дозу излучения определяют по положению нити на шкале отсчетного устройства. Отсчет необходимо производить при вертикальном положении нити, чтобы исключить влияние на показание дозиметра прогиба нити от веса.

Комплект ИД-1 предназначен для измерения поглощенных доз гамма-нейтронного излучения. Он состоит из индивидуальных дозиметров ИД-1 и зарядного устройства ЗД-6. Принцип работы дозиметра ИД-1 аналогичен принципу работы дозиметров для измерения экспозиционных доз гамма-излучения типа ДКП-50А.

*Техническая характеристика комплекта ИД-1:*

- ◆ диапазон измерения доз — 20–500 рад;
- ◆ работоспособность сохраняется при температурах от –50 до +50 °С;
- ◆ саморазряд не превышает за 24 часа одно деление, за 150 часов — 2 деления;
- ◆ конструкции дозиметров герметичны, электроды из воздушно-эквивалентной пластмассы, микроскоп 90 крат;
- ◆ в ЗД-6 преобразователь механической энергии в электрическую состоит из 4 пьезоэлементов, соединенных параллельно, и механического усилителя, зарядно-контактного гнезда, ручки для регулирования выходного напряжения, зеркала для освещения шкалы при зарядке дозиметра;
- ◆ время зарядки дозиметра — не более 1 мин и заряд конденсатора 180–250 В;
- ◆ масса измерителя дозы 40 г, зарядного устройства — 540 г, всего комплекта в футляре — 2 кг.

*Подготовка дозиметра к работе:*

- ◆ повернуть ручку против часовой стрелки до упора;
- ◆ снять остаточный заряд со штыря контактно-зарядного гнезда;
- ◆ направить ЗД-6 зеркалом на внешний источник света, добиться максимального освещения шкалы;
- ◆ нажать на дозиметр, наблюдая в окуляр, поворачивать ручку по часовой стрелке до установки нити на 0.

*Измерение дозы облучения.* Вынуть дозиметр из кармана и, наблюдая в окуляр на свет, по положению нити на шкале определить полученную дозу облучения (в радах).

Измерители мощности дозы ДП-5А (Б) и ДП-5В предназначены для измерения уровней радиации на местности и радиоактивной зараженности различных предметов по гамма-излучению. Мощность гамма-излучения определяется в миллирентгенах или рентгенах в час для той точки пространства, в которой помещен при измерениях соответствующий счетчик прибора. Кроме того, имеется возможность обнаружения бета-излучения.

Диапазон измерений по гамма-излучению от 0,05 мР/ч до 200 Р/ч в диапазоне энергий гамма-квантов от 0,084 до 1,25 Мэв. Приборы ДП-5А, ДП-5Б и ДП-5В имеют шесть поддиапазонов измерений (табл. 18.10). Отсчет показаний приборов производится по нижней шкале микроамперметра в Р/ч, по верхней шкале — в мР/ч с последующим умножением на соответствующий коэффициент поддиапазона. Участки шкалы от нуля до первой значащей цифры являются нерабочими.

Устройство и принцип работы измерителя мощности дозы ИМД-5 аналогичны указанным для приборов ДП-5А, ДП-5В.

Таблица 18.10

Поддиапазоны	Положение ручки переключателя поддиапазонов	Шкала	Единица	Пределы измерения	Время установления показателей, с
I	200	0-200	Р/ч	5 200	10
II	X1000	0-5	мР/ч	500 5000	10
III	X100	0-5	То же	50 500	30
IV	X10	0-5		5 50	45
V	X1	0-5		0,5 5	45
VI	X0,1	0-		0,05 0,5	45

Прибор обеспечивает измерение мощности поглощенной дозы гамма-излучения от 0,05 мрад/ч до 200 рад/ч (табл. 18.11).

Прибор обеспечивает индикацию плотности потока бета-излучения в пределах от 50 до 50000 бета-част./(мин. см<sup>2</sup>) (табл. 18.12).

Приборы имеют звуковую индикацию на всех поддиапазонах, кроме первого. Звуковая индикация прослушивается с помощью головных телефонов 8 (см. рис. 18.4).

Таблица 18.11

Поддиапазон	Положение ручки переключателя	Шкала прибора	Обозначение единицы измерения		Пределы измерений
			русское	международное (на шкале)	
1	200	0 200	рад/ч	rad/h	5 200
2	x1000	0 5	мрад/ч	mrad/h	500 5000
3	x100	0 5	мрад/ч	mrad/h	50 500
4	x10	0 5	мрад/ч	mrad/h	5 50
5	x1	0 5	мрад/ч	mrad/h	0,5 5
6	x0,1	0 5	мрад/ч	mrad/h	0,05 0,5

Таблица 18.12

Поддиапазон	Положение ручки переключателя	Шкала прибора	Обозначение единицы измерения		Пределы индикации
			русское	международное (на шкале)	
4	x10 <sup>4</sup>	0 5	бета-част./ (мин. см <sup>2</sup> )	B/(min. cm <sup>2</sup> )	5000 500 00
5	x10 <sup>3</sup>	0 5	бета-част./ (мин. см <sup>2</sup> )	B/(min. cm <sup>2</sup> )	500 5000
6	x10 <sup>2</sup>	0 5	бета-част./ (мин. см <sup>2</sup> )	B/(min. cm <sup>2</sup> )	50 500

Питание приборов осуществляется от трех сухих элементов типа КБ-1 (один из них для подсветки шкалы), которые обеспечивают непрерывность работы в нормальных условиях не менее 40 часов — ДП-5А, 55 часов — ДП-5В и 100 часов — ИМД-5. Приборы могут подключаться к внешним источникам постоянного тока напряжением: 3,6 и 12 В — ДП-5А и 12 или 24 В — ДП-5В и ИМД-5, имея для этой цели колодку питания и делитель напряжения с кабелем длиной 10 м соответственно.

Приборы ДП-5А (Б), ДП-5В и ИМД-5 (рис. 18.4). Прибор состоит из измерительного пульта; зонда в ДП-5А (Б) или блока детектирования в ДП-5В 1, соединенных с пультами гибкими кабелями 2; контрольного стронциево-иттриевого источника бета-излучения для проверки работоспособности приборов (с внутренней стороны крышки футляра у ДП-5А (Б) и на блоке детектирования у ДП-5В и ИМД-5).

На панели измерительного пульта размещены: микроамперметр с двумя измерительными шкалами 3; переключатель поддиапазонов 4;

ручка «Режим» 6 (потенциометр регулировки режима); кнопка сброса показаний («Сброс») 7; тумблер подсвета шкалы 5; винт установки нуля 10; гнездо включения головных телефонов 11. Внизу кожуха имеется отсек для размещения источников питания. При отсутствии элементов питания сюда может быть подключен делитель напряжения от источников постоянного тока.

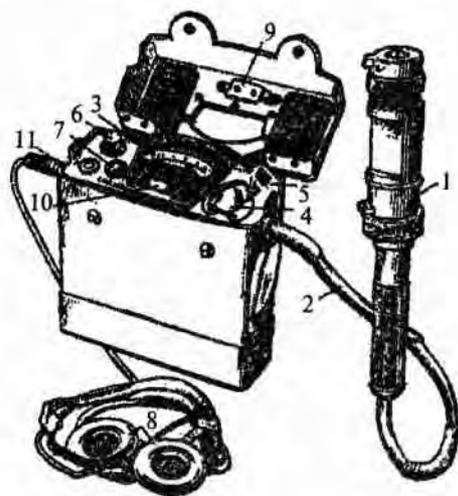


Рис. 18.4. Головные телефоны

При повороте экрана в положении «Б» окно корпуса открывается, и бета-частицы проникают к счетчику. В положении «К» контрольный источник бета-излучения, который укреплен в углублении на экране, устанавливается против окна и в этом положении проверяется работоспособность прибора ДП-5В и ИМД-5.

Головные телефоны 8 состоят из двух малогабаритных телефонов типа ТГ-7М. Они подключаются к измерительному пульта и фиксируют наличие радиоактивных излучений: чем выше мощность излучений, тем чаще звуковые щелчки.

Подготовка прибора к работе проводится в следующем порядке.

Воспринимаемыми устройствами являются газоразрядные счетчики.

Зонд и блок детектирования 1 представляет собой стальной цилиндрический корпус с окном для индикации бета-излучения. На корпус надет металлический поворотный экран, который фиксируется в двух положениях («Г», «Б») на зонде у ДП-5А(Б) и в трех положениях («Г», «Б», «К») на блоке детектирования у ДП-5В и ИМД-5. В положении «Г» окно корпуса закрывается экраном, и в счетчик могут проникать только гамма-лучи.

- ♦ Извлечь прибор из укладочного ящика, открыть крышку футляра, провести внешний осмотр.
- ♦ Вынуть зонд или блок детектирования; присоединить ручку к зонду, а к блоку детектирования — штангу.
- ♦ Установить корректором механический нуль на шкале микроамперметра.
- ♦ Подключить источники питания.
- ♦ Включить прибор, поставив ручки переключателей поддиапазонов в положение: «Реж.» ДП-5А и «А» (контроль режима) у ДП-5В и ИМД-5 (стрелка прибора должна установиться в режимном секторе); у ДП-5А с помощью ручки потенциометра стрелку прибора установить на «А». Если стрелки микроамперметров не входят в режимные сектора, необходимо заменить источники питания.

Проверку работоспособности приборов проводят на всех поддиапазонах, кроме первого («200»), с помощью контрольных источников, для чего экраны зонда и блока детектирования устанавливаются в положения «Б» и «К» соответственно и подключают головные телефоны. В приборе ДП-5А открывают контрольный бета-источник, устанавливают зонд опорными выступами на крышку футляра так, чтобы источник находился против открытого окна зонда. Затем, переводя последовательно переключатель поддиапазонов в положения «X 1000», «X 100», «X 10», «X I» и «X 0,1», наблюдают за показаниями прибора и прослушивают щелчки в телефонах. Стрелки микроамперметров должны зашкаливать на VI и V поддиапазонах, отклоняться на IV, а на III и II могут не отклоняться из-за недостаточной активности контрольных бета-источников.

После этого ручки переключателей поставить в положение «Выкл.» у ДП-5А и «А» у ДП-5В и ИМД-5; нажать кнопки «Сброс»; повернуть экраны в положение «Г». Приборы готовы к работе.

Радиационную разведку местности с уровнями радиации от 0,5 до 5 Р/ч производят на втором поддиапазоне (зонд и блок детектирования с экраном в положении «Г» остаются в кожухах приборов), а свыше 5 Р/ч — на первом поддиапазоне. При измерении прибор должен находиться на высоте 0,7–1 м от поверхности земли.

Степень гамма-радиоактивного заражения объектов определяется в следующей последовательности.

Измеряют гамма-фон в месте не менее 15–20 м от обследуемого объекта. Затем зонд (блок детектирования) подносят к поверхности объекта на расстоянии 1,5–2 см и медленно перемещают над поверхностью объекта (экран зонда в положении «Г»). Из максимальной мощности экспозиционной дозы, измеренной на поверхности объекта, вычитают гамма-фон. Результат будет характеризовать степень гамма-радиоактивного заражения объекта.

Для обнаружения бета-излучений необходимо установить экран зонда в положение «Б» и поднести его к обследуемой поверхности на расстоянии 1,5–2 см. Ручку переключателя поддиапазонов последовательно поставить в положения «X 0,1», «X 1», «X 10» до получения отклонения стрелки микроамперметра в пределах шкалы. Увеличение показаний прибора на одном и том же поддиапазоне по сравнению с гамма-измерением показывает наличие бета-излучения.

Приборы ДП-5А, ДП-5В, ИМД-5 и индивидуальные дозиметры ДП22В, ДП-24 и ИД-1 применяются в условиях интенсивного облучения при радиационных авариях и катастрофах, а также в случае ядерного нападения.

*Дозиметр-радиометр ИРД-02Б1* (далее прибор) предназначен для измерения мощности эквивалентной дозы (МЭД) гамма-излучения, а также для оценки плотности потока бета-излучения от загрязненных поверхностей и оценки загрязненности бета-гамма-излучающими нуклидами проб воды, почвы, пищи, продуктов растениеводства, животноводства и т. п. (рис. 18.5).

Прибор имеет два режима работы, устанавливаемых переключателем «режим работы»:

- ♦ режим «мкЗв/ч» служит для обнаружения и измерения полей гамма-излучения, а также для измерения загрязненности по гамма-излучению проб воды, почвы, пищи, продуктов растениеводства, животноводства и т. д.;
- ♦ режим «част/(мин×см²)» служит для обнаружения и оценки степени загрязненности бета-гамма-излучающими нуклида-

ми поверхностей и проб почвы, пищи, продуктов растениеводства, животноводства и т. д.

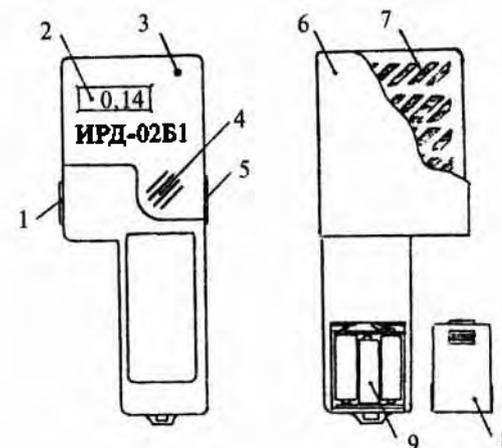


Рис. 18.5. Дозиметр-радиометр ИРД-02Б1:  
1 – переключатель «ВКЛ-ВЫКЛ»; 2 – цифровое табло; 3 – отверстие для градуировки; 4 – звуковой индикатор; 5 – переключатель «мкЗв/ч-част/(мин×см²)»; 6 – экран; 7 – чувствительная поверхность; 8 – крышка отсека питания; 9 – элемент питания в отсеке

**Основные технические характеристики дозиметра-радиометра ИРД-02Б1**

Диапазон измерения по гамма-излучению мощности эквивалентной дозы, мкЗв/ч (экспозиционной дозы — мкР/ч) загрязненности проб воды, продуктов питания, почвы и т. п., Бк/л (Ки/л)	0,1 19,99 ( 10 1999) $1 \times 10^4$ $2 \times 10^9$ $(2,7 \times 10^7$ $5,4 \times 10^6)$
Диапазон оценки по бета-излучению: плотности потока бета-излучения; загрязненных поверхностей, част/(мин×см²); загрязненности проб воды, продуктов питания, почвы и т. п., Бк/л, Бк/кг (Ки/л, Ки/кг)	3 1999 $1 \times 10^3$ $6 \times 10^5$ $(2,7 \times 10^6$ $1,6 \times 10^5)$

### 18.5. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Измерения производятся прибором ИРД-02Б. Определение характеристик ионизирующего излучения производится осреднением 10 результатов измерения в точке замера. Начало измерений производить не ранее чем через 25 с после включения переключателя «ВКЛ–ВЫКЛ» в положение «ВКЛ». При оценке характеристики следует помнить, что последствия облучения определяются не мощностью дозы, а полученной дозой, т. е. мощностью дозы, умноженной на время, в течение которого облучался человек.

#### 18.5.1. Проверка работоспособности прибора ИРД-02Б

Для определения уровня МЭД гамма-излучения необходимо произвести следующие действия:

- ♦ установить переключатель «мкЗв/ч — част/(мин×см²)» в положение «мкЗв/ч»;
- ♦ включить прибор, для чего установите переключатель «ВЫКЛ–ВКЛ» в положение «ВКЛ», после чего должны появиться отчетливые звуковые сигналы и цифровая индикация на дисплее прибора.

При естественном радиационном фоне показаниям 0,05–0,20 мкЗв/ч соответствует частота повторения звукового сигнала 1–2 раза в сек.

**Внимание!** При всех измерениях гамма-излучения не следует снимать экран с прибора.

Примерно через 60 секунд после включения прибор готов к работе, при этом между вторым и третьим разрядом чисел на экране должна быть точка. При отсутствии точки нужно три-четыре раза перевести переключатель из положения «част/(мин×см²)» в положение «мкЗв/ч». Поместить прибор в то место, где необходимо определить МЭД гамма-излучения. Значение на цифровом табло примерно через 25 секунд соответствует величине мощности дозы гамма-излучения в данном месте, выраженной в микрозивертах в час (мкЗв/ч), а без учета точки (запятой) — в микрорентгенах в час (мкР/ч).

**Например:** Показание на цифровом табло прибора 0,14 означает, что мощность дозы составляет 0,14 мкЗв/ч или 14 мкР/ч.

#### 18.5.2. Определение годовой эквивалентной дозы естественного фонового облучения в лаборатории

Порядок выполнения работы.

1. Перевести переключатель прибора в положение мкЗв/ч. Экран должен быть надет на детектор.
2. Измерить мощность экспозиционной дозы в нескольких местах лаборатории. Результаты измерений занести в табл. 18.13.
3. Определить годовую эквивалентную дозу облучения по формуле

$$H = \dot{H}_\phi \cdot T,$$

где  $\dot{H}_\phi$  — средняя мощность эквивалентной дозы в помещении, мкЗв/ч;

$T$  — время воздействия  $\gamma$ -излучения в течение года, ч

4. Сравнить полученные результаты с уровнями естественного фонового облучения человека, приведенными в разделе 18.2.2. и дать оценку уровня естественного фонового облучения в лаборатории.

Таблица 18.13

Источник	Время облучения (год)	№ замера	МЭД источника	Доза
			$\dot{H}$ , (мкЗв/ч)	$H$ , (мкЗв/ч)
			Вид излучения	$\gamma$
Воздушная среда помещения	1	1.		
		2.		
		3.		
		10.		
Среднее значение				

### 18.5.3. Определение загрязненности веществ по бета-излучению

Для проведения работ подготовьте пробу продукта, загрязненность которого предполагается определить. Пробу приготавливайте в бытовой полиэтиленовой крышке, применяемой для закрывания и герметизации банок. Продукт, подлежащий измерению, залейте или, предварительно измельчив, засыпьте ровным слоем в емкость таким образом, чтобы верхний край продукта отстоял от края емкости на 3–5 мм.

**Задание 1.** *Определить загрязненность вещества по бета-излучению.*

В качестве образца можно использовать калийную соль и сигаретный пепел.

1. Подготовить прибор к работе.

2. Перевести переключатель в положение «част/(мин×см<sup>2</sup>)». Снять экран, защищающий детектор от бета-излучения.

Для измерения загрязненности поднести прибор чувствительной поверхностью к предположительно загрязненной поверхности таким образом, чтобы до нее было расстояние не более одного сантиметра.

Через 25 с после размещения прибора над измеряемой поверхностью зафиксировать (запомнить) показание.

3. Не изменяя положения переключателя, закрыть детектор экраном и определить фоновое показание, которое необходимо вычесть из предыдущего для получения действительного значения загрязненности поверхности бета-излучателями. Показания соответствуют числу бета-частиц в минуту с квадратного сантиметра.

Полученную разность показаний следует умножить на 300. Найденное значение будет соответствовать объемной активности пробы в беккерелях на литр.

4. Измерить массовую активность вещества. Для этого детектор со снятой крышкой вплотную поднести к объекту измерения.

Разность показаний следует умножить на 300. Найденное значение будет соответствовать массовой активности пробы в беккерелях на килограмм.

5. Данные измерений заносим в табл. 18.14 и определяем загрязненность исследованной пробы.

Таблица 18.14

Активность радионуклида и радиационное загрязнение образца

Образец	№ замера	Плотность излучения	Загрязненность образца
		$A_0$ , част/мин·см <sup>2</sup>	$A_m$ , Б/кг
Вид излучения:		$\beta$	$\beta$
Калийная соль, Сигаретный пепел	1		
	2		
	3		
	10		
Среднее значение:			

Полученные результаты сравнить с уровнями радиоактивных загрязнений, приведенными в разделе 18.2.3, и оценить приемлемость полученных значений.

### 18.5.4. Определение загрязненности поверхностей по бета-излучению

**Задание 2.** *Измерить плотность потока бета-излучения от загрязненной поверхности.*

В качестве загрязненной поверхности используется лабораторный стол.

Порядок выполнения работы:

1. Перевести переключатель прибора в положение «част/(мин×см<sup>2</sup>)».

2. Снять экран с прибора, поднести детектор к поверхности стола на расстоянии 1 см и через 25 с зафиксировать показание прибора.

3. Вычесть показание прибора, полученное в п. 3, от показания, полученного в п. 2. Разность показаний прибора является действительным значением загрязненности поверхности бета-излучением в единицах «част/(мин×см<sup>2</sup>)».

4. Дать оценку полученных результатов, сравнив их с данными, приведенными в табл. 18.6.

### 18.6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Наименование, цель, программа работы.
2. Принцип действия, порядок подготовки к работе и проведение измерений дозиметрическими приборами. Краткая техническая характеристика их.
3. Заключение о проверке работоспособности дозиметрических приборов.
4. Сравнительные характеристики дозиметрических приборов ДП-5А, ДП-5В и ИМД-5, ИД-1 и ИРД-02Б1 и область их использования.
5. Данные о плотности потока бета-излучения образцов и заключение о степени их радиоактивного загрязнения.
6. Результаты измерения уровня радиационного фона в лаборатории.
7. Оценка уровня радиации в соответствии с допустимыми значениями, регламентируемыми пределами облучения ионизирующего излучения.

#### Литература

1. *Фролов А. В.* Безопасность жизнедеятельности. Охрана труда: Учеб. пособие для вузов / А. В. Фролов, Т. Н. Бакаева; под общ. ред. А. В. Фролова. — Ростов н/Д: Феникс, 2005. — 736 с.
2. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств. (Охрана труда) / П. П. Кукин, В. Л. Лапин и др. — М.: Высш. шк. 2001. — 319 с.
3. *Дудин П. Г., Минин Ю. Г.* и др. Безопасность жизнедеятельности. Ч. 3. Чрезвычайные ситуации / Под ред. А. В. Непомнящего, Г. П. Шилякина. — Таганрог, 1993. — 346 с.
4. *Маргулис Ч. Я.* Атомная энергетика и радиационная безопасность. — М.: Энергоиздат, 1983. — 160 с.

5. *Гусев Н. Г.* и др. Защита от ионизирующих излучений. Т. 1. Физические основы защиты от ионизирующих излучений. — М.: Энергоиздат, 1989. — 512 с.
6. *Максимов М. Т., Оджагов Г. О.* Радиоактивные загрязнения и их измерение. — М.: Энергоатомиздат, 1989. — 304 с.
7. *Атаманюк В. Г., Ширшов Л. Г.* и др. Гражданская оборона. — М.: Высш. шк., 1986. — 207 с.
8. Нормы радиационной безопасности. НРБ-99. Сп 2.6.1.758-99. — М.: Апрохим, 2000. — 109 с.
9. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности. ОСПОРБ-99. СП 2.6.1.79-999. — М.: Апромхим, 2000. — 110 с.

#### Контрольные вопросы

1. Что представляет собой ионизирующее излучение?
2. Назовите виды фотонного и корпускулярного ионизирующего излучения.
3. Единицы измерения ионизирующего излучения.
4. Сформулируйте определение термина «поглощенная доза ионизирующего излучения».
5. Дайте определение понятиям «риск» и «эффективная эквивалентная доза».
6. Назовите основные нормативные документы, регламентирующие уровни облучения персонала и населения.
7. Назовите категории облучаемых лиц.
8. Сформулируйте классы нормативов для категорий облучаемых лиц.
9. Что понимают под пределом доз?
10. Уровни дозового облучения человека.
11. Назовите методы обнаружения и измерения ионизирующих излучений.
12. Для чего предназначены дозиметрические приборы?

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

### Практическое занятие № 1 ИЗУЧЕНИЕ СРЕДСТВ ТУШЕНИЯ ПОЖАРА

**Цель работы:** ознакомиться с первичными мерами пожарной безопасности, способами и средствами тушения пожаров, видами и свойствами огнетушащих веществ, тактико-техническими характеристиками автоматических систем обнаружения и тушения пожара, изучить устройство и правила пользования первичными средствами пожаротушения, научиться пользоваться ими, уяснить порядок действия в случае возникновения пожара.

**Содержание работы:** пользуясь настоящим практикумом и рекомендуемой преподавателем литературой, а также образцами средств пожаротушения, их разрезами, макетами, рисунками, плакатами и схемами, изучить огнетушащие свойства, характеристики, устройство и принцип действия основных средств пожаротушения; под наблюдением преподавателя привести в действие один из огнетушителей, опробовать систему сигнализации.

#### 1.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Каждый инженер должен знать и уметь реализовывать на практике меры пожарной безопасности. Первичные меры пожарной безопасности — это реализация принятых в установленном порядке норм и правил по предотвращению пожаров, спасению лю-

дей и имущества от пожара, являющихся частью комплекса мероприятий по профилактике и тушению пожаров.

Для прекращения горения необходимо добиться такого понижения температуры в зоне реакции, при которой горение прекратится. Абсолютный предел такой температуры называется температурой потухания.

В процессе тушения пожара условия потухания создаются: охлаждением зоны горения или горящего вещества; изоляцией реагирующих веществ от зоны горения; разбавлением реагирующих веществ инертными компонентами, химическим торможением реакции горения.

В практике тушения пожара чаще всего используют сочетание приведенных принципов, среди которых один является в ликвидации горения доминирующим, а остальные способствующими.

Вид и характер выполнения действий в определенной последовательности, направленных на создание условий прекращения горения, называют способом тушения пожара. Существующие способы и средства тушения пожаров показаны на схеме (рис. 1.1).

Отгнетушащие вещества по доминирующему принципу прекращения горения подразделяются на четыре группы: охлаждающего, изолирующего, разбавляющего и ингибирующего действия.



Рис. 1.1. Способы и средства тушения пожаров

Наиболее распространенные огнетушащие средства, относящиеся к конкретным принципам прекращения горения, следующие:

Огнетушащие средства охлаждения	Вода, раствор воды со смачивателем, твердый диоксид углерода (углекислота в снегообразном виде), водные растворы солей.
Огнетушащие средства изоляции	Огнетушащие пены: химическая, воздушно-механическая; огнетушащие порошковые составы; негорючие сыпучие вещества: песок, земля, шлаки, флюсы, графит; листовые материалы: покрывала, щиты.
Огнетушащие средства разбавления	Инертные газы: диоксид углерода, азот, аргон, дымовые газы; водяной пар; тонкораспыленная вода; газодымные смеси; продукты взрыва ВВ; летучие ингибиторы, образующиеся при разложении галоидоуглеводородов.
Огнетушащие средства химического торможения реакции горения	Галоидоуглеводороды: бромистый этил, хладон 114В2 (тетрафтордибромэтан) и 13В1 (трифторбромметан); составы на основе галоидоуглеводородов: 3,5; ННД; 7; БМ; БФ-1; БФ-2; водобромэтиловые растворы (эмульсии), огнетушащие порошковые составы.

Ниже приводится краткая характеристика основных огнетушащих веществ.

**Вода.** Она доступна для целей пожаротушения, экономически целесообразна, химически инертна по отношению к большинству веществ и материалов, имеет незначительную вязкость, несжимаема. При тушении пожаров воду используют в виде компактных, распыленных и тонкораспыленных струй. Удельная теплоемкость, равная 4,19 Дж/(кг·град), придает воде хорошие охлаждающие свойства. В условиях тушения пожара, вода, превращаясь в пар (из 1 литра воды образуется 1700 литров пара), разбавляет реагирующие вещества. Высокая теплота парообразования воды (2236 кДж/кг) позволяет отнимать большое количество тепла в процессе тушения пожара. Низкая теплопроводимость способствует созданию на поверхности горящего материала надежной тепловой изоляции. Значительная термическая стойкость воды (она разлагается на кислород и водород при температуре 1700 °С) способствует тушению большинства твердых материалов, а способность растворять некоторые жидкости (спирт, ацетон, альдегиды, органические кислоты) позволяет разбавлять их до негорючей концентрации. Вода растворяет некоторые пары и газы, поглощает аэрозоли.

Однако вода характеризуется и отрицательными свойствами:

- ◆ электропроводна;
- ◆ имеет большую плотность (не применяется для тушения нефтепродуктов как основное огнетушащее средство);
- ◆ способна вступать в реакцию с некоторыми веществами: калий, кальций, натрий, гидриды щелочных и щелочноземельных металлов, селитра, сернистый ангидрид, нитроглицерин;
- ◆ имеет низкий коэффициент использования в виде компактных струй;
- ◆ имеет сравнительно высокую температуру замерзания (затрудняется тушение в зимнее время) и высокое поверхностное натяжение —  $72,8 \cdot 10^3$  Дж/м<sup>2</sup> (является показателем низкой смачивающей способности воды).

**Вода со смачивателем.** Добавка смачивателей (пенообразователя, сульфанола, эмульгаторов и др. веществ) позволяет значительно снизить поверхностное натяжение воды (до  $36,4 \cdot 10^3$  Дж/м<sup>2</sup>). В таком виде она обладает хорошей проникающей способностью, за счет чего достигается наибольший эффект в тушении пожаров и особенно при горении волокнистых и пористых материалов: торфа, саж. Водные растворы смачивателей позволяют уменьшить расход воды на 30–50 %, а также продолжительность тушения пожара.

**Водяной пар.** Эффективность тушения невысокая, поэтому применяют для защиты закрытых технологических аппаратов и помещений объемом до 500 м<sup>3</sup>, для тушения небольших пожаров на открытых площадках и создания завес вокруг защищаемых объектов. Огнетушащая концентрация — 35 % по объему.

**Тонкораспыленная вода** (размеры капель менее 100 мкм, получается с помощью специальной аппаратуры, работающей при высоком напоре (давлении 2,0–3,0 МПа). Струи воды имеют небольшую величину ударной силы и дальность полета, однако орошают значительную поверхность, более благоприятны к испарению воды, обладают повышенным охлаждающим эффектом, хорошо разбавляют горючую среду. Они позволяют не увлажнять излишние материалы при их тушении, способствуют быстрому снижению

температуры, осаждению дыма или отравляющих облаков. Тонко-распыленную воду используют не только для тушения горящих твердых материалов, нефтепродуктов, но и для защитных действий.

*Твердый диоксид углекислого газа* (углекислота в снегообразном виде) тяжелее воздуха в 1,53 раза, без запаха, плотность 1,97 кг/м<sup>3</sup>. Твердый диоксид углерода имеет широкую область применения: при тушении горящих электроустановок, двигателей, при пожарах в архивах, музеях, выставках и других местах с наличием особых ценностей. При нагревании переходит в газообразное вещество, минуя жидкую фазу, что позволяет применять его для тушения материалов, которые портятся при смачивании (из 1 кг углекислоты образуется 500 л газа). Теплота испарения при — 78,5 °С составляет 572,75 Дж/кг. Неэлектропроводен, не взаимодействует практически со всеми горючими веществами и материалами.

Не используют его для тушения загоревшихся магния и его сплавов, металлического натрия, так как при этом происходит разложение углекислоты с выделением атомарного кислорода.

*Химическая пена* получается в огнетушителях при взаимодействии щелочного и кислотного растворов. Состоит из углекислого газа (80 % об), воды (19,7 %), пенообразующего вещества (0,3 %). Обладает высокой стойкостью и эффективностью в тушении многих пожаров. Однако вследствие электропроводности и химической активности химическую пену не применяют для тушения электро- и радиоустановок, электронной техники, двигателей различного назначения, других аппаратов и агрегатов.

*Воздушно-механическая пена (ВМП)* получается смешением в пенных стволах или генераторах водного раствора пенообразователя с воздухом. Пена бывает: низкой кратности ( $K \leq 10$ ), средней ( $10 < K \leq 200$ ) и высокой ( $K > 200$ ). ВМП обладает необходимой стойкостью, дисперсностью, вязкостью, охлаждающими и изолирующими свойствами, которые позволяют использовать её для тушения твердых материалов, жидких веществ и осуществления защитных действий, для тушения пожаров по поверхности и объемного заполнения горящих помещений. Для подачи пены низкой кратности применяют воздушно-пенные стволы СВП, а для подачи пены

средней и высокой кратности — генераторы ГПС. Для получения ВМП используют пенообразователи (ПО): ПО-ЗАНП; ТЭАС; «САМПО» ПО-6НП; ПО-ЗА и ПО-6К и др.

*Фторсинтетический пленкообразующий пенообразователь «Легкая вода»* — универсальный, высокоэффективный, биологически «мягкий», экологически «чистый» и экономичный продукт. Применяется для тушения различных видов пожаров класса А и пожаров класса Б, особенно он эффективен при тушении пожаров на больших площадях. Применяется в одинаковой концентрации с пресной и морской водой. Пенообразователь утилизируется в индивидуальных очистных сооружениях, не оказывает вредного воздействия на окружающую среду, быстрое тушение снижает вред, наносимый пожаром. Срок хранения пенообразователя — более 25 лет, он защищен от замерзания до — 20°С, а многократное замерзание-оттаивание не изменяет его свойства, высокая эффективность обеспечивает низкий расход при тушении, снижение материальных потерь и риска для людей.

*Огнетушащие порошковые составы (ОПС)* являются универсальными и эффективными средствами тушения пожаров при сравнительно незначительных удельных расходах. ОПС применяют для тушения горючих материалов и веществ любого агрегатного состояния, электроустановок под напряжением, металлов, в том числе металлоорганических и других пирофорных соединений, не поддающихся тушению водой и пеной, а также пожаров при значительных минусовых температурах. Они способны оказывать эффективные действия на подавление пламени комбинированно: охлаждением (отнятием теплоты), изоляцией (за счет образования пленки при плавлении), разбавлением газообразными продуктами разложения порошка или порошковым облаком, химическим торможением реакции горения. Применяются огнетушащие порошки: СИ-2; ПСБ-3М; П-1А; ПС-1; П-ФКЧС; Пирант А; Вексон-АВС; ПХК и др.

*Азот N<sub>2</sub>*, негорюч и не поддерживает горения большинства органических веществ. Плотность при нормальных условиях 1,25 кг/м<sup>3</sup>. Хранят и транспортируют в баллонах в сжатом состоянии. Используют в основном в стационарных установках. Применяют для тушения

натрия, калия, бериллия, кальция и других металлов, которые горят в атмосфере диоксида углерода, а также пожаров в технологических аппаратах и электроустановках. Расчетная огнетушащая концентрация — 40 % по объему. Азот нельзя применять для тушения магния, алюминия, лития, циркония и некоторых других металлов, способных образовывать нитриды, обладающие взрывчатыми свойствами и чувствительные к удару. Для их тушения используют инертный газ аргон.

*Галоидоуглеводороды и составы на их основе* (огнетушащие средства химического торможения реакции горения) эффективно подавляют горение газообразных, жидких, твердых горючих веществ и материалов при любых видах пожаров. По эффективности они превышают инертные газы в 10 и более раз.

Галоидоуглеводороды и составы на их основе являются летучими соединениями, представляют собой газы или легкоиспаряющиеся жидкости, которые плохо растворяются в воде, но хорошо смешиваются со многими органическими веществами. Они обладают хорошей смачивающей способностью, неэлектропроводны, имеют высокую плотность в жидком и в газообразном состоянии, что обеспечивает возможность образования струи, проникающей в пламя, а также удержания паров около очага горения.

Эти огнетушащие вещества можно применять для поверхностного, объемного и локального тушения пожаров. Галоидоуглеводороды и составы на их основе можно использовать практически при любых отрицательных температурах. С большим эффектом их можно использовать при ликвидации горения волокнистых материалов; электроустановок и оборудования, находящегося под напряжением; для защиты от пожаров транспортных средств; вычислительных центров, особо опасных цехов химических предприятий, окрасочных камер, сушилок, складов с горючими жидкостями, архивов, музейных залов, других объектов.

Недостатками этих огнетушащих средств являются: коррозионная активность; токсичность; их нельзя применять для тушения материалов, содержащих в своем составе кислород, а также металлов, некоторых гидридов металлов и многих металлоорганических

соединений. Хладоны не ингибируют горения и в тех случаях, когда в качестве окислителя участвует не кислород, а другие вещества (оксиды азота).

Кроме того, некоторые галоидоуглеводороды неприменимы в чистом виде (бромистый этил, при концентрации 6,5–11,3 % может воспламениться от мощного источника). Используются галоидоуглеводороды: хладон 114В2; хладон 12В1; БФ-1; БФ-2; состав: 3,5; 4НД; БМ и другие.

## 1.2. СРЕДСТВА ПОЖАРОТУШЕНИЯ

К первичным средствам пожаротушения относятся огнетушители, песок, земля, шлаки, листовые материалы, покрывала, щиты.

Огнетушители предназначены для тушения загораний и пожаров в начальной стадии их возникновения. В зависимости от условий тушения загораний созданы различные типы огнетушителей, которые подразделяют на две основные группы: переносные (НПБ 155-96) и передвижные (НПБ 159-97).

1. По виду огнетушащего вещества огнетушители классифицируются:

а) пенные (ОП):

- ◆ химические пенные (ОХП);
- ◆ воздушно-пенные (ОВП) (низкой и средней кратности);

б) газовые:

- ◆ углекислотные (ОУ) подают углекислый газ в виде газа или снега (в качестве заряда применен жидкий углекислый газ);
- ◆ хладоновые (ОХ), аэрозольные и углекислотно-бромэтиловые, которые подают парообразующие огнетушащие вещества (в качестве заряда применены галоидированные углеводороды);

в) порошковые (ОП) - подают огнетушащие порошки (в качестве заряда применены сухие порошки типа ПСБ, П-1А и ПФ);

г) водные (ОВ) - по виду выходящей струи (мелкораспыленной, распыленной и компактной).

2. По способу подачи огнетушащего вещества (принципу вытеснения):

- ♦ под давлением газов, образующихся в результате химической реакции (газогенерирующим элементом);
- ♦ под давлением заряда или рабочего газа, находящегося в емкости с огнетушащим веществом (углекислотные, аэрозольные, воздушно-пенные);
- ♦ под давлением рабочего газа, находящегося в отдельном баллоне (воздушно-пенные, аэрозольные, порошковые);
- ♦ свободным истечением огнетушащего вещества (порошковые типа «Турист» с термическим элементом);
- ♦ с эжектирующим устройством.

3. По количеству огнетушащего вещества:

- ♦ малолитражные ручные с объемом корпуса до 5 л включительно;
- ♦ переносные ручные с объемом корпуса до 10 л включительно;
- ♦ передвижные и стационарные с объемом корпуса более 10 л.

4. По возможности перезарядки (перезаряжаемые, неперезаряжаемые).

*Химические пенные огнетушители* (рис. 1.2). Промышленность выпускает три вида ручных химических пенных огнетушителей: ОХП-10, ОП-М, ОП-9ММ. Химические пенные огнетушители предназначены для тушения пожаров химической пеной, которая образуется в результате взаимодействия щелочной и кислотной частей зарядов.

Чтобы привести в действие химический пенный огнетушитель, поднимают вверх рукоятку, открывающую клапан кислотного стакана, и опрокидывают огнетушитель вниз головкой. Вытекающая из стакана кислотная часть заряда смешивается со щелочной, залитой в корпус огнетушителя, и между ними происходит реакция с образованием углекислого газа, заполняющего пузырьки пены. Углекислый газ создает давление 1,4 МПа (14 кг/см<sup>2</sup>) внутри корпуса, которое выталкивает пену из огнетушителя в виде струи. Ввиду того, что в корпусах химических пенных огнетушителей создается сравнительно высокое давление, перед ра-

ботой необходимо прочистить спрыск шпилькой, подвешенной к ручке огнетушителя.

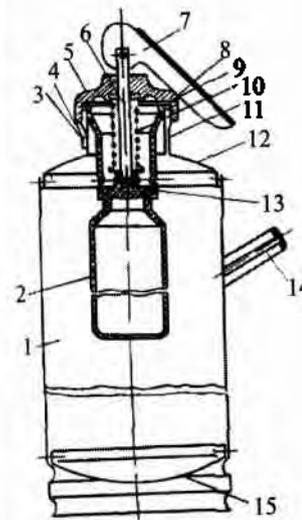


Рис. 1.2. Схема химического пенного огнетушителя ОХП-10:

- 1 - корпус огнетушителя; 2 - кислотный стакан;
- 3 - предохранительная мембрана; 4 - сифон;
- 5 - крышка огнетушителя; 6 - шток; 7 - рукоятка;
- 8 и 9 - резиновые прокладки; 10 - пружина;
- 11 - горловина; 12 - верх огнетушителя;
- 13 - резиновый клапан; 14 - боковой клапан;
- 15 - дно

Химический густопенный морской огнетушитель ОП-М предназначен для тушения загораний на судах, в портовых сооружениях и на складах.

Химический пенный маломанитный огнетушитель ОП-9ММ предназначен для тушения загораний и пожаров всех горючих материалов.

*Воздушно-пенные огнетушители* предназначены для тушения загораний различных веществ и материалов, кроме щелочных металлов и веществ, горящих без доступа воздуха. В качестве заряда применяют, как правило, 6 %-й водный раствор пенообразователя ПО-1.

Различают два вида воздушно-пенных огнетушителей (рис. 1.3 и 1.4): ручные (ОВП-5 и ОВП-10) и стационарные (ОВПУ-250 и ОВП-100).

Для приведения в действие огнетушителя необходимо нажать на пусковой рычаг. При этом пломба срывается, и шток прокалывает мембрану баллона с сжиженным углекислым газом. Выходящая

из баллончика через иппель углекислота создает в корпусе огнетушителя давление, под действием которого раствор по сифонной трубке поступает через распылитель к насадке. В насадке раствор смешивается с воздухом и образуется воздушно-механическая пена.

*Углекислотные огнетушители* предназначены для тушения загораний углекислотой в газо- или снегообразном виде. Применяют также стационарные установки или передвижные углекислотные прицепы. Снегообразную углекислоту применяют для локального тушения загораний снижением температуры горящего вещества и уменьшения содержания кислорода в зоне горения.

Ручные углекислотные огнетушители ОУ-2, ОУ-5 и ОУ-8 предназначены для тушения загораний различных веществ (за исклю-

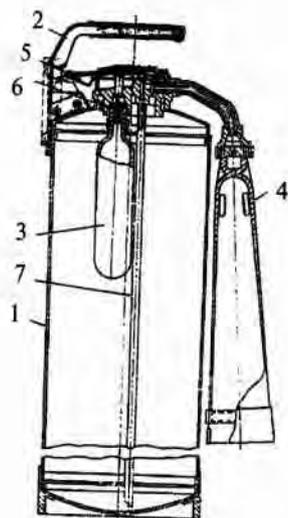


Рис. 1.3. Огнетушитель воздушно-пенный ОВП-10:

- 1 - стальной корпус; 2 - рукоятка для переноса; 3 - баллончик для вытесняющего газа; 4 - воздушно-пенный насадок с распылителем; 5 -пусковой механизм; 6 - крышка корпуса огнетушителя; 7 - сифонная трубка насадки

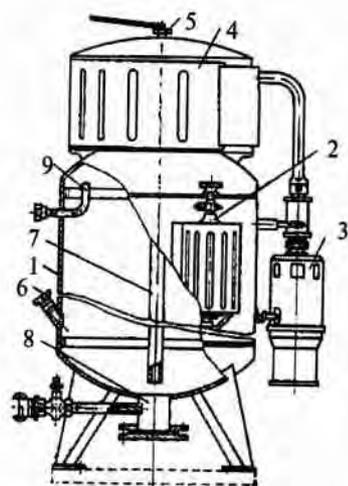


Рис. 1.4. Огнетушитель воздушно-пенный стационарный ОВПУ-250:

- 1 - стальной корпус на опорах; 2 - пусковой баллон; 3 - манометр; 4 - катушка со шлангом; 5 - предохранительный клапан; 6 - патрубок для заливки раствора пенообразователя; 7 - сифонная трубка пенообразователя; 8 - сливной патрубок; 9 - трубка контроля раствора пенообразователя

чением тех, которые могут гореть без доступа воздуха) и электроустановок, находящихся под напряжением. Для приведения в действие раструб огнетушителя направляют на горящий объект и поворачивают маховичок вентиля до упора.

Ручные малогабаритные углекислотные огнетушители ОУ-2ММ и ОУ-5ММ предназначены для тушения загораний в электроустановках, находящихся под напряжением в условиях минимального магнитного поля, а также различных веществ и материалов, за исключением тех, которые могут гореть без доступа воздуха. Углекислотные ручные огнетушители показаны на рис. 1.5.

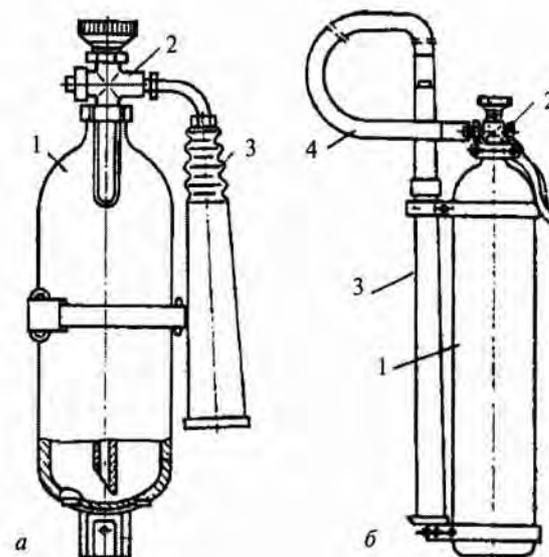


Рис. 1.5. Огнетушитель ручной углекислотный:

- а - ОУ-2, б - ОУ-8; 1 - стальной баллон; 2 - запорный вентиль; 3 - раструб; 4 - гибкий шланг

*Аэрозольные и углекислотно-бромэтиловые огнетушители* предназначены для тушения загораний ЛВЖ, твердых веществ, электроустановок, находящихся под напряжением, и различных материалов, кроме щелочных металлов и кислородсодержащих веществ.

Зарядами огнетушителей служат составы на основе галоидированных углеводородов (бромистого этила, бромистого метилена, тетрафторбромэтана и др.). Данные огнетушители показаны на рис. 1.6 и 1.7.

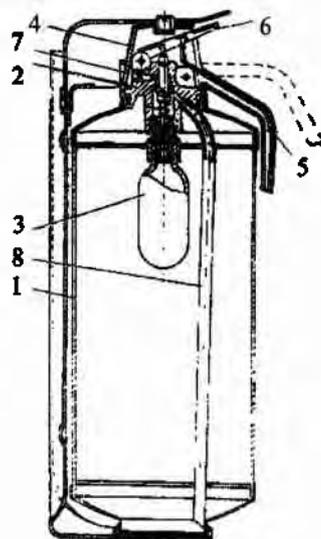


Рис. 1.6. Огнетушитель аэрозольный ОА-3:  
1 - стальной баллон; 2 - крышка корпуса;  
3 - баллон со сжатым газом;  
4 - защитный колпак; 5 - рукоятка;  
6 - пусковой рычаг; 7 - выходное сопло;  
8 - сифонная трубка

Аэрозольные огнетушители ОА-1 и ОА-3 предназначены для тушения загораний на транспортных средствах с двигателями внутреннего сгорания, а также на электроустановках с напряжением до 380 В. Для приведения в действие огнетушителя поднимают рукоятку и нажимают на пусковой рычаг, опирающийся на конец штока. Шток прокалывает мембрану баллона со сжатым или сжиженным газом, перемещает шарик и таким образом открывает доступ газа из баллона в корпус огнетушителя, из которого он через сифонную трубку поступает в выходное сопло.

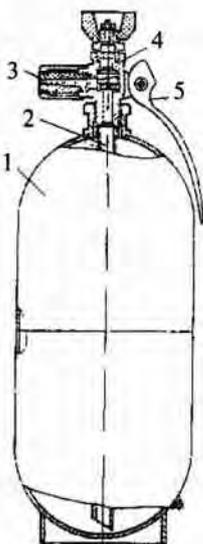


Рис. 1.7. Огнетушитель ручной:  
углекислотно-бромэтиловый ОУБ-7  
1 - стальной баллон; 2 - сифонная трубка;  
3 - распылительный насадок;  
4 - запорный клапан; 5 - рукоятка

Углекислотно-бромэтиловые огнетушители ОУБ-3 и ОУБ-7 предназначены для тушения загораний на бензораздаточных станциях, бензоколонках, грузовых и специальных автомобилях, перевозящих горюче-смазочные материалы, в складских помещениях, а также в электроустановках, находящихся под напряжением.

Порошковые огнетушители предназначены для тушения загораний горючих жидкостей, твердых горючих материалов, щелочноземельных металлов, электроустановок, находящихся под напряжением, а также для тушения пожаров на объектах с большими материальными ценностями.

Эксплуатируются несколько типов порошковых огнетушителей: переносные ОПС-6 и ОПС-10 и возимые ОППС-100 и СИ-120 (рис. 1.8 и 1.9).

Переносные порошковые огнетушители ОПС-6 и ОПС-10 предназначены для тушения загораний небольших количеств щелочных металлов, ЛВЖ, а также электроустановок, находящихся под напряжением. Чтобы огнетушитель привести в действие, снимают удлинитель, вынимают из него резиновую пробку, направляют насадок на очаг пожара и открывают клапан на газовом баллончике.

В настоящее время широкое распространение получили эффективные самосрабатывающие огнетушители.

ОСП — огнетушитель самосрабатывающий порошковый (ОСП-1; ОСП-2). Предназначен для тушения пожаров без участия человека, в электроустановках под напряжением, в небольших помещениях производственного, складского и общественного назначения, а также в офисах, коттеджах, гаражах,

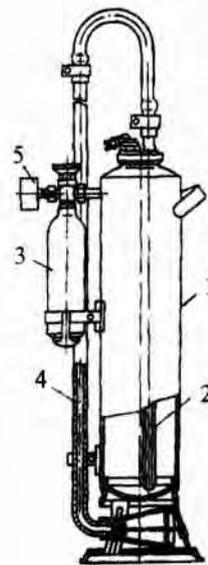


Рис. 1.8. Огнетушитель порошковый переносный ОПС-10:  
1 - корпус с предохранительным клапаном; 2 - сифонная трубка;  
3 - баллон для газа; 4 - шланг с удлинителем и насадком; 5 - запорный клапан 0 мм

дачах и квартирах. Представляет собой герметичный стеклянный сосуд длиной 410 мм, диаметром 50 мм, заполненный специальным огнетушащим порошком массой 1 кг и газообразователем. Срабатывает (происходит разрыв) в течение 30–60 секунд при достижении температуры в зоне его установки 100–200 °С. При этом происходит импульсный выброс огнетушащего порошка, ликвидирующего загорание в защищаемом объеме. Способ тушения — объемный, до 8 куб. метров.

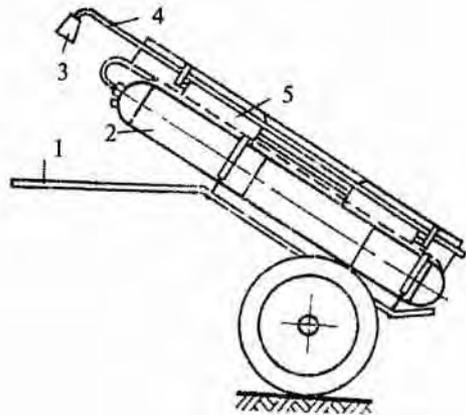


Рис. 1.9. Огнетушитель передвижной ОППС-100:  
1 — транспортная тележка;  
2 — для баллона с порошком;  
3 — нагревательный элемент;  
4 — шланг для подачи порошка;  
5 — для баллончика для газа

Принцип работы показан на рис. 1.10.

«Буря» — импульсный самосрабатывающий порошковый модуль, предназначен для тушения без участия человека пожаров класса А, В, С, а также электроустановок под напряжением, в производственно-административных и общественных зданиях, хранилищах, складах ГСМ, помещениях с электрическим и электронным оборудованием, а также в гаражах, офисах, коттеджах и т. п. Представляет собой металлическую полусферу, заполненную специальным огнетушащим порошком (марки П2АП, Пирант-А, П-2АШ, ПСБ-3М). Габариты: диаметр — 250, высота — 170 мм. Срабатывает при достижении температуры в зоне его установки 85–90 °С, также предусмотрен запуск электрическим импульсом от пожарных извещателей или ручной кнопки, что позволяет осуществлять мон-



Рис. 1.10. Принцип работы ОСП

таж автоматических установок пожаротушения. Способ тушения объемный — до 18 м<sup>3</sup> и по площади — до 7 м<sup>2</sup>.

Принцип работы показан на рис. 1.11.

«Допинг-2» — генератор огнетушащего аэрозоля предназначен для оперативного аэрозольного тушения пожаров в закрытых, технически сложных объектах объемом до 2 куб. метров. Это — моторные и багажные отсеки автомобилей, электрошкафы, сейфы и т. п. Представляет собой стационарно устанавливаемый в защищаемом отсеке металлический цилиндр с размерами: диаметр — 78 мм; длина 166 мм и масса — 1,1 кг. Срабатывает автоматически при воздействии открытого пламени или температуры 170 °С, а также принудительно от аккумулятора при включении тумблера, выведенного в салон автомобиля. Время работы 25–30 сек. Дополнительно может быть использован в качестве противотонного устройства, создавая отпугивающий эффект для угонщика, препятствуя несанкционированному запуску двигателя.

При определении видов и количества первичных средств пожаротушения следует учитывать физико-химические и пожароопасные свойства горючих веществ, их отношение к огнетушащим веществам, а также площадь производственных помещений, открытых площадок и установок.

Выбор типа и расчет необходимого количества огнетушителей следует производить в зависимости от их огнетушащей способности, предельной площади, класса пожара, горючих веществ и материалов в защищаемом помещении или на объекте согласно ИСО № 3941-77.

В соответствии с ISO № 3941-77 пожары подразделяются на следующие классы:

Класс А — пожары твердых веществ, в основном органического происхождения, горение которых сопровождается тлением.

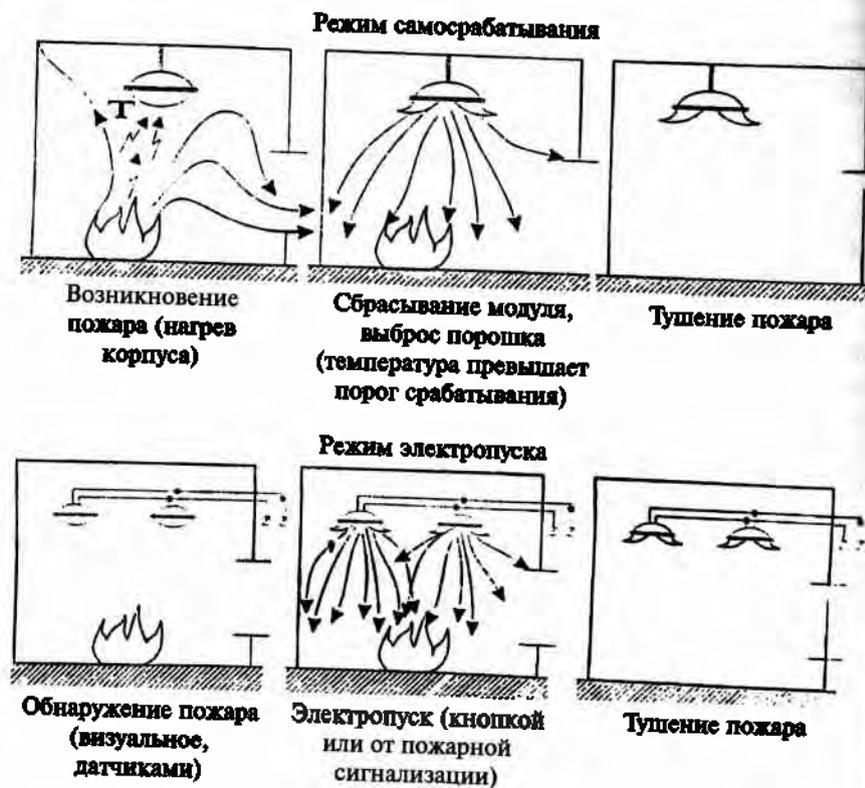


Рис. 1.11. Принцип работы огнетушителя «Буря»

Класс В — пожары горючих жидкостей или плавящихся твердых веществ.

Класс С — пожары газов.

Класс Д — пожары металлов и их сплавов.

Класс Е — пожары, связанные с горением электроустановок.

Выбор типа огнетушителя (передвижной или ручной) обусловлен размерами возможных очагов пожара. При их значительных размерах необходимо использовать передвижные огнетушители.

Выбирая огнетушитель с соответствующим температурным пределом использования, необходимо учитывать климатические условия эксплуатации зданий и сооружений.

Если возможны комбинированные очаги пожара, то предпочтение при выборе огнетушителя отдается более универсальному по области применения.

В общественных зданиях и сооружениях на каждом этаже должны размещаться не менее двух ручных огнетушителей.

Помещения категории Д по взрывопожароопасности могут не оснащаться огнетушителями, если их площадь не превышает 100 кв. метров.

При наличии нескольких небольших помещений одной категории пожарной опасности количество необходимых огнетушителей определяется (по таблицам НПБ 105-03) с учетом суммарной площади этих помещений.

Расстояние от возможного очага пожара до места размещения огнетушителя не должно превышать 20 метров для общественных зданий и сооружений; 30 метров — для помещений категорий А, Б и В; 40 метров — для помещений категорий В и Г; 70 метров — для помещений категорий Д.

Размещение первичных средств пожаротушения в коридорах, проходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей. Их следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,5 метров.

Для размещения первичных средств пожаротушения в производственных и складских помещениях, а также на территории объектов должны оборудоваться пожарные щиты (пункты).

Каждый огнетушитель, установленный на объекте, должен иметь порядковый номер, нанесенный на корпус белой краской. На него заводят паспорт по установленной форме.

На объекте должно быть определено лицо, ответственное за приобретение, ремонт, сохранность и готовность к действию первичных средств пожаротушения.

Для выполнения функций по тушению пожаров предприятия оснащаются пожарными автомобилями, мотопомпами, пожарным оборудованием, ручным инструментом и инвентарем.

Перечень необходимой для пожаротушения техники и ее виды определяются предприятием в соответствии с НПБ 201-96 «Пожарная охрана предприятий. Общие требования».

По назначению пожарные машины подразделяются на основные, специальные и вспомогательные.

*Основные пожарные автомобили* предназначены для подачи огнетушащих веществ в зону горения и подразделяются на автомобили общего применения (для тушения пожаров в городах и населенных пунктах) и автомобили целевого применения: аэродромные, воздушно-пенного тушения, порошкового тушения, газового тушения, комбинированного тушения, автомобили первой помощи.

*Специальные пожарные автомобили* предназначены для обеспечения выполнения специальных работ на пожаре: организации пожарной связи; освещения места пожара; вскрытия и разборки конструкций; подъема (спуска) на высоту; выполнения защитных мероприятий; оказания первой доврачебной помощи пострадавшим и восстановления работоспособности технических средств.

К *вспомогательным пожарным автомобилям* относятся: автомобили-водозаправщики; передвижные авторемонтные мастерские, диагностические лаборатории, автобусы, легковые, оперативно-служебные, грузовые автомобили, а также другие специализированные транспортные средства.

Количество пожарных машин, необходимых для тушения пожаров на объектах предприятия, определяется исходя из расхода на наружное пожаротушение в соответствии с действующими нормами и правилами с учетом тактико-технических данных пожарных машин.

В населенных пунктах и на объектах экономики для хозяйственно-бытовых и производственных нужд устраивают кольцевые и тупиковые водопроводные сети, которые используют для тушения пожаров.

*Пожарное оборудование* — это оборудование водопроводных сетей (пожарные краны, пожарные подземные гидранты, гидрант-колонки) и комплектующее пожарное оборудование (пожарные

стволы, колонки, рукава, гидроэлеваторы, рукавные разветвления, соединительные головки и др.).

Необходимость устройства внутреннего противопожарного водопровода в зданиях и помещениях определяется согласно СНиП 2.04.01-85\* и зависит от функциональной пожарной опасности зданий (пять классов), их объемно-планировочных характеристик, а также от степени огнестойкости строительных конструкций и категории по взрывопожарной и пожарной опасности.

При тушении пожаров прокладывают рукавные линии для подачи огнетушащих средств.

Число пожарных кранов определяется по их радиусу действия, величина которого зависит от проекции радиуса компактной части струи и длины пожарного рукава.

Пожарные краны должны устанавливаться на высоте 1,35 м над полом помещения и размещаться в шкафчиках с отверстиями для проветривания, опломбированных и имеющих надпись «ПК» (пожарный кран). В шкафчиках должны помещаться два огнетушителя ОХП. Каждый пожарный кран должен быть снабжен пожарным рукавом одинакового с ним диаметра длиной 10 и 20 метров и пожарным стволом. В одном здании или частях здания, разделенного противопожарными стенами, должны применяться насадки, стволы, рукава и пожарные краны одинакового диаметра, а также пожарные рукава одной длины.

Пожарные гидранты, гидрант-колонки и пожарные краны должны не реже чем через каждые 6 месяцев подвергаться техническому осмотру и проверяться на работоспособность, а также иметь соответствующие указатели (объемные со светильником или плоские со светоотражательным покрытием).

*Пожарный ручной инструмент* подразделяется на: механизированный пожарный ручной инструмент (бензomotorные пилы, отбойные молотки, дымососы, пневмо-гидроинструмент, газорезательные аппараты и т. д.) и немеханизированный пожарный инструмент по ГОСТ 16714-71\* (ломы, багры, крюки, лопаты, топоры, пилы и т. д.).

*Пожарный инвентарь* — это: пожарные шкафы (навесные, приставные, встроенные); пожарные щиты; пожарные стенды; пожарные

ведра; бочки для воды; ящики для песка; тумбы для размещения огнетушителей и другие.

Работа с пожарным ручным инструментом и инвентарем, а также периодичность его испытаний должна проводиться в соответствии с Правилами по охране труда в подразделениях ГПС МЧС РФ (ПОТ РО-78-001-96).

В комплектацию пожарных щитов входят: немеханизированный ручной пожарный инструмент, ящики для песка вместимостью 0,1, 0,5, 1,0 и 3,0 м<sup>3</sup>, бочки для хранения воды вместимостью не менее 0,2 м<sup>3</sup>, пожарные ведра вместимостью не менее 0,008 м<sup>3</sup>, совковые лопаты и асбестовые полотна (грубошерстные ткани и войлок) размером не менее 1×1 метр.

Комплектация пожарных щитов, стендов и пунктов должна соответствовать «Правилам пожарной безопасности в РФ» (ППБ-01-03).

Пожарный инвентарь должен размещаться на видных местах, иметь свободный и удобный доступ и не препятствовать эвакуации людей во время пожара.

Использовать пожарный ручной инструмент не по прямому назначению (тушение пожара) запрещается.

К подручным средствам относятся вещества и материалы, с помощью которых можно локализовать или полностью ликвидировать очаг пожара. Наиболее часто используемыми средствами являются: песок, земля, гравий, тырса, кошма, покрывала, веники и т. д.

#### *Действия ИТР, рабочих и служащих при пожаре*

В соответствии с ППБ 01-03 каждый гражданин при обнаружении пожара или признаков горения (задымление, запах гари, повышение температуры и т. п.) обязан:

- ♦ немедленно сообщить по телефону «01» в пожарную охрану (при этом необходимо назвать адрес объекта, место возникновения пожара, а также сообщить свою фамилию);
- ♦ принять по возможности меры по эвакуации людей, тушению пожара и сохранности материальных ценностей.

Собственники имущества; лица, уполномоченные владеть, пользоваться или распоряжаться имуществом, в том числе руководители и должностные лица предприятий; лица, в установленном

порядке назначенные ответственными за обеспечение пожарной безопасности, прибывшие к месту пожара, обязаны:

- ♦ продублировать сообщение о возникновении пожара в пожарную охрану (или в ДПД) и поставить в известность вышестоящее руководство, диспетчера, ответственного дежурного по объекту;
- ♦ в случае угрозы жизни людей немедленно организовать их спасение, используя для этого имеющиеся силы и средства;
- ♦ проверить включение в работу автоматических систем противопожарной защиты (оповещения людей о пожаре, пожаротушения, противодымной защиты);
- ♦ при необходимости отключить электроэнергию (за исключением систем противопожарной защиты), остановить работу транспортирующих устройств, агрегатов, аппаратов, перекрыть сырьевые, газовые, паровые и водяные коммуникации, остановить работу систем вентиляции в аварийном и смежном с ним помещениях, выполнить другие мероприятия, способствующие предотвращению развития пожара и задымления помещений здания;
- ♦ прекратить все работы в здании (если это допустимо по технологическому процессу производства), кроме работ, связанных с мероприятиями по ликвидации пожара;
- ♦ удалить за пределы опасной зоны всех работников, не участвующих в тушении пожара;
- ♦ осуществить общее руководство по тушению пожара (с учетом специфических особенностей объекта) до прибытия подразделения пожарной охраны;
- ♦ обеспечить соблюдение требований безопасности работниками, принимающими участие в тушении пожара;
- ♦ одновременно с тушением пожара организовать эвакуацию и защиту материальных ценностей;
- ♦ организовать встречу подразделений пожарной охраны и оказать помощь в выборе кратчайшего пути для подъезда к очагу пожара;
- ♦ сообщить подразделениям пожарной охраны, привлекаемым для тушения пожаров и проведения связанных с ними перво-

очередных аварийно-спасательных работ, сведения о перерабатываемых или хранящихся на объектах опасных (взрывоопасных), взрывчатых, сильнодействующих ядовитых веществах, необходимых для обеспечения безопасности личного состава.

По прибытии пожарного подразделения руководитель объекта (или лицо его замещающее) обязан проинформировать руководителя тушения пожара о конструктивных и технологических особенностях объекта, прилегающих строениях и сооружениях, количестве и пожароопасных свойствах хранимых и применяемых веществ, материалов, изделий и других сведениях, необходимых для успешной ликвидации пожара, а также организовать привлечение сил и средств объекта к осуществлению необходимых мероприятий, связанных с ликвидацией пожара и предупреждением его развития.

Для пожаротушения в зданиях и помещениях используют *автоматические огнегасительные устройства*, которые называют *установками пожаротушения*. Это совокупность технических устройств, готовых к тушению пожара благодаря обеспеченности огнетушащими средствами и принудительного их выброса после приведения установки в действие. Основные требования к установкам пожаротушения и сигнализации изложены в НПБ 88-2001\* «Установки пожаротушения и сигнализации. Нормы и правила проектирования».

Наиболее часто классифицируют автоматические установки пожаротушения по виду используемого огнетушащего средства.

**Спринклерные установки водяного пожаротушения** (рис. 1.12) применяют для локального (местного) тушения пожаров в помещениях, минимальная температура воздуха которых в течение года выше  $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Они состоят из следующих основных элементов: основного водопитателя, подающего воду к месту пожара (пожарных насосов) при расчетных напоре и расходе; автоматического водопитателя; узла управления установкой; сети трубопроводов для подачи воды к месту пожара, аппаратуры (спринклеров) обнаружения загораний и выдачи командных импульсов.

Установка спринклерного водяного пожаротушения работает следующим образом. При возникновении пожара вскрывается лег-

коплавкий замок спринклера. Вода из распределительной сети подается в очаг пожара. Давление в распределительном и подводящем трубопроводах падает, после чего вскрывается клапан контрольно-пускового узла, пропуская воду в сеть к вскрывшемуся спринклеру из автоматического водопитателя. При падении давления в автоматическом водопитателе ниже расчетного уровня замыкается контакт электроконтактного манометра, импульс от которого подается к щиту управления. В щите управления срабатывает пусковое устройство, и запускается электродвигатель основного водопитателя (пожарный насос).

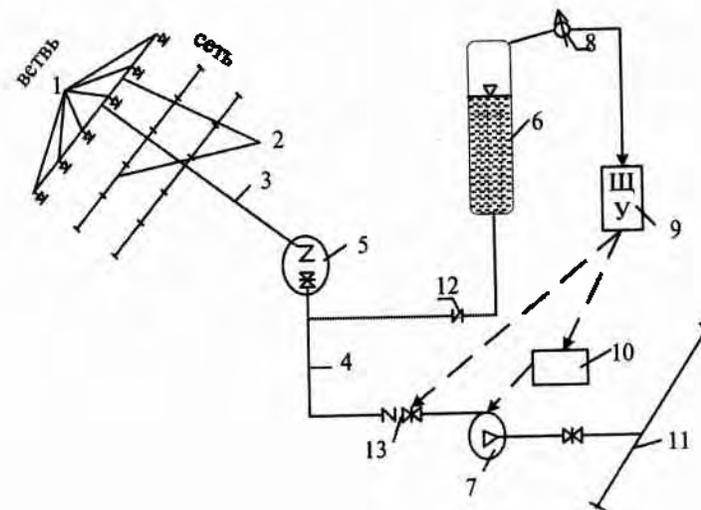


Рис. 1.12. Принципиальная схема водяной спринклерной установки пожаротушения:

- 1 - ороситель (спринклер); 2-4 - трубопроводы сетей соответственно: распределительный, подводный, питательный; 5 - узел управления установкой (центрально-пусковой узел); 6 - водогаздушный бак (автоматический водопитатель);
- 7 - насос (основной водопитатель); 8 - электроконтактный манометр;
- 9 - щит управления; 10 - электродвигатель насоса основного водопитателя;
- 11 - водопроводная сеть (или пожарный водоем); 12 - обратный клапан;
- 13 - задвижка с электроприводом

Вода от основного водопитателя подается по трубопроводам через спринклер на очаг пожара, при этом функционирование

пневмобака с помощью обратного клапана прекращается. Работа установки прекращается перекрытием задвижки на узле управления и остановкой электродвигателя пожарного насоса.

**Дренчерные установки** (рис. 1.13) по устройству близки к спринклерным и отличаются от последних тем, что оросители на распределительных трубопроводах не имеют легкоплавного замка и отверстия постоянно открыты. Дренчерная система включается вручную или автоматически по сигналу гидро- или пневмосистемы и автоматического пожарного извещателя с помощью контрольно-пускового узла, размещаемого на магистральном трубопроводе. Предназначены для тушения пожаров одновременно по всей защищаемой площади, создания водяных завес, а также орошения конструкций, резервуаров и технологических установок.

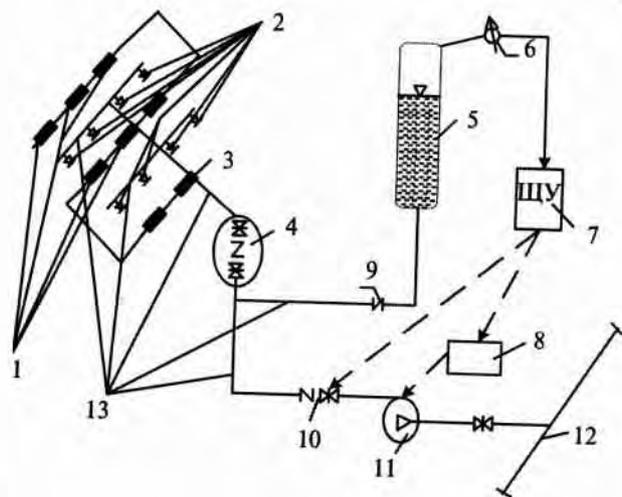


Рис. 1.13. Принципиальная схема водяной дренчерной установки пожаротушения:  
 1 - трассовые замки; 2 - дренчеры; 3 - клапаны побудительной трассы;  
 4 - клапан группового действия; 5 - автоматический водопитатель (пневмобак);  
 6 - электроконтактный манометр; 7 - щит управления; 8 - электродвигатель  
 основного водопитателя; 9 - обратный клапан; 10 - задвижка с электродвигателем;  
 11 - насос пожарный (основной водопитатель); 12 - водопроводная сеть  
 (пожарный гидрант); 13 - трубопроводы соответственно: распределительный,  
 водоотводящий, питающий

На схеме (см. рис. 1.13) показан принцип действия дренчерной установки с помощью тросовой системы. При повышении температуры до критического значения расплавляется легкоплавкий замок, приводя к включению клапан побудительный. При срабатывании побудительного клапана открывается клапан группового действия, пропуская воду в сеть из автоматического водопитателя на всю защищаемую дренчерами площадь.

Падение давления в пневмобаке ниже расчетного вызывает замыкание контактов электроконтактного манометра, импульс от которого подается к щиту управления. Пусковое устройство щита управления включает в работу пожарный насос и открывает электрозадвижку для прохода воды от насоса к дренчерам. Подача воды прекращается отключением насоса.

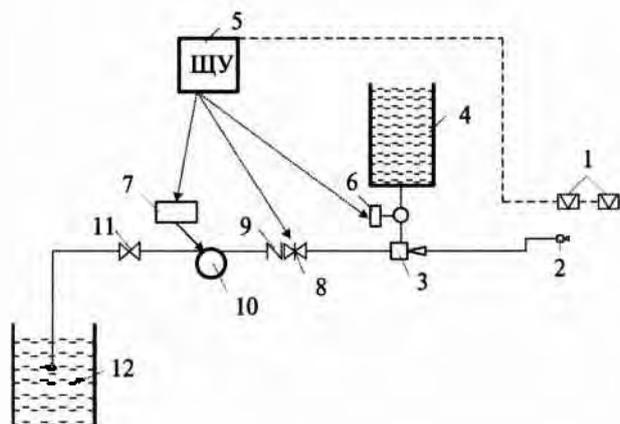
**Установками пенного пожаротушения** оборудуют здания, сооружения, технологическое оборудование с высокой пожарной опасностью, где по условиям технологического процесса возможно быстрое возникновение и распространение пожара. Установка пенного пожаротушения состоит из: источника водоснабжения; емкости с пенообразователем; насоса для подачи воды; дозирующего устройства; контрольно-пускового узла и узлов управления (задвижки, клапаны и т. п.); системы трубопроводов; побудительной сети и пенопроизводящих аппаратов.

Установки пожаротушения пеной могут быть спринклерными и дренчерными.

Устройство установок пенного пожаротушения (рис. 1.14) во многом аналогично установкам водяного пожаротушения. Дополнительным узлом в этих установках являются автоматический дозатор, или пеносмеситель (прибор, готовящий в требуемой пропорции раствор пенообразователя в воде) и пенный ороситель (генератор для образования пены).

Установка работает следующим образом. При срабатывании пожарного извещателя его электрический импульс поступает на щит управления, командный сигнал от которого поступает на запорно-регулирующее устройство емкости с пенообразователем, на электродвигатель пожарного насоса и электрозадвижку водопроводной

сети. Вода под давлением пожарного насоса в автоматическом дозаторе забирает требуемую (расчетную) порцию пенообразователя и, смешиваясь с ним в системе трубопроводов, превращается в огнетушащий раствор, который в пеногенераторе преобразуется в пену. Пена накрывает очаг пожара или заполняет горящий объем.

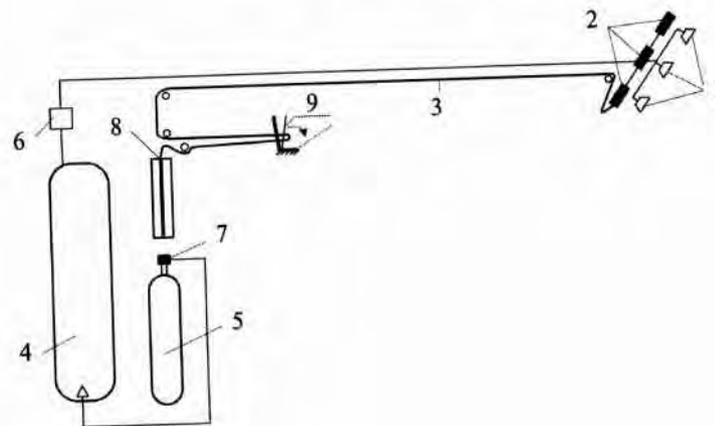


**Рис. 1.14. Схема установки пенного пожаротушения:**  
 1 - пожарные извещатели (датчики); 2 - пениый ороситель (генератор);  
 3 - автоматический дозатор (пеносмеситель); 4 - емкость с пенообразователем;  
 5 - щит управления с точечной станцией пожарной сигнализации; 6 - запорно-регулирующее устройство емкости с пенообразователем; 7 - электродвигатель пожарного насоса; 8 - электроваздушник; 9 - обратный клапан; 10 - пожарный насос; 11 - задвижка; 12 - источник водоснабжения

**Установки порошкового пожаротушения** предназначены для тушения пожаров сжиженных газов, ЛВЖ, щелочных металлов, алюминиево-органических соединений, электрооборудования под напряжением до 1000 В. Основными элементами установки являются металлический сосуд для хранения порошка, системы вытеснения порошка из сосуда, трубопроводы с насадками и системы обнаружения загораний и включения установки.

В нашей стране освоен серийный выпуск порошкового пожаротушения, имеющий наименование «огнетушители порошковые автоматические» (ОПА).

Принцип действия огнетушителя (рис. 1.15) основан на псевдоожигении слоя порошка при истечении рабочего газа в полость корпуса с последующим выбросом огнетушащего порошка через распылители распределительной сети в виде газопорошковых струй на защищаемую площадь или защищаемый объем.



**Рис. 1.15. Схема автоматического порошкового огнетушителя:**  
 1 - насадка распылительная; 2 - легкоплавающий замок; 3 - трос; 4 - огнетушитель;  
 5 - баллон со сжатым газом; 6 - клапан пневматический; 7 - взрывно-взрывное устройство;  
 8 - направляющая труба с грузом; 9 - рукоятка ручного пуска

**Установки газового пожаротушения** (рис. 1.16) предназначены для тушения различного оборудования и технологических процессов с высокой пожарной опасностью. В установку входят: батареи для хранения огнетушащего газа; распределительные устройства магистрального трубопровода; извещатели пожарной сигнализации; насадки для выпуска газа и распределительные трубопроводы.

По способу тушения установки газового пожаротушения делят на установки объемного и локального пожаротушения.

По способу пуска установки газового пожаротушения бывают с тросовым (механическим), пневматическим, электрическим и комбинированным пуском.

Установка (см. рис. 1.16) работает следующим образом. При пожаре срабатывает пожарный извещатель, импульс от него поступает на станцию пожарной сигнализации, от которой последующие электрические импульсы подрывают пиропатроны в распределительном устройстве и пусковом баллоне (сжатого воздуха).

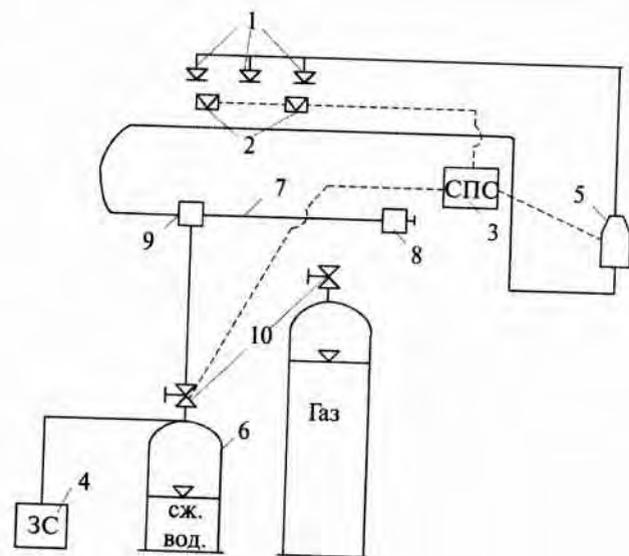


Рис. 1.16. Принципиальная схема газового пожаротушения:  
 1 - выпускные насадки; 2 - пожарные извещатели; 3 - станция пожарной сигнализации;  
 4 - зарядная станция; 5 - распределительное устройство;  
 6 - пусковой баллон; 7 - секционный коллектор; 8 - секционный предохранитель;  
 9 - запорный клапан; 10 - баллонные запорные головки

Воздух с пускового баллона поступает в коллектор и вызывает срабатывание секционного предохранителя и запорной головки баллона с огнетушащим газом. Огнетушащий газ вскрывает запорный клапан и устремляется через открытое распределительное устройство к выпускным насадкам.

Установки паротушения применяют для защиты закрытых помещений с ограниченным воздухообменом, для тушения неболь-

ших очагов загораний на открытых площадках, а также для создания паровых завес. Для тушения используют насыщенный и отработанный водяной пар (мятый) или перегретый пар технологического назначения. Для тушения небольших очагов загораний используется гибкий резиновый шланг длиной 15 метров, присоединенный к магистральной трубе. Распределительный трубопровод представляет собой перфорированную трубу, проложенную по периметру помещения. Пуск осуществляется через задвижки.

Принцип действия установки паротушения (рис. 1.17) следующий. При пожаре расплавляются легкоплавкие замки насадок побудительной сети, падает давление и срабатывает пневмозадвижка, открывая путь для движения пара по питательному проводу в перфорированный распределительный трубопровод защищаемого помещения (объема).

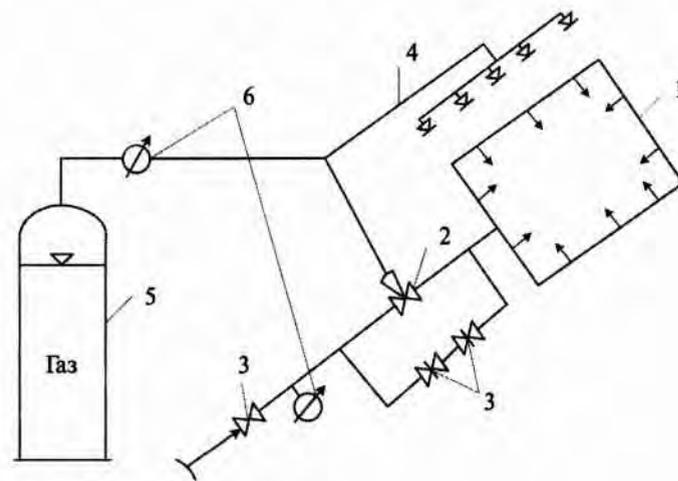


Рис. 1.17. Принципиальная схема паротушения:  
 1 - перфорированный распределительный паропровод; 2 - пневмозадвижка;  
 3 - ручные контрольно-пусковые задвижки; 4 - побудительная сеть с насадками;  
 5 - баллон с рабочим газом; 6 - приборы контроля давления

## 1.3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить характеристики и условия применения огнетушащих веществ, устройство и принцип действия первичных и стационарных автоматических средств тушения пожара.

2. Привести в действие ручные огнетушители (по заданию преподавателя).

3. Начертить принципиальные схемы ручных огнетушителей ОХП-10, ОУ-5, ОП-10А и др. (по заданию преподавателя) и описать принцип действия.

4. Составить отчет о работе.

## Литература

1. ГОСТ 12.1.044-89 «ССБТ. Пожароопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения».
2. ГОСТ 12.01.004-91 «ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования»
3. ГОСТ 12.2.047-86 «ССБТ. Пожарная техника. Термины и определения».
4. ГОСТ Р 12.0.006-2002 «ССБТ. Общие требования к системе управления охраной труда в организации» (с изменением № 1).
5. ГОСТ 12.4.009-83 «ССБТ. Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание».
6. ГОСТ 4.99-83 «Пенообразователи для тушения пожаров. Номенклатура показателей».
7. ГОСТ Р 50588-93 «Пенообразователи для тушения пожаров. Общие технические требования и методы испытаний».
8. ГОСТ Р 12.03.047-98 «ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов».
9. Фролов А. В. Пожарная безопасность: учеб. пособие / А. В. Фролов, С. О. Версилов, Н. Н. Чибинев. — Новочеркасск: УПЦ «Набла» ЮРГТУ, 2006. — 184 с.
10. Фролов А. В., Бакаева Т. Н. Безопасность жизнедеятельности. Охрана труда: учеб. пособие для вузов / А. В. Фролов, Т. Н. Ба-

каева; под общ. ред. А. В. Фролова. — Ростов-н/Д: Изд-во «Феникс», 2005. — 736 с.

11. ППБ 01-03 Правила пожарной безопасности в РФ. М.: «Элит», 2003. — 109 с.

## Контрольные вопросы

1. За счет чего создаются условия потухания?
2. Назовите способы тушения пожаров.
3. Назовите наиболее распространенные средства пожаротушения.
4. Огнетушащие средства изоляции.
5. Что относится к огнетушащим средствам разбавления?
6. Огнетушащие средства торможения реакции горения.
7. В каких случаях нельзя применять воду для тушения пожара?
8. Условия применения огнетушащих порошковых составов.
9. Перечислите первичные средства пожаротушения.
10. Назовите типы и виды огнетушителей.
11. Принцип действия химического пенного огнетушителя.
12. Порядок приведения в действие порошкового огнетушителя.
13. Охарактеризуйте огнетушитель самосрабатывающий порошковый (ОСП).
14. Сформулируйте классы пожаров в соответствии с ИСО № 3941-77.
15. Основные требования по содержанию и уходу за огнетушителями.
16. Что относится к пожарному ручному инструменту?
17. Как классифицируют установки пожаротушения по виду огнетушащего средства?
18. Назовите отличие спринклерной установки пожаротушения от дренчерной.
19. Принцип действия установок пенного пожаротушения.
20. Принцип действия установки порошкового пожаротушения.

## Практическое занятие № 2 ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВ И ПРАВИЛ ПОЛЬЗОВАНИЯ СРЕДСТВАМИ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ

**Цель работы:** изучение устройства и принципа действия основных средств индивидуальной защиты органов дыхания (далее — СИЗОД) и приобретение студентами навыков по их применению.

**Содержание работы:** ознакомиться с назначением шахтных самоспасателей и респираторов; изучить конструкцию и принцип действия самоспасателей: СПП-2, ШСС-Т, ШСС-1У, ШСС-1Н, ШСМ-30; изолирующих респираторов Р-30, Р-34; гражданских и промышленных противогазов, противопылевых респираторов, а также изучить правила пользования ими; научиться производить проверку исправности и пригодности самоспасателей и респираторов; провести пробное включение в самоспасатель-тренажер, выданный преподавателем; составить отчет по работе.

### Указания по технике безопасности

1. Запрещается включаться в самоспасатели без разрешения преподавателя.
2. Категорически запрещается вскрывать патроны самоспасателей, снабженные химическими препаратами.
3. При обнаружении нарушения целостности патрона самоспасателей и высыпания из него химического препарата нужно немедленно сообщить преподавателю.

### 2.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

На многих объектах могут возникать ситуации, когда персонал оказывается во вредной или вообще непригодной для дыхания атмосфере. Такое состояние атмосферы может иметь место при авариях на опасных производственных объектах с выбросами химичес-

ки опасных веществ, пожарах, утечках, токсических веществ при частичной разгерметизации технологического оборудования, образовании аэрозолей в зоне дыхания человека и в других случаях. Во всех этих случаях требуются знания и умение пользоваться СИЗОД. Особенно опасны аварии в угольных шахтах (пожары особой сложности, взрывы газа и пыли, внезапные выбросы угля и газа и пр.). В таких случаях требуются средства спасения и самоспасения. Согласно требованиям «Правил безопасности в угольных шахтах» весь персонал, занятый на подземных работах, должен быть обеспечен самоспасателями, обязан знать и при необходимости правильно применять их.

Самоспасателями называются портативные противогазы однократного применения, используемые для защиты органов дыхания людей, занятых на подземных работах в шахтах и рудниках, в случаях, когда рудничная атмосфера становится непригодной для дыхания, во время выхода из загазованной атмосферы или ожидания спасателей.

СИЗОД, предназначенные для выполнения каких-то работ во вредной или непригодной для дыхания атмосфере, называются респираторами.

По принципу действия самоспасатели и респираторы подразделяются на две группы: изолирующие и фильтрующие.

**Изолирующие СИЗОД** полностью изолируют органы дыхания человека от окружающей атмосферы. В них движение воздуха происходит по замкнутому циклу: выдыхаемый воздух в системе аппарата очищается от углекислого газа, влаги, обогащается кислородом и снова поступает в органы дыхания. **Фильтрующие** — очищают (фильтруют) вдыхаемый атмосферный воздух от одного или нескольких вредных и опасных веществ.

По назначению СИЗОД можно классифицировать на следующие группы:

- ♦ предназначенные для ведения спасательных работ в загазованной атмосфере в шахте или на поверхности при пожарах — кислородные изолирующие респираторы (Р-30; Р-34) и аппараты (КИП-5);

- ♦ предназначенные для защиты населения от радиоактивных, отравляющих и бактериальных средств — фильтрующие гражданские противогазы ГП-5, ГП-7;
- ♦ предназначенные для защиты органов дыхания персонала промышленных предприятий и населения при высоких концентрациях АХОВ и недостатке кислорода — изолирующие противогазы на химически связанном кислороде ИП-5, ИП-46 и др.;
- ♦ для защиты органов дыхания от пыли — противопылевые респираторы «Лепесток», Кама», У-2К, Ф-62Ш и др.;
- ♦ для защиты органов дыхания от воздействия вредных газов, паров и пыли — промышленные фильтрующие противогазы различных марок и фильтрующие противогазные респираторы со съёмными фильтрующими коробками.

## 2.2. САМОСПАСАТЕЛИ

Все самоспасатели рассчитаны на постоянное ношение и хранение в шахтах в пунктах переключения. Они могут применяться и в других отраслях промышленности. Самоспасатели выпускаются изготовителями готовыми к немедленному применению и могут эксплуатироваться при температуре окружающей среды от  $-20$  до  $+40$  °С, относительной влажности воздуха до 100 % и барометрическом давлении до 133,3 кПа (1000 мм ртутного столба).

В настоящее время, по согласованию с Ростехнадзором, на шахтах и рудниках разрешено применение изолирующих самоспасателей ШСС-Т, ШСС-1У, ШСС-1Н. Все они предназначены для экстренной защиты органов дыхания при подземных авариях, связанных с образованием непригодной для дыхания среды, содержащей (% об): СО до 10, SO до 2, H<sub>2</sub>S до 1, NO<sub>2</sub> до 1, CO<sub>2</sub> до 100, N<sub>2</sub> до 100, CH<sub>4</sub> до 100, O<sub>2</sub> до 0, угольной (породной) пыли до 10 г/м<sup>3</sup>; а ШСС-Т, кроме того, защищают и органы зрения.

Для обучения правилам включения и дыхания разработаны самоспасатели-тренажеры ШС-РТ, которые имеются и в учебных пунктах каждой шахты.

### 2.2.1. Устройство и принцип действия самоспасателей

ШСС-Т — шахтный самоспасатель тамбовский, выпускаемый опытным производством Тамбовского научно-исследовательского института химической промышленности (Тамбов НИХИ), работающий на химически связанном кислороде.

Самоспасатель ШСС-Т состоит (рис. 2.1 и 2.2) из корпуса футляра 1, крышки футляра 2, ремня для ношения 7 с пряжкой 6, ремня замка 9, стяжной ленты 10, уплотнительного кольца 11, патрона 12, дыхательного мешка 13, гофрированной трубки 19, загубника 15, носового зажима 14, теплоизолятора 17 с растягивающейся лентой 18, герметичных противодымных очков 23, сложенных пополам и стянутых резиновым кольцом 22, привязанных нитью 21 к корпусу футляра, резиновых амортизаторов 16.

В самоспасателе имеется фибровая вставка 8 (см. рис. 2.1), служащая для удобства укладки резиновых узлов и предотвращения попадания их в разъем крышки. При вскрытии самоспасателя фибровая вставка отбрасывается вместе с крышкой футляра.

В патроне 12 имеется пусковое устройство 3 (см. рис. 2.1 и 2.2) пружинного действия. При срыве крышки футляра 2, закрепленный

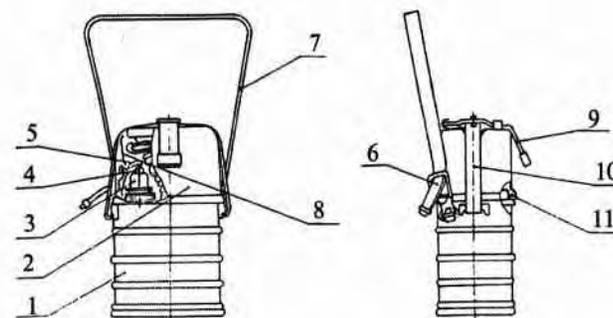


Рис. 2.1. Самоспасатель ШСС-Т в футляре:

- 1 — корпус футляра; 2 — крышка футляра; 3 — пусковое устройство; 4 — клапанчик пускового устройства; 5 — шпур; 6 — пряжка; 7 — ремень для ношения; 8 — фибровая вставка; 9 — ремень замка; 10 — лента стяжная; 11 — кольцо уплотнительное

к ней шнур 5 стягивает с пускового устройства колпачок 4. Освобожденная пружина 27 (рис. 2.3) через ударник 26 раздавливает ампулу 25, раствор серной кислоты выливается из ампулы на пусковой брикет 30, который, разлагаясь за 20–40 с, выделяет 7 л кислорода.

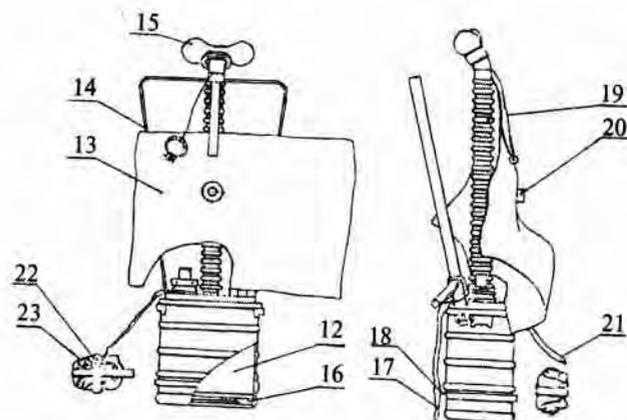


Рис. 2.2. Рабочая часть самоспасателя ШСС-Т:  
12 - патрон; 13 - дыхательный мешок; 14 - носовой захват; 15 - загубник;  
16 - амортизатор; 17 - теплоизолятор; 18 - лента; 19 - гофрированная трубка;  
20 - клапан избыточного давления (КИД); 21 - нить; 22 - резиновое кольцо;  
23 - протекторные очки

Самоспасатель имеет маятниковую схему движения газовой смеси. При выдохе газовая смесь через загубник 15 (см. рис. 2.3), гофрированную трубку 19 и фильтр 24 поступает внутрь регенеративного продукта 31, где происходит поглощение двуокиси углерода, влаги и обогащение выдыхаемой смеси кислородом. Очищенная газовая смесь по воздушному зазору между обечайкой сетчатой 32 и наружной обечайкой 33 поступает в дыхательный мешок 13.

При вдохе газовая смесь из дыхательного мешка проходит в обратном направлении через регенеративный продукт, где дополнительно очищается от двуокиси углерода и обогащается кислородом, фильтр и гофрированную трубку и поступает в органы дыхания. Избыток газовой смеси при интенсивной работе регенеративного

продукта выходит в окружающую среду через клапан избыточного давления (КИД) 20 дыхательного мешка.

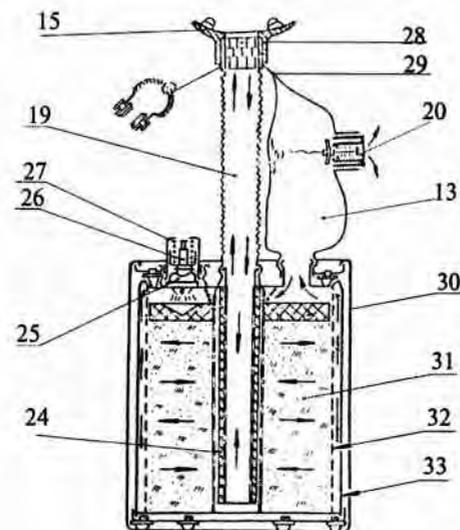


Рис. 2.3. Принципиальная схема самоспасателя ШСС-Т (дыхательный мешок условно повернут на 90°):  
13 - дыхательный мешок; 15 - загубник; 19 - гофрированная трубка; 20 - КИД;  
24 - фильтр; 25 - ампула; 26 - ударник; 27 - пружина; 28 - теплообменник;  
29 - патрубок; 30 - пусковой брикет; 31 - регенеративный продукт; 32 - обечайка сетчатая; 33 - обечайка наружная

При поглощении регенеративным продуктом двуокиси углерода и влаги происходит выделение тепла, которое нагревает крышку патрона, корпус футляра и дыхательную газовую смесь. Для снижения температуры газовой смеси в патрубке 29 (см. рис. 2.3) загубника имеется теплообменник 28.

ШСС-1 — шахтный самоспасатель первой модификации, выпускается Донецким заводом горноспасательной аппаратуры (ДЗГА) в Украине в двух исполнениях: ШСС-1Н (защитный корпус из нержавеющей стали) и ШСС-1У (защитный корпус из углеродистой стали).

Самоспасатель ШСС-1Н предназначен для шахт с повышенной агрессивностью производственной среды, характеризующейся кислыми шахтными водами, а также водами с повышенным содержанием хлор- и сульфат ионов (более 1000 и 800 мг/л соответственно). На остальных шахтах используется самоспасатель ШСС-1У.

Самоспасатель ШСС-1У (рис. 2.4) состоит из патрона 1 с устройством пусковым 3 и брикетом пусковым 2, мешка 9 с клапаном избыточным 8 и узлом защиты брикета (кнопка 7 и пробки 10), шланга 4 с загубником 6 и зажимом 5.

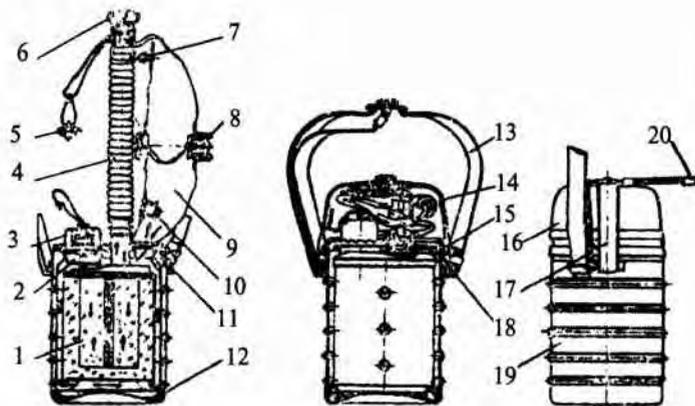


Рис. 2.4. Схема устройства самоспасателя ШСС-1У:  
1 — патрон; 2 — пусковой брикет; 3 — устройство пусковое; 4 — шланг; 5 — зажим;  
6 — загубник; 7 — кнопка; 8 — клапан избыточный; 9 — мешок; 10 — пробка;  
11, 12 — амортизатор; 13, 20 — рама; 14, 17 — лента; 15, 18 — кольцо;  
16 — крышка; 19 — корпус

Патрон с установленными в нем фильтром и теплогазораспределителем заполнен кислородосодержащим продуктом, вмонтирован в корпус 19 на амортизаторах 11, 12 и закреплен кольцом 18. Узел защиты предохраняет пусковой брикет от влаги. В собранном виде пробка располагается в патрубке патрона, а кнопка — в гнезде пробки.

В невскрытом виде мешок и шланг уложены упорядоченно под крышкой 16, которая посредством двух лент 14, 17 и быстровскры-

ваемого замка с ремнем 20 прикрепляется к корпусу и герметизируется кольцом 15. Для удобства ношения корпус снабжен плечевым ремнем 13.

Принцип действия самоспасателя следующий: при вскрытии замка и сбрасывании крышки автоматически срабатывает пусковое устройство, которое вызывает выделение из пускового брикета до 5 л кислорода в течение 30 с. Выделившийся кислород заполняет дыхательный мешок и обеспечивает дыхание человека в период разработки кислородосодержащего продукта (первые 2 мин).

В самоспасателе применена маятниковая схема дыхания: выдыхаемый воздух через загубник по шлангу поступает в патрон, где очищается от углекислого газа, пополняется кислородом и по кольцевому зазору между внутренней и наружной стенками патрона направляется в мешок. В случае его переполнения избыточное количество воздуха удаляется через избыточный клапан. Открытие клапана происходит автоматически. При вдохе воздух следует в обратном направлении, т. е. проходит кольцевой зазор, патрон, шланг и поступает в дыхательные пути человека.

Процесс очистки воздуха в патроне протекает с выделением тепла, поэтому при дыхании в самоспасателе патрон постепенно нагревается и становится горячим, а выдыхаемый воздух — теплым.

Технические характеристики самоспасателей ШСС-1 и ШСС-Т представлены в табл. 2.1.

**СПИ-2 — фильтрующий самоспасатель**, представляет собой противогаз одноразового действия, предназначенный для защиты органов дыхания человека от воздействия оксида углерода (СО), пыли и дыма.

Самоспасатель используется только на время выхода людей из загазованных выработок, применяется при содержании в воздухе не менее 17 % об кислорода и не более 1 % об монооксида углерода.

Основные составляющие части самоспасателя приведены на рис. 2.5.

В металлическом футляре, состоящем из корпуса 1 и крышки 2, находится снаряженный катализатором и осушителем металлический фильтрующий патрон 3, на который надет гидрофобизированный чехол (форфильтр) 4 с прикрепленным к нему загубником 5,

оголовьем 6 и носовым зажимом 7. При тряске и толчках резиновая прокладка 9 и полиэтиленовая скоба 8 предохраняют содержимое патрона от смещения и истирания. Герметизация самоспасателя в месте соединения корпуса футляра с крышкой достигается резиновой прокладкой 11, поджатой металлической лентой 12. Внутри корпуса патрона есть клапаны вдоха 13 и выдоха 14, расположенные под подбородником 15. Снаружи, к крышке футляра, крепится плечевая тесьма 10, предназначенная для переноски самоспасателя, и маркировочная пластина.

Таблица 2.1

Технические характеристики самоспасателей ШСС-1 и ШСС-Т

№ п/п	Технические данные	Ед. изм.	ШСС-Т	ШСС-1У (ШСС-1Н)
1.	Время защитного действия:			
	а) при средней физической нагрузке (выход из аварийного участка со скоростью 5-6 км/ч);	мин	не менее 60	не менее 50
	б) при нахождении в покое (отсыживании).	мин	не менее 260	до 300
2.	Масса самоспасателя	кг	2,7	3±0,2
3.	Габаритные размеры	мм		
	ширина		111	
	высота		248	254
	толщина (диаметр)		146	134
4.	Срок хранения до начала эксплуатации	год	2	2,5
5.	Срок эксплуатации до среднего ремонта	год	3	2,5
6.	Срок эксплуатации после среднего ремонта (восстановления)	год	2	2

Самоспасатель работает по открытой схеме: вдох осуществляется через фильтрующий патрон, выдох — через клапан выдоха в атмосферу. В фильтрующем патроне воздух очищается от пыли и дыма, затем просушивается, проходя через слой осушителя и через слой катализатора (гопкалита), очищается от СО (СО окисляется до СО<sub>2</sub>).

Самоспасатель СПП-4 конструктивно практически не отличается от СПП-2. Для увеличения срока защитного действия фильтру-

ющий патрон самоспасателя СПП-4 снабжен химически более активным осушителем вдыхаемого воздуха и имеет большую, чем у самоспасателя СПП-2, толщину слоя катализатора. Для снижения температуры вдыхаемого воздуха в патрубке фильтрующего патрона размещен специальный металлический теплообменник.

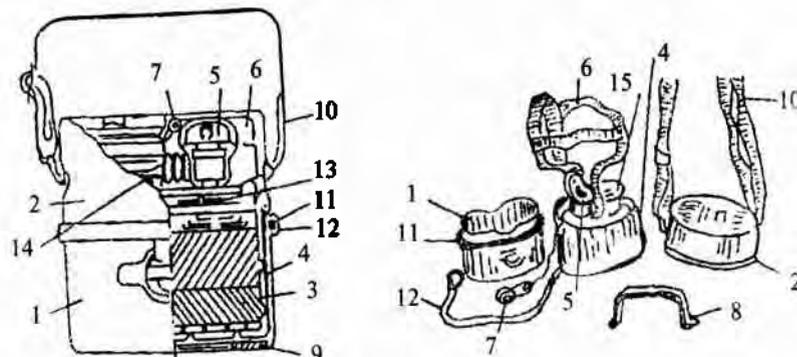


Рис. 2.5. Самоспасатель СПП-2

Технические характеристики самоспасателей СПП-2 и СПП-4 представлены в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Технические характеристики самоспасателей СПП-2 и СПП-4

Показатель	СПП-2	СПП-4
Время защитного действия, мин, не менее	60	120
Габаритные размеры, мм	135×85×120	
Масса, г	1050	1100

ШСМ-30 — шахтный изолирующий малогабаритный самоспасатель состоит из регенеративного патрона, загубника с носовым зажимом, подбородника и оголовья, дыхательного мешка с избыточным клапаном, экрана, щитка и теплоизолятора. Регенеративный патрон состоит из корпуса, заполненного гранулированным продуктом ОКЧ-2.

Самоспасатель уложен в герметичный корпус, снабженный быстровскрываемым замком. Корпус выполнен из углеродистой или нержавеющей стали. В походном положении аппарат носится на пояском ремне, в рабочем положении размещается на лице. Время защитного действия не менее 30 мин, габаритные размеры 174×154×80 мм, масса 1,5 кг, срок службы самоспасателя — 4 года.

### 2.2.2. Правила включения в самоспасатель и выхода на свежую струю

1. При возникновении опасности образования непригодной для дыхания атмосферы немедленно включиться в самоспасатель! Для этого сделать вдох и задержать дыхание. Быстро надеть плечевой ремень на шею, взять ремень замка в руку, одним резким движением сорвать замок и сбросить крышку с корпуса, взять загубник в рот, надеть носовой зажим, сделать выдох через рот в самоспасатель и продолжать спокойно дышать. Вы уже изолированы от окружающей атмосферы.

Загубник во рту должен располагаться так, чтобы его пластинки находились между деснами и губами, а отростки были зажаты зубами. В случае ненаполнения мешка в результате потери кислорода или несрабатывании пускового устройства следует снять носовой зажим и сделать 2–3 вдоха через нос, а затем выдохнуть воздух через рот в самоспасатель и надеть носовой зажим.

2. Подтянуть плечевой ремень с помощью пряжки так, чтобы гофрированный шланг не натягивался, и быстрым размеренным шагом выходить из аварийного участка. Бежать нельзя!

3. Если трудно дышать — остановиться и, не выключаясь из самоспасателя, сделать несколько глубоких вдохов. Когда станет легче дышать — идти дальше.

Нельзя выключаться из самоспасателя (вынимать загубник изо рта, снимать носовой зажим, подсасывать атмосферный воздух и разговаривать через загубник до выхода на свежую струю воздуха).

4. Помните, что постепенное нагревание корпуса самоспасателя при дыхании свидетельствует о нормальной работе аппарата.

5. Выйдя на свежую струю, выключиться из самоспасателя: снять носовой зажим и вынуть изо рта загубник.

6. Неисправный или использованный самоспасатель сдать в ламповую.

Использованный самоспасатель для повторного включения не пригоден.

### *Меры безопасности при эксплуатации самоспасателей*

Каждому работающему в шахте необходимо:

- 1) своевременно заканчивать работу в самоспасателе или переключаться в другие средства защиты органов дыхания;
- 2) включившись в самоспасатель, убедиться, что пусковой брикет сработал и заполнился дыхательный мешок;
- 3) не допускать попадания в самоспасатель жидких и твердых горючих материалов;
- 4) осуществлять взаимный контроль работающих за правильностью включения в самоспасатель и самочувствием друг друга;
- 5) предохранять самоспасатель от повреждений;
- 6) помнить, что в случае повреждения самоспасателя находящийся в нем кислородсодержащий продукт при контакте с углем, деревом и другими горючими материалами может вызвать воспламенение.

При пользовании самоспасателем запрещается:

- ◆ класть самоспасатель на транспортерную ленту, вагонетку, электровоз, угольный комбайн и другие механизмы;
- ◆ снимать носовой зажим и вынимать изо рта загубник для ведения переговоров и в других целях;
- ◆ сжимать дыхательный мешок руками или путем контакта с окружающими предметами;
- ◆ повторно включаться в использованный самоспасатель.

Примечание. *Использованный самоспасатель — самоспасатель, из которого выключился работающий в шахте после выхода на свежую струю воздуха, независимо от времени включения.*

При хранении самоспасателя запрещается:

- ♦ хранить самоспасатель у отопительных систем, совместно с горючими материалами, органическими и агрессивными жидкостями;
- ♦ бросать самоспасатель и складывать самоспасатели навалом;
- ♦ хранить отработанные самоспасатели вместе с запасными.

Самоспасатель является надежным средством защиты в аварийной ситуации, однако несоблюдение мер безопасности и правил пользования может привести к тяжелым последствиям.

При снятии носового зажима и вынимании изо рта загубника в непригодной для дыхания среде возможно отравление вредными веществами.

Повторное использование самоспасателя может привести к кислородному голоданию с внезапной потерей сознания.

Для оказания первой помощи использующему самоспасатель пострадавшему, его необходимо вынести в среду, пригодную для дыхания, вынуть изо рта загубник, снять носовой зажим и немедленно сделать искусственное дыхание.

При подготовке самоспасателя к работе необходимо:

- ♦ произвести внешний осмотр;
- ♦ проверить исправность стяжной ленты, замка, наличие пломбы;
- ♦ проверить наличие плечевого ремня;
- ♦ проверить на герметичность.

### 2.2.3. Хранение самоспасателей

Самоспасатели хранятся в упаковке предприятия-изготовителя в сухих неотапливаемых помещениях. Гарантийный срок хранения составляет 5,5 лет со дня изготовления. Гарантийный срок эксплуатации — 5 лет со дня ввода в эксплуатацию в пределах гарантийного срока хранения. Гарантийный срок хранения уточняется в процессе эксплуатации.

Самоспасатели индивидуального закрепления в период между сменами хранятся в ячейках на специально оборудованных стеллажах в помещении для хранения.

### 2.2.4. Проверка технического состояния самоспасателей

Подвергать ежедневному внешнему осмотру самоспасатели, которые работники постоянно носят в шахте.

При наличии пробоин, вмятин глубиной более 15 мм, отсутствии ремня для ношения, ремня крышки, пломбы и разгерметизации самоспасатель заменить на новый.

Производить проверку самоспасателя на герметичность один раз в три месяца.

Периодическую проверку самоспасателей, находящихся в пункте переключения, производить два раза в год.

Проверка герметичности самоспасателей ШСС-Т производится на приборе для проверки герметичности самоспасателей ПГС (ТУ 12.43.45-79) в соответствии с инструкцией по проверке герметичности самоспасателей ШСС-Т (рис. 2.6).

Допускается проводить проверку герметичности ШСС-Т на приборе ПГИ.

Проверка герметичности ШСС-Т производится в помещении, где колебания температуры во время измерения составляют не более  $\pm 2^\circ\text{C}$ . При необходимости прибор устанавливается в специальном помещении или камере. Перед контролем самоспасатель выдерживается в этом помещении не менее 2 ч. Перед использованием прибора производится

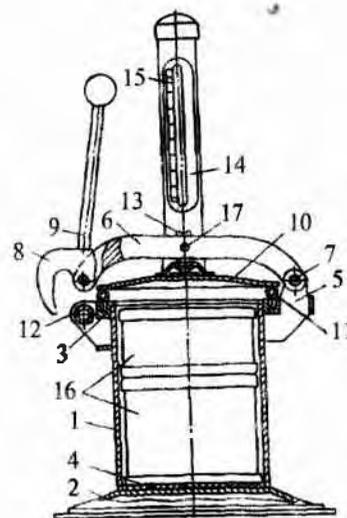


Рис. 2.6. Прибор ПГС-1 для проверки герметичности самоспасателей

настройка и проверка его на герметичность, в соответствии с инструкцией по эксплуатации ПГС-1.

Проверка герметичности самоспасателей производится в следующем порядке:

- ♦ открыть крышку прибора ПГС;
- ♦ опустить самоспасатель в камеру;
- ♦ закрыть крышку прибора.

При этом в камере создается давление  $4900 \text{ Па} \pm 196 \text{ Па}$  (500 мм вод. ст.  $\pm 20$  мм вод. ст.), которое должно удерживаться в этих пределах в течение 15 с.

В течение следующих 15 с наблюдают за падением столба жидкости по манометру ПГС. Самоспасатель считается герметичным, если в течение последних 15 с падение давления в камере не более  $392 \text{ Па}$  (40 мм вод. ст.).

Самоспасатель считается негерметичным, если падение давления превышает  $392 \text{ Па}$  (40 мм вод. ст.) или при закрытии крышки прибора уровень воды в манометре не поднимается выше  $4320 \text{ Па}$  (440 мм вод. ст.).

Проверка герметичности производится в присутствии представителя ВГСЧ. После проверки герметичности составляется акт установленной формы.

### 2.2.5. Порядок уничтожения отработанных самоспасателей

Забракованные из-за механических повреждений, негерметичности, истечения срока годности и использования самоспасатели должны быть списаны. При необходимости забракованные самоспасатели могут применяться для тренировочных целей. Списанные и непригодные для обучения самоспасатели подлежат уничтожению.

Списание и уничтожение самоспасателей на предприятии должно производиться комиссией и оформляться актом, утвержденным главным инженером предприятия. В акте перечисляются заводские номера, месяц и год изготовления уничтожаемых самоспасателей.

**Категорически запрещается выбрасывать самоспасатели в общедоступные места!!!**

Перед уничтожением самоспасатели необходимо разукomплектовать. Снять крышку с корпуса футляра и отсоединить гофрированную трубку с дыхательным мешком от патрона. Затем отогнуть

зубцы корпуса от футляра и извлечь амортизатор верхний и патрон. С целью избежания травм запрещается вывинчивать из неотработанных патронов пусковые устройства и извлекать ампулы.

Патроны разукomплектованных самоспасателей уничтожить сжиганием на костре.

Для сжигания подготовить ровную площадку (отработанный карьер, естественная впадина, открытое поле), вокруг которой с целью предупреждения распространения огня должна быть расчищена от горючего материала и дерна кольцевая зона радиусом 10 м. Место сжигания должно быть удалено от населенных пунктов.

В центре площадки установить решетчатое ограждение размером  $2000 \times 2000 \times 1200$  мм, ячейки решетки  $200 \times 150$  мм.

Внутри ограждения в два ряда вразбежку уложить сухой лес (кругляк или брус толщиной 0,12–0,16 м и длиной 1–2 м) и на него уложить патроны в следующем порядке:

- ♦ в первом ряду и по периметру второго ряда — неиспользованные патроны;
- ♦ в середине второго и т. д. рядах — использованные патроны дном вверх (для стекания раствора щелочи).

Количество одновременно сжигаемых на одном костре патронов не должно быть более 500 шт.

Поджигание костра должно производиться дистанционно с помощью огнепроводной дорожки из горючего материала.

Длина дорожки должна быть не менее 5 м, её следует прокладывать с подветренной стороны.

Горение патронов сопровождается спокойным пламенем с образованием вначале черного, а затем бело-голубого дыма и длится 30–40 мин. О полном сгорании неиспользованных патронов свидетельствует наличие на его корпусе отверстий с обгоревшими краями. Использованные патроны таких отверстий не имеют, но после сгорания они становятся более легкими за счет вытекания расплавленной щелочной массы.

Разборка костра после сжигания патронов должна производиться только после его полного остывания. Вытекаящая из самоспасателей спекшаяся щелочная масса должна быть собрана и закопана в землю

на глубину не менее 0,5 м. Если при разборке костра обнаружены негоревшие патроны, их следует сжечь со следующей партией.

При сжигании патронов должны соблюдаться следующие меры безопасности:

- ◆ лица, занятые сжиганием, должны пройти специальный инструктаж по устройству патронов и правилам их уничтожения;
- ◆ при укладке патронов на костер и разборке погасшего костра пользоваться перчатками и защитными очками;
- ◆ поджигание костра с патронами должно производиться ответственным за сжигание лицом после удаления обслуживающего персонала в зону безопасности на расстояние не менее 100 м от костра. Такие же меры безопасности должны соблюдаться лицом, поджигающим огнепроводную дорожку.

Приближаться к месту сжигания разрешается только после полного затухания костра.

## 2.3. КИСЛОРОДНЫЕ ИЗОЛИРУЮЩИЕ РЕСПИРАТОРЫ

*Респираторы изолирующие регенеративные Р-30 и Р-34* предназначены для индивидуальной защиты органов дыхания человека от воздействия непригодной для дыхания атмосферы при горноспасательных и технических работах в угольных шахтах и на разрезах.

*Респиратор Р-30* является основным при выполнении горноспасательных работ в шахтах. *Респиратор Р-34* относится к группе вспомогательных респираторов и используется при работе в непригодной для дыхания среде тогда, когда основной респиратор не полностью соответствует условиям этой работы, например, в стесненных выработках, а также при выводе горнорабочих и эвакуации пострадавших из выработок с непригодной для дыхания атмосферой. Его можно также использовать в комплекте с противотепловыми костюмами (куртками) и для оснащения вспомогательной горноспасательной службы шахт.

Оба респиратора имеют одинаковые схемы и принцип работы, а также основное устройство. Отличаются они некоторыми технически-

ми данными, в т. ч. устройством подвесной системы и ранцев. Кроме этого, в респираторе Р-34 применен наполовину уменьшенный регенеративный патрон и кислородный баллон вместимостью 1 л. Респиратор Р-34 можно комплектовать приставкой для проведения искусственной вентиляции легких пострадавшего, включенного в респиратор, в т. ч. и в непригодной для дыхания атмосфере.

Технические характеристики респираторов Р-30 и Р-34 представлены в табл. 2.3.

Таблица 2.3  
Технические характеристики респираторов Р-30 и Р-34

Показатель	Р-30	Р-34
Время защитного действия при работе средней тяжести, ч, не менее	4	2
Давление кислорода в баллоне, ат	200	200
Запас кислорода в баллоне, л	400	200
Масса, кг, не менее:		
ХПИ в регенеративном патроне	2,0	1,6
охлаждающего элемента	0,75	0,75
Подача кислорода в систему респиратора, л/мин:		
постоянная	1,3 1,5	1,3 1,5
легко-автоматическая	600 150	не менее 70
аварийным клапаном (байпасом), не менее	150 60	150 60
Вакуумметрическое давление, при котором открывается легочный автомат, мм вод. ст.	10 30	10 30
Избыточное давление, при котором открывается избыточный клапан, мм вод. ст.	10 30	10 30
Полезная вместимость дыхательного мешка, л	4,5	4,5
Объем вдоха при проведении ИВП, л, не более	2,0	2,0
Габаритные размеры, мм	450×375×165	460×340×140
Масса без лицевых частей, охлаждающего элемента и крышки холодильника, кг	11,0	7,0

Респираторы обеспечивают надежную изоляцию органов дыхания человека в атмосфере, содержащей в отдельности или в сочетании следующие газы (не более % об): монооксид углерода — 10; сернистый газ — 2; сероводород и двуокись азота — 1; углекислый газ — 40; метан — 100; кислород — 0+21; азот — 100, а также угольную и породную пыль — 10 г/м<sup>3</sup>.

Респиратор в рабочем положении размещается на спине человека. Основные узлы воздухопроводной и кислородоподающей систем респиратора расположены в жестком дюралевом ранце. Монтаж узлов в ранце осуществляется со стороны, обращенной к спине человека.

Рассмотрим схему и принцип работы респиратора Р-30.

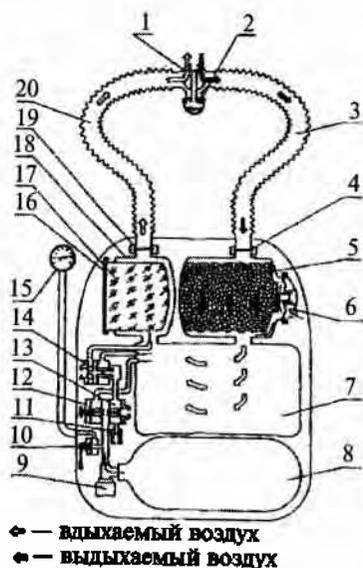


Рис. 2.7. Принцип работы респиратора Р-30

аварийного клапана (байпаса) 12, редуктора 13 с предохранительным клапаном 11 и легочного автомата 14. Манометр присоединен к блоку при помощи гибкой капиллярной трубки.

Респиратор работает следующим образом: выдыхаемый человеком воздух, содержащий около 4 % об углекислого газа, через лицевую часть, соединительную коробку 1, шланг выдоха 3, клапан выдоха 4, регенеративный патрон 5 поступает в дыхательный ме-

шук 7. Проходя через регенеративный патрон, снаряженный химическим поглотителем известковым (ХПИ), воздух очищается от углекислого газа, нагревается и увлажняется. При выдохе воздух из дыхательного мешка через холодильник 18, клапан выдоха 4, шланг выдоха 3, соединительную коробку 1 и лицевую часть поступает в легкие человека. Движение воздуха при дыхании, благодаря дыхательным клапанам, осуществляется всегда в одном и том же направлении по замкнутому кругу. При выдохе открывается клапан выдоха 4, при вдохе — клапан вдоха 19.

При температуре окружающей среды до 26 °С охлаждающий элемент 17 в холодильнике 18 не мешают, крышку 16 на горловину холодильника не надевают и хранят в термосе. Воздух, вдыхаемый из дыхательного мешка, проходя через холодильник и шланг вдоха, охлаждается в результате теплоотдачи в атмосферу через стенки этих узлов. При работе в условиях повышенной температуры окружающей среды во внутреннюю полость холодильника помещают охлаждающий элемент, обеспечивающий более интенсивное охлаждение вдыхаемого воздуха.

Воздух в системе респиратора обогащается кислородом, поступающим в холодильник 18 и дыхательный мешок 7 из кислородного баллона 8 через вентиль 9 и устройства кислородораспределительного узла: редуктор 13, легочный автомат 14 и байпас 12. Для автоматического обеспечения дыхания человека кислородом при выполнении работы различной тяжести и предотвращения скопления азота в системе респиратора применена комбинированная подача кислорода: постоянная в количестве 1,3–1,5 л/мин. — через редуктор 13 и дозирующее отверстие и периодическая — через легочный автомат 14, питающийся от редуктора. Постоянная подача кислорода достаточна для человека, выполняющего работу средней тяжести. При более тяжелой работе кислород в систему подается дополнительно через легочный автомат короткими импульсами в конце вдохов. Кроме того, в респираторе существует третий канал для подачи кислорода в систему — в обход редуктора через аварийный клапан 12, который открывается при нажатии на кнопку. Этот

шук 7. Проходя через регенеративный патрон, снаряженный химическим поглотителем известковым (ХПИ), воздух очищается от углекислого газа, нагревается и увлажняется. При выдохе воздух из дыхательного мешка через холодильник 18, клапан выдоха 4, шланг выдоха 3, соединительную коробку 1 и лицевую часть поступает в легкие человека. Движение воздуха при дыхании, благодаря дыхательным клапанам, осуществляется всегда в одном и том же направлении по замкнутому кругу. При выдохе открывается клапан выдоха 4, при вдохе — клапан вдоха 19.

При температуре окружающей среды до 26 °С охлаждающий элемент 17 в холодильнике 18 не мешают, крышку 16 на горловину холодильника не надевают и хранят в термосе. Воздух, вдыхаемый из дыхательного мешка, проходя через холодильник и шланг вдоха, охлаждается в результате теплоотдачи в атмосферу через стенки этих узлов. При работе в условиях повышенной температуры окружающей среды во внутреннюю полость холодильника помещают охлаждающий элемент, обеспечивающий более интенсивное охлаждение вдыхаемого воздуха.

Воздух в системе респиратора обогащается кислородом, поступающим в холодильник 18 и дыхательный мешок 7 из кислородного баллона 8 через вентиль 9 и устройства кислородораспределительного узла: редуктор 13, легочный автомат 14 и байпас 12. Для автоматического обеспечения дыхания человека кислородом при выполнении работы различной тяжести и предотвращения скопления азота в системе респиратора применена комбинированная подача кислорода: постоянная в количестве 1,3–1,5 л/мин. — через редуктор 13 и дозирующее отверстие и периодическая — через легочный автомат 14, питающийся от редуктора. Постоянная подача кислорода достаточна для человека, выполняющего работу средней тяжести. При более тяжелой работе кислород в систему подается дополнительно через легочный автомат короткими импульсами в конце вдохов. Кроме того, в респираторе существует третий канал для подачи кислорода в систему — в обход редуктора через аварийный клапан 12, который открывается при нажатии на кнопку. Этот

способ подачи применяется при выходе из строя редуктора или легочного автомата, а также при необходимости ручной продувки системы респиратора кислородом.

Избыток воздуха, образующийся в респираторе вследствие некоторого превышения подачи кислорода в систему над его потреблением человеком, удаляется в атмосферу через избыточный клапан 6 мембранного типа, открывающийся в конце выдоха.

Слюноудаляющий насос 2 служит для удаления из соединительной коробки скапливающейся слюны, стекающей из мундштучного приспособления, а также конденсата и пота, стекающих из дыхательной маски. Насос приводится в действие при сжатии пальцами резиновой груши.

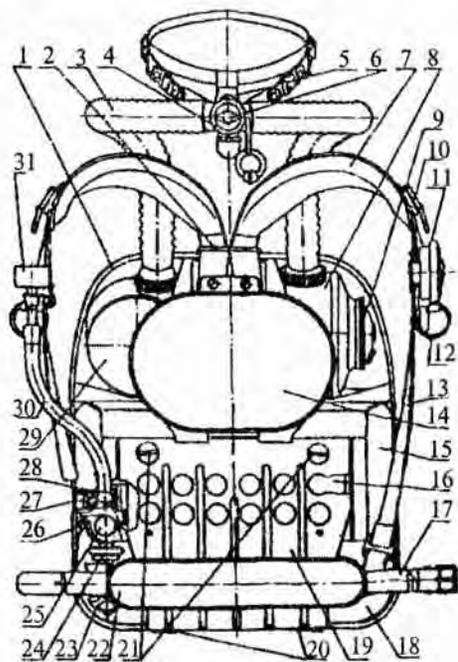


Рис. 2.8. Респиратор с мундштучным приспособлением

Давление кислорода в баллоне во время работы в респираторе, а значит, и оставшийся запас кислорода контролируются по манометру 15. В случае повреждения капиллярной трубки, соединяющей манометр с кислородораспределительным блоком, или потери герметичности манометр может быть отключен от блока при помощи перекрывного вентиля 10.

На рис. 2.8 приведено устройство респиратора с мундштучным приспособлением.

Ранец респиратора разделяется на три отсека дюралюминиевой рамкой 15, прикрепленной к корпусу ранца и увеличивающей его жесткость. В верхнем отсеке раз-

мещаются регенеративный патрон 8 с избыточным клапаном 9 и холодильник 29; в среднем — дыхательный мешок 16 и кислородораспределительный блок 28, в нижнем — кислородный баллон 18 с запорным вентилем 23, присоединяемый к блоку с помощью накидной гайки 24. Здесь же находятся кнопка байпаса 25 и перекрывной вентиль 26 манометра; вне ранца — манометр 31 с ведущей к нему капиллярной трубкой 30, дыхательные шланги 3 с соединительной коробкой 4 и лицевая часть (мундштучное приспособление), которая присоединяется к коробке 4 винтом 6.

Нижний и средний отсеки ранца закрываются дюралюминиевым щитком 19, который имеет вентиляционные отверстия и удерживается на ранце двумя крючками 20 и двумя пружинными защелками 21. На щитке размещены поясной амортизатор 22, поясной ремень 17 и скобы для крепления подвесной системы. Со щитком шарнирно соединен амортизатор (подушка овальной формы) 14, упирающийся своим металлическим основанием в верхнюю кромку ранца 1. Верхний отсек ранца, где находятся нагревающиеся при работе узлы респиратора — регенеративный патрон 8 и холодильник 29, — хорошо проветривается со спины человека, чем обеспечивается хороший теплоотвод от указанных узлов.

Подвесная система респиратора состоит из двух кожаных плечевых ремней 7 с амортизирующими подушками, двух концевых ремней 13 из тесьмы с натяжными кольцами 10 для фиксации ремней после регулировки по росту человека. Верхние концы плечевых ремней крепятся к основанию амортизатора 14, а надетая на них пряжка 2 при помощи пружинной защелки — к верхней части корпуса респиратора. На правом концевом ремне 13 закреплен внешний конец капиллярной трубки 30 с манометром 31, на левом концевом ремне — сигнальный свисток 11. На плечевых ремнях 7 имеется по четыре отверстия для грубой подгонки ремней по росту и расположения манометра 31 в поле зрения человека.

В респираторе используется оголовье с закрепленным в двух точках мундштучным приспособлением. Оголовье должно строго соответствовать размеру и форме головы, чтобы надежно фиксировать за губник во рту.

Для выбора роста дыхательной маски штангенциркулем измеряют ширину лица по скуловым костям и высоту лица от подбородка до верхних границ бровей. Рост маски выбирают в соответствии с табл. 2.4.

Таблица 2.4

Ширина лица, мм	Высота лица, мм	Рост маски
>130	>150	1 (большой)
120 130	140 150	2 (средний)
<120	<140	3 (малый)

В респираторе Р-34 можно использовать и шлем-маску типа ШИП-26 (К). Она должна подбираться в зависимости от величины вертикального обхвата головы в соответствии с табл. 2.5. Вертикальный обхват головы измеряется по замкнутой линии, проходящей через макушку, щеки и подбородок.

Таблица 2.5

Вертикальный обхват головы, мм	Рост шлем-маски
640 670	2
675 695	3
700 и более	4

## 2.4. ГРАЖДАНСКИЕ ПРОТИВОГАЗЫ

Для защиты населения наибольшее распространение получили фильтрующие противогазы ГП-5 (ГП-5М) и ГП-7 (ГП-7В, ГП-7ВМ).

Гражданский противогаз ГП-5 предназначен для защиты человека от попадания в органы дыхания, на глаза и лицо радиоактивных, токсических веществ. Принцип защитного действия основан на предварительной очистке (фильтрации) вдыхаемого воздуха от вредных примесей.

Противогаз ГП-5 (рис. 2.9) состоит из фильтрующе-поглощающей коробки и лицевой части (шлем-маски). У него нет соедини-

тельной трубки. Кроме того, в комплект входят сумка для противогаза и незапотевающие пленки или специальный «карандаш». В комплект противогаза ГП-5М входит шлем-маска с мембранной коробкой для переговорного устройства.

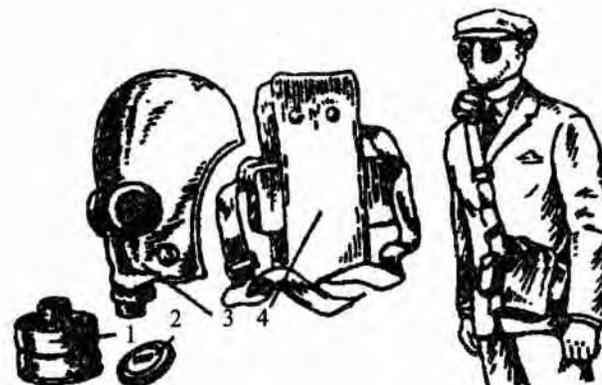


Рис. 2.9. Противогаз ГП-5:

- 1 - фильтрующе-поглощающая коробка; 2 - коробка с незапотевающими пленками; 3 - шлем-маска; 4 - сумка

Для подбора необходимого роста шлем-маски (0, 1, 2, 3, 4) нужно измерить голову по замкнутой линии, проходящей через макушку, щеки и подбородок. Измерения округляются до 0,5 см. При величине измерения до 63 см берут нулевой рост, от 63,5 до 65,5 см — первый, от 66 до 68 см — второй, от 68,5 до 70,5 см — третий, от 71 см и более — четвертый.

Перед применением противогаза необходимо проверить на исправность и герметичность.

Осматривая лицевую часть, следует удостовериться в том, что рост шлем-маски соответствует требуемому. Затем определить ее целостность, обратив внимание на стекла очкового узла. После этого проверить клапанную коробку, состояние клапанов. Они не должны быть покороблены, засорены или порваны. На фильтрующе-поглощающей коробке не должно быть вмятин, ржавчины, проколов,

в горловине — повреждений. Обращается внимание также на то, чтобы в коробке не пересыпались зерна поглотителя.

Противогаз собирают следующим образом. В левую руку берут шлем-маску за клапанную коробку, правой рукой ввинчивают до отказа фильтрующе-поглощающую коробку навинтованной горловиной в патрубок клапанной коробки шлем-маски.

Новую лицевую часть противогаза перед надеванием необходимо протереть снаружи и внутри чистой тканью, слегка смоченной водой, а клапаны выдоха прудуть.

При обнаружении в противогазе тех или иных повреждений их устраняют, а при невозможности это сделать противогаз заменяют исправным. Проверенный противогаз в собранном виде укладывают в сумку: вниз фильтрующе-поглощающую коробку, сверху — шлем-маску, которую не перегибают, только немного подвертывают головную и боковую части так, чтобы защитить стекла очкового узла.

*Пользование противогазом.* Противогаз носят вложенным в сумку. Плечевая лямка переброшена через правое плечо. Сама сумка — на левом боку, клапаном от себя.

Противогаз может находиться в положениях — «походном», «наготове», «боевом». В «походном» — когда нет угрозы заражения ОВ, аварийно химически опасными веществами (АХОВ), радиоактивной пылью, бактериальными средствами. Сумка на левом боку. При ходьбе она может быть немного сдвинута назад, чтобы не мешала движению рук. Верх сумки должен быть на уровне талии, клапан застегнут. В положение «наготове» противогаз переводят при угрозе заражения, после информации по радио, телевидению или по команде «Противогазы готовы!». В этом случае сумку надо закрепить поясной тесьмой, слегка подав ее вперед, клапан отстегнуть для того, чтобы можно было быстро воспользоваться противогазом.

В «боевом» положении — лицевая часть надета. Делают это по команде «Газы!», по другим распоряжениям, а также самостоятельно при обнаружении признаков того или иного заражения.

Противогаз считается надетым правильно, если стекла очковой лицевой части находятся против глаз, шлем-маска плотно прилегает к лицу.

Необходимость делать сильный выдох перед открытием глаз и возобновлением дыхания после надевания противогаза объясняется тем, что надо удалить из-под шлем-маски зараженный воздух, если он туда попал в момент надевания.

При надевом противогазе следует дышать глубоко и равномерно. Не надо делать резких движений. Если есть потребность бежать, то начинать это следует трусцой, постепенно увеличивая темп.

Противогаз снимается по команде «Противогаз снять!» Для этого надо приподнять одной рукой головной убор, другой взяться за клапанную коробку, слегка оттянуть шлем-маску вниз и движением вперед и вверх снять ее, надеть головной убор, вывернуть шлем-маску, тщательно протереть и уложить в сумку.

Самостоятельно (без команды) противогаз можно снять только в случае, когда станет достоверно известно, что опасность поражения миновала.

При пользовании противогазом зимой возможно огрубление (отвердение) резины, замерзание стекол очкового узла, смерзание лепестков клапанов выдоха или примерзание их к клапанной коробке. Для предупреждения и устранения перечисленных неисправностей необходимо при нахождении в незараженной атмосфере периодически обогревать лицевую часть противогаза, помещая ее за борт пальто. Если до надевания шлем-маска все же замерзла, следует слегка размять ее и, надев на лицо, отогреть руками до полного прилегания к лицу. При надевом противогазе предупреждать замерзание клапанов выдоха, обогревая время от времени клапанную коробку руками, одновременно продувая (резким выдохом) клапаны выдоха.

*Гражданский противогаз ГП-7* — одна из последних и самых совершенных моделей. Он надежно защищает от отравляющих и многих сильнодействующих ядовитых веществ, радиоактивной пыли и бактериальных средств (рис. 2.10). Состоит из фильтрующе-поглощающей коробки ГП-7К, лицевой части МГП, незапотевающих пленок (6 шт.), утеплительных манжет (2 шт.), защитного трикотажного чехла и сумки. Его масса в комплекте без сумки около 900 г (фильтрующе-поглощающая коробка — 250 г, лицевая часть — 600 г).



Рис. 2.10. Противогаз ГП-7:  
 1 - лицевая часть; 2 - фильтрующе-поглощающая коробка;  
 3 - трикотажный чехол; 4 - узел клапана вдоха;  
 5 - переговорное устройство (мембрана);  
 6 - узел клапана выдоха; 7 - обтюратор;  
 8 - наголовник (затылочная пластина);  
 9 - лобная лямка; 10 - височные лямки;  
 11 - щечные лямки; 12 - пряжки;  
 13 - сумка

Лицевую часть МГП изготавливают трех ростов. Состоит из маски объемного типа с «независимым» обтюратором за одно целое с ним, очкового узла, переговорного устройства (мембраны), узлов клапана вдоха и выдоха, обтекателя, наголовника и прижимных колец для закрепления незапотевающих пленок.

«Независимый» обтюратор представляет собой полосу тонкой резины и служит для создания надежной герметизации лицевой части на голове. В первую очередь герметизация достигается за счет плотного прилегания обтюратора к лицу, а во вторую — из-за способности обтюратора растягиваться независимо от корпуса маски. При этом механическое воздействие лицевой части на голову очень незначительно.

Наголовник предназначен для закрепления лицевой части. Он имеет затылочную пластину и 5 лямок: лобную, две височные, две щечные. Лобная и височные присоединяются к корпусу маски с помощью трех пластмассовых, а щечные — с помощью металлических «самозатягивающихся» пряжек. На каждой лямке с интервалом в 1 см нанесены упоры ступенчатого типа, которые предназначены для надежного закрепления их в пряжках. У каждого упора имеется цифра, указывающая его порядковый номер. Это позволяет точно фиксировать нужное положение лямок при подгонке маски. Нумерация цифр идет от свободного конца лямки к затылочной пластине.

На фильтрующе-поглощающую коробку надевается трикотажный чехол, который предохраняет ее от грязи, снега, влаги, грунтовой пыли (грубодисперсных частиц аэрозоля).

Принцип защитного действия противогаза ГП-7 и назначение его основных частей такие же, как и в ГП-5. Вместе с тем ГП-7 по сравнению с ГП-5 имеет ряд преимуществ, как по эксплуатационным, так и по физиологическим показателям. Например, уменьшено сопротивление фильтрующе-поглощающей коробки, что облегчает дыхание. Затем, «независимый» обтюратор обеспечивает более надежную герметизацию и в то же время уменьшает давление лицевой части на голову. Снижение сопротивления дыханию и давления на голову позволяет увеличить время пребывания в противогазе. Благодаря этому им могут пользоваться люди старше 60 лет, а также люди с легочными и сердечно-сосудистыми заболеваниями.

Наличие у противогаза переговорного устройства (мембраны) обеспечивает понимание передаваемой речи, значительно облегчает пользование средствами связи (телефоном, радио).

Определение по лицевой части необходимого типоразмера ГП-7 осуществляется на основании результатов измерения мягкой сантиметровой лентой горизонтального и вертикального обхвата головы. Горизонтальный обхват определяется измерением головы по замкнутой линии, проходящей спереди по надбровным дугам, на 2–3 см выше края ушной раковины и сзади через наиболее выступающую часть головы. Вертикальный обхват определяется измерением головы по вертикальной линии, проходящей через макушку, щеки и подбородок. Измерения проводятся с точностью до 5 мм. По сумме двух измерений устанавливают свой типоразмер (см. табл. 2.6) — рост маски и положение (номер) упоров наголовника, в котором они зафиксированы. Первой цифрой указывается лобная лямка, второй — височные, третьей — щечные.

Натяжение лямок наголовника устанавливают при подгонке противогаза. Перед надеванием противогаза необходимо убрать волосы со лба и висков. Их попадание на обтюратор приведет к нарушению герметичности. Поэтому женщинам следует зачесать волосы назад, заколки, гребешки, шпильки и украшения снять.

Таблица 2.6

Размер лицевой части	1		2		3		
	488	378	378	367	377	358	345
Положение лямок	До	1190	1215	1240	1265	1290	1315 и
Сумма вертикального и горизонтального объема головы, мм	1185	1210	1235	1260	1285	1310	более

Для правильного надевания ГП-7 берут лицевую часть обеими руками за лямки так, чтобы большие пальцы захватывали их изнутри. Затем фиксируют подбородок в нижнем углублении обтюратора и движением рук вверх и назад натягивают наголовник на голову и подтягивают до упора щечные лямки.

Противогаз ГП-7В отличается от ГП-7 тем, что имеет устройство для приема воды непосредственно в зоне заражения.

**Дополнительные патроны.** В результате развития химической и нефтехимической промышленности все отрасли народного хозяйства увеличили в производстве применение химических веществ. Многие из них по своим свойствам вредны для здоровья людей. Их называют аварийно химически опасными веществами (АХОВ). В случае аварии на производстве или транспорте они могут быть разлиты или выброшены в атмосферу. Это может привести к поражению людей.

Как защититься от АХОВ? Можно ли для этого использовать фильтрующие противогазы?

Проведенные испытания дали положительный ответ. При отсутствии в воздухе боевых отравляющих веществ (ОВ) гражданские противогазы ГП-5 и ГП-7, а также детские противогазы ПДФ-7, ПДФ-Д, ПДФ-Ш, ПДФ-2Д, ПДФ-2Ш защищают от таких АХОВ, как хлор, сероводород, сернистый газ, соляная кислота, синильная кислота, тетраэтилсвинец, этилмеркаптан, нитробензол, фенол, фурфурол, фосген, хлорциан.

С целью расширения возможностей противогазов по защите от АХОВ для них введены дополнительные патроны (ДПГ-1 и ДПГ-3). Противогазы ГП-7, ПДФ-2Д и ПДФ-2Ш, укомплектованные фильтрующе-поглощающей коробкой ГП-7К, можно применять для защиты от радионуклидов йода и его органических соединений.

ДПГ-3 в комплекте с противогазом защищает от аммиака, хлора, диметиламина, нитробензола, сероводорода, сероуглерода, синильной кислоты, тетраэтилсвинца, фенола, фосгена, фурфурола, хлористого водорода, хлористого циана и этилмеркаптана. ДПГ-1, кроме того, защищает еще от двуокиси азота, метила хлористого, окиси углерода и окиси этилена.

Наружный воздух, попадая в фильтрующе-поглощающую коробку противогаза, предварительно очищается от аэрозолей и паров АХОВ, поступая затем в дополнительный патрон, окончательно очищается от вредных примесей.

Внутри патрона ДПГ-1 два слоя шихты — специальный поглотитель и гопкалит. В ДПГ-3 — только один слой поглотителя. Чтобы защитить шихту от увлажнения при хранении, горловины должны быть постоянно закрыты: наружная — навинченным колпачком с прокладкой, внутренняя — ввернутой заглушкой.

Противогаз ГП-7 в комплекте с дополнительным патроном ДПГ-3 и лицевая часть МПГ представлены на рис. 2.11.



Рис. 2.11. Противогаз ГП-7 в комплекте с допатроном ДПГ-3

В упаковке предприятия-изготовителя патроны имеют гарантийный срок хранения — 10 лет.

Время защитного действия по АХОВ в минутах для гражданских противогазов ГП-7, ГП-5, ГП-5М без дополнительных патронов и с дополнительными патронами ДПГ-1 и ДПГ-3 приведено в табл. 2.7.

Гопкалитовый патрон — тоже дополнительный патрон к противогазам для защиты от окиси углерода. По конструкции напоминает ДПГ-1 или ДПГ-3.

Снаряжается он осушителем и собственно гопкалитом. Осушитель представляет собой силикагель, пропитан-

ный хлористым кальцием. Предназначен для поглощения водяных паров воздуха в целях защиты гонкалита от влаги, который при увлажнении теряет свои свойства.

Таблица 2.7  
Время защитного действия по АХОВ

Наименование АХОВ	Концентрация, мг/л	без ДПГ	с ДПГ-1	с ДПГ-3
Аммиак	5,00	0	30	60
Диметиламин	5,00	0	60	80
Хлор	5,00	40	80	100
Сероводород	10,00	25	50	50
Соляная кислота	5,00	20	30	30
Тетраэтилсвинец	2,00	50	500	500
Двуокись азота	1,00	0	30	0
Этилмеркаптан	5,00	40	120	120
Окись этилена	1,00	0	25	0
Метил хлористый	0,50	0	35	0
Окись углерода	3,00	0	40	0
Нитробензол	5,00	40	70	70
Фенол	0,20	200	800	800
Фурфурол	1,50	300	400	400

*Примечание.* Там, где в таблице проставлен «0», — защита отсутствует

*Уход, сбережение, хранение.* Правильное хранение и сбережение противогаза обеспечивают надежность его защитного действия. Поэтому противогаз нужно предохранять от ударов и других механических воздействий, при которых могут быть помяты металлические детали, в том числе фильтрующе-поглощающая коробка, повреждена шлем-маска (маска), разбито стекло. Особенно бережно следует обращаться с выдыхательными клапанами и без надобности не вынимать их из клапанной коробки. Если клапаны засорились или слиплись, надо осторожно продуть их.

При загрязнении шлем-маски необходимо промыть ее водой с мылом, предварительно отсоединив фильтрующе-поглощающую коробку, затем протереть сухой чистой тканью и просушить. Особое внимание при этом надо обратить на удаление влаги (воды) из

клапанной коробки. Ни в коем случае нельзя допускать попадания в фильтрующе-поглощающую коробку воды.

Противогаз, побывавший под дождем или намоченный по другой причине, необходимо, при первой возможности, вынуть из сумки, тщательно протереть и просушить на воздухе. В холодное время года при внесении противогаза в теплое помещение его детали следует протереть после их отпотевания (через 10–15 мин). Укладывать противогаз можно только в хорошо высушенную сумку. Сырость может привести к появлению ржавчины на металлических деталях противогаза и снижению поглощательной способности противогазовой коробки.

Хранить противогаз надо в собранном виде в сумке, в сухом помещении, на расстоянии не менее 3 м от отопительных устройств и приборов. При длительном хранении отверстие в дне коробки закрывается резиновой пробкой.

## 2.5. ИЗОЛИРУЮЩИЕ ПРОТИВОГАЗЫ

При высоких концентрациях АХОВ и при недостатке кислорода фильтрующие противогазы не обеспечивают надежную защиту органов дыхания. В этих условиях необходимо применять изолирующие СИЗОД.

Изолирующие противогазы ИП-4 (рис. 2.12), ИП-5, ИП-4М, ИП-4МК и кислородные изолирующие противогазы КИП-5, КИП-8 обеспечивают защиту от АХОВ в любой концентрации и при недостатке кислорода. Для обеспечения безопасности работ внутри емкостей, колодцев и других помещений, где возникло скопление АХОВ или содержание кислорода менее 16 % об, применяют также шланговые противогазы ПШ-16 (воздушный шланг 10 м, предохранительный пояс и сигнально-спасательная веревка), ПШ-20РВ (длина шланга 20 м) или ПШ-40РВ (длина шланга 40 м), в которых пригодный для дыхания воздух подается под маску по шлангам.

Изолирующие противогазы ИП-4, ИП-5, ИП-4М, ИП-4МК, как и самоспасатели ШСС, работают на принципе регенерации

выдыхаемого воздуха в регенеративном патроне, снаряженном химически активным веществом (перекись и надперекись натрия), в котором происходит поглощение выдыхаемого углекислого газа и влаги и выделение кислорода. Противогазы состоят из лицевой части, регенеративного патрона, дыхательного мешка, каркаса и сумки.

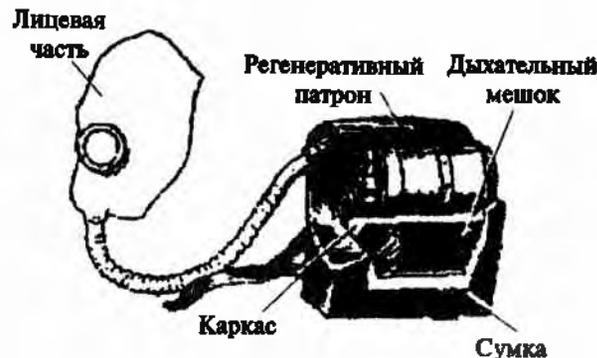


Рис. 2.12. Изолирующий противогаз ИП-4

Принцип действия КИП такой же, как и у описанных выше кислородных изолирующих регенеративных респираторов Р-34 и Р-30, т. е. они работают на сжатом кислороде, который поступает в дыхательный мешок из стального баллона вместимостью 2 л, где он находится под давлением 20 МПа. Выдыхаемый воздух очищается от углекислого газа в регенеративном патроне, после чего поступает в дыхательный мешок, где обогащается кислородом, и поступает в органы дыхания.

## 2.6. РЕСПИРАТОРЫ

Респиратор (от латинского *respiro* — дышу) — приспособление для индивидуальной защиты органов дыхания человека от пыли и вредных веществ. Он хорошо знаком практически всем по очень распространенному заболеванию ОРЗ (острому респираторному

заболеванию дыхательных путей). Респираторы представляют собой облегченное средство защиты органов дыхания от вредных газов, паров, аэрозолей и пыли. Широкое распространение они получили в шахтах, на рудниках, на химических предприятиях, при работе с удобрениями и ядохимикатами в сельском хозяйстве; ими пользуются на АЭС, при зачистке окалины на металлургических предприятиях, при покрасочных, погрузочно-разгрузочных и других работах.

Респираторы делятся на два типа. Первый — это респираторы, у которых полумаска и фильтрующий элемент одновременно служат и лицевой частью. Второй — очищает вдыхаемый воздух в фильтрующих патронах, присоединяемых к полумаске.

По назначению подразделяются на противопылевые, противогазовые и газопылезащитные. Противопылевые защищают органы дыхания от аэрозолей различных видов, противогазовые — от вредных паров и газов, а газопылезащитные — от газов, паров и аэрозолей при одновременном их присутствии в воздухе.

В качестве фильтров в противопылевых респираторах используют тонковолокнистые фильтровальные материалы. Наибольшее распространение получили полимерные фильтровальные материалы типа ФП (фильтр Петрянова), благодаря их высокой эластичности, механической прочности, большой пылеемкости, а главное — из-за высоких фильтрующих свойств.

В зависимости от срока службы респираторы могут быть однократного применения (ШБ-1 «Лепесток», «Кама», У-2К, Р-2), которые после отработки непригодны для дальнейшей эксплуатации. В респираторах многократного использования предусмотрена замена фильтров.

Промышленностью выпускаются противопылевые респираторы двух типов: бесклапанные (ШБ-1 «Лепесток», «Кама») и клапанные («Астра-2», Ф-62Ш, У-2К и др.), а по конструкции фильтров — патронные, в которых фильтр расположен в одной (Ф-62Ш, Ф-62ШМ и др.) или двух коробках («Астра-2», РУ-60М, ПРШ-741, ПРШ-742 и др.), и фильтрующие маски (ШБ-1 «Лепесток», «Кама», У-2К, РП-К, «Снежок-КУ» и др.).

Бесклапанный респиратор-маска «Лепесток» выпускается трех модификаций: «Лепесток-5», «Лепесток-40» и «Лепесток-200», которые защищают от аэрозолей с концентрациями, превышающими ПДК соответственно в 5, 40 и 200 раз. Конструктивно они выполнены одинаково и представляют собой легкую полумаску, выполненную из фильтрующего материала ФПП, являющего собой слой наэлектризованных перхлорвиниловых волокон на марлевой основе, помещенный между двумя слоями марли. За счет пластмассовых распорок и резинового шнура, закрепленного по периметру фильтра, респиратору придают форму полусферы и подгоняют по размеру лица. В верхней части имеется алюминиевая пластинка, с помощью которой край респиратора обжимается по форме переносицы. Вдох и выдох в этих респираторах осуществляются через фильтрующую ткань.

Респираторы «Кама-20С», «Кама-40» и «БРИЗ-1101» по принципу действия и устройству аналогичны респираторам «Лепесток», но имеют фиксированную форму треугольной полумаски.

Респиратор У-2К представляет собой полумаску из двух фильтрующих материалов: наружного из мелкозернистого пенополиуретана (поролон) и внутреннего из материала ФПП-15. Респиратор имеет клапан выдоха и два клапана вдоха. У-2К выпускается трех размеров: 1, 2, 3.

Патронный клапанный респиратор «Астра-2» состоит из мягкой резиновой полумаски и двух сменных фильтров в форме усеченных гофрированных конусов из материала ФПП-15. Вдох осуществляется через патронные фильтры и клапаны вдоха, а выдох — через клапан выдоха. Полумаска крепится на лице с помощью резинового оголовья. Респиратор выпускается двух размеров: 1 и 2.

*Противогазовые и универсальные фильтрующие респираторы (противогазы).* Респиратор РПГ-67 предназначен для защиты органов дыхания от воздействия вредных газов и паров. Он представляет собой резиновую полумаску ПР-7 с клапаном выдоха в центре и двумя противогазовыми патронами со специальными поглотителями. Респираторы РПГ-67 комплектуются фильтрующими патронами четырех марок: А, Б, Г, КД, предназначенными

для защиты от различных газов (см. ГОСТ 12.4.122-83) при концентрациях до 10 ПДК.

В ГОСТ Р 12.4.193-99 изменены буквенная маркировка и цветовая окраска фильтров в зависимости от назначения, а также состав тест-веществ, по которым они проверяются (табл. 2.8).

Таблица 2.8

Марка фильтров	Тест-вещества и окраска	
	ГОСТ Р 12.4.193-99	ГОСТ 12.4.122-83
А	Органические соединения Циклогексан (коричневая)	Органические соединения Бензол (коричневая)
В	Неорганические соединения: хлор сероводород цианводород (серая)	Кислые газы: диоксид серы цианводород (желтая)
Е	Кислые газы Диоксид серы (желтая)	Мышьяковистый и фтористый водород (черная)
К	Аммиак (зеленая)	
КД		Аммиак (серая)
НО	Окислы азота (синяя)	
М		Оксид углерода в присутствии органических паров (красная)
Нг	Ртуть (красная)	
Г		Ртуть (черно-желтая)

Фильтрующий промышленный противогаз состоит из резиновой лицевой части, либо закрывающей все лицо и снабженной смотровыми стеклами (шлем маска), или закрывающей только рот и нос (полумаска), фильтрующей коробки с сорбентом, гофрированной трубки, соединяющей лицевую часть с фильтрующей коробкой, и клапана выдоха. Воздух в фильтрующей коробке очищается поглотителем, состоящим из активированного угля и химического сорбента, состав которого определяется видом токсичного газа.

Коробки промышленных противогазов марок А, В, Г, Е, КД, М, СО выпускаются без аэрозольного фильтра и защищают только от токсичных газов, и с аэрозольным фильтром марок А, В, Г, Е, КД, БКФ (с белой вертикальной полосой), защищающие от газов и аэрозолей

малого (МКП) и большого (БК) габаритов. Назначение противогазовых коробок отдельных марок — см. ГОСТ 12.4.122-83.

Универсальный респиратор РУ-60М предназначен для защиты органов дыхания от вредных газов, паров и аэрозолей. Представляет собой резиновую полумаску ПР-7 с клапанами выдоха и двумя сменными патронами. Патроны содержат специальные поглотители и противоаэрозольные фильтры. Респиратор комплектуется четырьмя марками патронов: А, В, Г, КД (см. ГОСТ 12.4.122-83).

*Подбор и испытание фильтрующих респираторов.* Фильтрующие респираторы выбираются по технической характеристике в зависимости от вида и концентрации загрязняющих веществ. Шлем-маска подбирается по размеру измерением головы по линии, проходящей через подбородок по щекам и через высшую точку головы и расстояния между ушами по лбу через надбровные дуги. По сумме этих измерений определяется необходимый размер шлем-маски (табл. 2.9). Размер полумаски определяется в соответствии с расстоянием от переносицы до нижней части подбородка.

Таблица 2.9

Размер шлем-маски

Марки СИЗОД	Результаты измерений лица и соответствующие им размеры СИЗОД, мм				
	0	1	2	3	4
Шлем-маска противогаса	90 93	94 95	96 99	100 103	104 и более
Респиратор «Астра-2»		91 115	116 143		
Респиратор У-2К		до 109	110 119	120 и более	

Респираторы испытывают на герметичность лицевой части и шланга противогаса, а также определяют сопротивление дыханию. Эти испытания проводят на специальных установках (стендах).

Для проверки правильности выбора шлем-маски противогаса или полумаски одного из патронных респираторов необходимо защитное средство надеть, закрыть отверстие коробки противогаса или отверстия патронов респиратора ладонями и попытаться не-

сколько раз глубоко вздохнуть. Если дыхание невозможно, то маска или полумаска подобраны правильно.

Выбор размера респиратора РП-К, а также респираторов с полумаской ПР-7 (Ф-62Ш, РПГ-67, РУ-60М, ПРШ-741 и др.) осуществляется примеркой и подгонкой оголовья респиратора без изменения головы.

## 2.7. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

После изучения устройства и правил пользования имеющимися в наличии СИЗОД необходимо:

1. Провести проверку самоспасателей внешним осмотром и на приборе ПГС-1.
2. Произвести проверки и подгонки противогазов.
3. Определить необходимые размеры шлем-маски противогаса и полумаски респиратора «Астра-2» и У-2К.
4. Произвести пробное включение в самоспасатели-тренажеры или противогазы (по разрешению преподавателя).
5. Составить отчет о работе.

### Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятию «самоспасатель».
2. Основные типы изолирующих самоспасателей.
3. Принцип работы самоспасателя ШСС-Т.
4. Время защитного действия самоспасателей ШСС-1 и ШСС-Т.
5. Принцип работы самоспасателя СПП-2.
6. Сформулируйте правила включения в самоспасатель и выхода на свежую струю.
7. Меры безопасности при эксплуатации самоспасателей.
8. Правила хранения самоспасателей.
9. Проверка технического состояния самоспасателей.
10. Проверка герметичности самоспасателей.
11. Порядок уничтожения отработанных самоспасателей.
12. Время защитного действия респираторов Р-30 и Р-34.

13. Принцип работы респиратора Р-30.
14. Основные типы гражданских фильтрующих противогазов:
15. Порядок пользования противогазом.
16. Основные типы изолирующих противогазов
17. Основные типы противопылевых респираторов.
18. Противогазовые и универсальные фильтрующие респираторы (противогазы).
19. Подбор и испытание фильтрующих респираторов.

### Практическое занятие № 3 ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДИКИ И ПОЛУЧЕНИЕ НАВЫКОВ ОКАЗАНИЯ ПЕРВОЙ ПОМОЩИ ПОСТРАДАВШИМ ПРИ НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЯХ И ВНЕЗАПНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ

**Цель работы:** изучить правила, способы и приемы оказания первой медицинской помощи при травмах и внезапных заболеваниях.

Получить навыки проведения реанимационных мероприятий, оказания первой помощи пострадавшим и закрепить полученные знания.

**Содержание работы:** изучение методических указаний и рекомендаций литературы по методике проведения реанимационных мероприятий, оказания первой медицинской помощи, отработка приемов выполнения реанимационных мероприятий на медицинском тренажере сердечно-легочной реанимации «Максим».

#### 3.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

##### *Первая медицинская помощь*

Современная медицина располагает всеми средствами помощи человеку при травмировании или внезапном недомогании. Однако

быстрое прибытие медицинских работников с необходимыми средствами оказания первой помощи к месту происшествия не всегда возможно. Поэтому первую помощь пострадавшему должен уметь оказывать каждый работник, тем более с высшим образованием.

Первая медицинская помощь представляет собой комплекс срочных мероприятий, проводимых при несчастных случаях и внезапных заболеваниях работников, направленных на прекращение действия повреждающего фактора, на устранение причин, угрожающих жизни человека, на облегчение его страданий и подготовку пострадавшего к отправке в лечебное учреждение.

*Первая медицинская помощь* — это простейшие медицинские действия, выполняемые непосредственно на месте происшествия в кратчайшие сроки после травмы или внезапного заболевания.

Различают следующие виды первой медицинской помощи пострадавшему:

1) первая медицинская неквалифицированная помощь, которая оказывается немедиками (парамедиками), обученными и обладающими навыками оказания первой помощи работникам в порядке взаимопомощи, самопомощи;

2) первая медицинская доврачебная помощь — оказывается средним медицинским и фармацевтическим персоналом;

3) первая медицинская врачебная помощь — оказывается врачом при условии наличия у него элементарного набора лекарственных препаратов и инструментария.

В данном практическом занятии рассматривается порядок оказания первой медицинской неквалифицированной помощи (далее — первая помощь) пострадавшим от несчастных случаев или внезапных заболеваний.

Оказывающий помощь должен знать:

- а) основы работы в экстремальных условиях;
- б) основные признаки нарушения жизненно важных функций организма человека;
- в) основные правила, методы, способы и приемы оказания первой помощи с учетом особенностей конкретного несчастного случая и конкретного человека;

г) основные способы эвакуации и переноски пострадавших.

В зависимости от повреждающего фактора, травмы подразделяют на механические, физические, химические, биологические и психические. В зависимости от вида травмы используют определенные мероприятия, направленные на спасение жизни и сохранение здоровья пострадавшего.

По техническому заданию Департамента условий и охраны труда Министерства труда и социального развития Российской Федерации в 2001 г. разработана Межотраслевая инструкция по оказанию первой помощи при несчастных случаях на производстве.

Инструкция утверждена Департаментом научно-исследовательских и образовательных медицинских учреждений Министерства здравоохранения РФ и рекомендована для подготовки лиц, не имеющих медицинского образования, но обязанных уметь оказывать первую медицинскую помощь (письмо № 16-16/68 от 28.06.99).

Инструкция выдается работодателем подчиненным работникам под подпись. Инструкция является именным личным нормативным документом для каждого работника и должна постоянно находиться у него. Каждый работник, получивший такую инструкцию, обязан знать ее содержание и уметь применять при необходимости в любой обстановке. Знание инструкции и навыки ее применения ежегодно подтверждаются экзаменом.

Требования охраны труда устанавливают порядок, при котором все работники должны быть обучены практическим приемам освобождения пострадавшего от травмирующего фактора и способам оказания ему первой помощи.

Первая помощь пострадавшему оказывается немедленно после освобождения его от действия травмирующего фактора здесь же, на месте. Меры первой помощи пострадавшему зависят от его состояния.

Для определения состояния пострадавшего необходимо уложить его на спину и проверить наличие дыхания и сердечных сокращений.

Наличие дыхания у пострадавшего определяется по подъему и опусканию грудной клетки во время самостоятельного вдоха и выдоха. Нормальное дыхание характеризуется четкими и ритмичны-

ми подъемами и опусканиями грудной клетки. В таком состоянии пострадавший не нуждается в искусственном дыхании.

Нарушенное дыхание характеризуется нечеткими или неритмичными подъемами грудной клетки при вдохах, редкими, как бы хватающими воздух вдохами или отсутствием видимых дыхательных движений грудной клетки. Все эти случаи расстройства дыхания приводят к тому, что кровь в легких недостаточно насыщается кислородом, в результате чего наступает кислородное голодание тканей и органов пострадавшего и может привести к летальному исходу. Поэтому в этих случаях пострадавший нуждается в искусственном дыхании (искусственной вентиляции легких).

Наличие сердечных сокращений свидетельствует о работе сердца, т. е. о наличии в организме кровообращения: его определяют путем прослушивания сердечных тонов, приложив ухо к левой половине груди пострадавшего, или проверкой пульса. Наличие пульса проверяют, как правило, на крупных артериях, где он более выражен, — на лучевой, бедренной и сонной.

При определении состояния пострадавшего, проверку пульса следует произвести на лучевой артерии на руке примерно у основания большого пальца. Если на лучевой артерии пульс не обнаруживается, его надо проверить на сонной артерии на шее с правой и левой сторон выступа щитовидного хряща — адова яблочка (рис. 3.1).

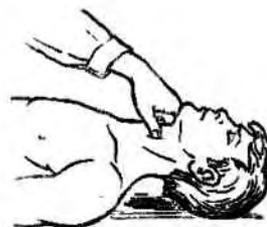


Рис. 3.1. Определение пульса на сонной артерии

Отсутствие пульса и на сонной артерии свидетельствует, как правило, о прекращении движения крови в организме, т. е. о прекращении работы сердца. Об отсутствии кровообращения в организме можно судить по состоянию зрачка, который в этом случае расширен. Проверка состояния пострадавшего, включая придание его телу соответствующего положения, проверку дыхания, пульса и состояния зрачка, должна производиться быстро — в течение 15–20 с.

Если пострадавший в сознании, но до этого был в обмороке или продолжительное время находился под действием травмирующего

фактора (например, электрошока), необходимо его удобно уложить на сухую подстилку, накрыть для сохранения тепла одеждой, одеялом и т. п. Удалить из помещения лишних людей и до прибытия врача обеспечить ему полный покой, непрерывно наблюдая за его дыханием и пульсом. Ни в коем случае нельзя позволять пострадавшему двигаться, а тем более продолжать работу, даже если он чувствует себя хорошо и не имеет видимых повреждений. Отрицательное воздействие повреждающего фактора на человека может сказаться не сразу, а спустя некоторое время — через несколько минут, часов и даже дней. Зарегистрированы случаи, когда резкое ухудшение состояния здоровья, приводившее иногда к смерти пострадавшего, наступало через несколько дней после освобождения его от травмирующего фактора, в течение которых он субъективно чувствовал себя удовлетворительно, и не имел внешних повреждений. Поэтому только врач может правильно оценить состояние здоровья пострадавшего и решить вопрос о помощи, которую нужно оказать ему на месте, а также о дальнейшем его лечении.

В случае невозможности быстро вызвать врача пострадавшего срочно доставляют в лечебное учреждение на носилках или транспортном средстве.

*Если пострадавший находится в бессознательном состоянии, но с сохранившимися устойчивыми дыханием и пульсом, его следует удобно уложить на подстилку, расстегнуть одежду и пояс, чтобы они не затрудняли ему дыхание, обеспечить приток свежего воздуха. Затем принять меры к приведению его в сознание — поднести к носу вату, смоченную нашатырным спиртом, обрызгать лицо холодной водой, растереть и согреть тело. Пострадавшему следует обеспечить полный покой, удалив посторонних людей из помещения, и непрерывное наблюдение за его состоянием до прибытия врача.*

*Если пострадавший плохо дышит — редко, судорожно, как бы с всхлипыванием или если дыхание пострадавшего постепенно ухудшается, но у него прощупывается пульс, необходимо делать искусственное дыхание.*

*При отсутствии признаков жизни, т. е. когда у пострадавшего отсутствуют дыхание и пульс, а болевые раздражения не вызывают*

никаких реакций, зрачки глаз расширены и не реагируют на свет, надо считать пострадавшего находящимся в состоянии клинической смерти и немедленно приступать к его оживлению, т. е. к искусственному дыханию и наружному массажу сердца.

Никогда не следует отказываться от оказания помощи пострадавшему и считать его мертвым из-за отсутствия дыхания, пульса и других признаков жизни. Пострадавшего можно признать мертвым только при явно видимых смертельных повреждениях, например, в случае раздробления черепа при падении или при обгорании всего тела. В других случаях *констатировать смерть имеет право только врач.*

Опыт показывает, что своевременное и правильное оказание первой помощи человеку, находящемуся в состоянии клинической смерти, как правило, приводит к положительному результату — оживлению мнимоумершего. Здесь еще раз уместно подчеркнуть, что попытки оживления эффективны лишь в том случае, если с момента остановки сердца прошло не более 4–6 мин. Часто оживление пострадавших достигается в результате своевременной первой помощи товарищем по работе или другим свидетелем травмирования человека. В более тяжелых случаях эта помощь обеспечивает сохранение жизнеспособности организма мнимоумершего до прибытия врача, который может применить более эффективные меры оживления. В этих случаях первая помощь должна оказываться непрерывно, даже тогда, когда время исчисляется часами. Зарегистрировано много случаев оживления людей после 3–4 ч, а в отдельных случаях после 10–12 ч, в течение которых непрерывно выполнялись искусственное дыхание и массаж сердца.

Решение о бесполезности дальнейших действий по оживлению человека, находящегося в состоянии клинической смерти, и заключение об его истинной (биологической) смерти имеет право вынести только врач.

Достоверными признаками необратимой смерти являются мутная, высохшая роговица глаз; широкие, не реагирующие на свет зрачки; охлаждение тела до температуры окружающей среды; возникновение трупных пятен и трупного окоченения и др.

## 3.2. РЕАНИМАЦИОННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

### 3.2.1. Искусственное дыхание

Назначение искусственного дыхания, как и нормального естественного дыхания, — обеспечить газообмен в организме, т. е. насыщение крови пострадавшего кислородом и удаление из крови углекислого газа. Кроме того, искусственное дыхание, воздействуя рефлекторно на дыхательный центр головного мозга, способствует восстановлению самостоятельного дыхания пострадавшего.

Газообмен происходит в легких. Воздух, поступающий в них, заполняет множество легочных пузырьков, так называемых альвеол, к стенкам которых притекает кровь, насыщенная углекислым газом. Стенки альвеол представляют собой полупроницаемые биологические мембраны, общая площадь которых у человека достигает в среднем 90 м<sup>2</sup>. Через эти стенки и осуществляется газообмен, т. е. из воздуха в кровь переходит кислород, а из крови в воздух — углекислый газ.

Кровь, насыщенная кислородом, посылается сердцем ко всем органам, тканям и клеткам, в которых, благодаря этому, продолжаются нормальные окислительные процессы, т. е. нормальная жизнедеятельность организма.

Воздействие на дыхательный центр мозга осуществляется в результате механического раздражения поступающим воздухом нервных окончаний, находящихся в легких. Возникающие при этом нервные импульсы поступают в центр головного мозга, ведающего дыхательными движениями легких, стимулируя его нормальную деятельность, т. е. способность посылать импульсы мышцам легких, как это происходит в здоровом организме.

*Способы искусственного дыхания.* Существует множество различных способов выполнения искусственного дыхания. Все они делятся на две группы: *аппаратные* и *ручные*.

*Аппаратные* способы требуют применения специальных аппаратов, которые обеспечивают вдувание и удаление воздуха из легких через резиновую трубку, вставленную в дыхательные пути, или через

маску, наложенную на лицо пострадавшего. Простейшими из аппаратов являются ручные портативные аппараты РПА-1 и РПА-2Ц (рис. 3.2), предназначенные для искусственного дыхания и аспирации (отсасывания) жидкости и слизи из дыхательных путей. Основными частями их являются небольшой мех, приводимый в действие рукой, и маска, плотно накладываемая на рот и нос пострадавшего.



Рис. 3.2. Искусственное дыхание с помощью аппарата РПА-1

Во время сжатия меха происходит пассивный вдох, т. е. введение под некоторым давлением в легкие пострадавшего атмосферного воздуха в объеме 0,25–1,5 л или воздуха, обогащенного кислородом. В последнем случае к всасывающему клапану аппарата присоединяется кислородная подушка. Во время растяжения меха происходит пассивный выдох, при этом воздух из аппарата выходит через специальный клапан.

Благодаря портативности и малой массе, этот аппарат применяется не только в больничных, но и в полевых условиях.

*Ручные* способы значительно менее эффективны и несравненно более трудоемки, чем аппаратные. Они обладают, однако, тем важным достоинством, что могут выполняться без каких-либо приспособлений и приборов, т. е. немедленно при возникновении нарушений дыхания у пострадавшего.

Наиболее эффективным из ручных способов является способ «изо рта в рот» (рис. 3.3). Он заключается в том, что оказывающий помощь вдвывает воздух из своих легких в легкие пострадавшего через его рот. Практика показала, он более эффективен, чем другие ручные способы. Этот способ весьма прост, и им может овладеть за короткое время каждый человек, в том числе не имеющий медицинского образования; при этом способе исключена опасность повреждения органов пострадавшего; этот способ позволяет просто контролировать поступление воздуха в легкие пострадавшего — по расширению грудной клетки; он значительно менее утомителен.

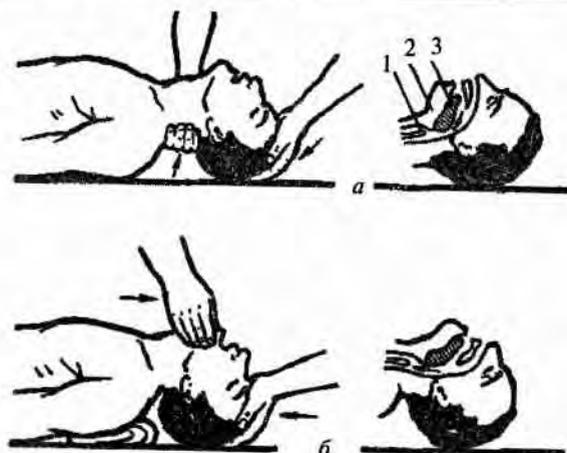


Рис. 3.3. Положение головы пострадавшего перед проведением искусственного дыхания по способу «изо рта в рот»:

- а) начальное положение головы: вход в гортань 1 перекрыт надгортанником 2 и заперт языком 3;
- б) положение головы, при котором начинается искусственное дыхание: голова запрокинута, нижняя челюсть выдвинута (надгортанник приподнялся, и язык отошел от входа в гортань, благодаря чему обеспечен свободный проход воздуха в нее)

Установлено, что воздух, выдыхаемый из легких, содержит достаточное для дыхания количество кислорода. Объем воздуха, вдываемого в легкие взрослого человека, достигает 1000–1500 мл.

Достоинством метода является и то, что поступающий при вдыхе  $CO_2$ , воздействуя на рецепторы в легких, стимулирует сигнал в головной мозг о возобновлении работы мышц легких.

Недостатком способа «изо рта в рот» является то, что он может вызвать взаимное инфицирование (заражение) и чувство брезгливости у оказывающего помощь. В связи с этим вдывание воздуха производят через марлю, носовой платок и другую плотную ткань, а также через специальную трубку.

**Подготовка к искусственному дыханию.** Прежде чем приступить к искусственному дыханию, необходимо быстро выполнить следующие операции:

а) освободить пострадавшего от стесняющей дыхание одежды — расстегнуть ворот, развязать галстук, расстегнуть пояс брюк и т. п.;

б) уложить пострадавшего спиной на горизонтальную поверхность — стол или пол;

в) максимально запрокинуть голову пострадавшего, положив под затылок ладонь одной руки, а второй надавливая на лоб (см. рис. 3.3,а) до тех пор, пока подбородок пострадавшего не окажется на одной линии с шеей (см. рис. 3.3,б). При этом положении головы язык отходит от входа в гортань, обеспечивая тем самым свободный проход воздуха в легкие, рот обычно раскрывается. Для сохранения достигнутого положения головы под лопатки следует подложить валик из свернутой одежды;

г) пальцами обследовать полость рта, и если в нем обнаружится содержимое (кровь, слизь и т. п.), удалить его, вынув одновременно зубные протезы, если они имеются (рис. 3.4).



Рис. 3.4. Очищение полости рта и глотки от слизи, крови и т. п.

Для удаления слизи и крови необходимо голову и плечи пострадавшего повернуть в сторону (можно подвести свое колено под плечи пострадавшего), а затем с помощью носового платка или края рубашки, намотанного на указательный палец, очистить полость рта и глотки (см. рис. 3.4). После этого следует придать голове первоначальное положение и максимально запрокинуть ее, как указано выше (см. рис. 3.3).

**Выполнение искусственного дыхания.**

По окончании подготовительных операций оказывающий помощь делает глубокий вдох и затем с силой выдыхает воздух в рот пострадавшего, при этом он должен охватить своим ртом весь рот пострадавшего, а своей щекой или пальцами зажать ему нос (рис. 3.5,а). Затем оказывающий помощь откидывается назад, освобождая и нос пострадавшего, и делает новый вдох. В этот период грудная клетка пострадавшего опускается и происходит пассивный выдох (рис. 3.5,б).

Маленьким детям вдухание воздуха можно производить одновременно в рот и нос, при этом оказывающий помощь должен охватить своим ртом рот и нос пострадавшего.



Рис. 3.5. Выполнение искусственного дыхания по способу «изо рта в рот»:  
а - вдох; б - выдох

Контроль за поступлением воздуха в легкие пострадавшего осуществляется по расширению грудной клетки при каждом вдухании. Если после вдухания воздуха грудная клетка пострадавшего не расширяется, это свидетельствует о непроходимости дыхательных путей. В таком случае необходимо выдвинуть нижнюю челюсть пострадавшего вперед, для чего оказывающий помощь должен поставить четыре пальца каждой руки на углы нижней челюсти и, упираясь большими пальцами в край подбородка, выдвинуть нижнюю челюсть вперед так, чтобы нижние зубы стояли впереди верхних (рис. 3.6а). Легче выдвинуть нижнюю челюсть введенным в рот большим пальцем, как показано на рис. 3.6б.

Наилучшая проходимость дыхательных путей пострадавшего обеспечивается при трех условиях: максимальном отгибании головы назад, открытии рта, выдвижении вперед нижней челюсти.

Иногда оказывается невозможным открыть рот пострадавшего вследствие судорожного сжатия челюстей. В этом случае искусственное дыхание следует производить по способу «изо рта в нос», закрывая рот пострадавшего при вдухании воздуха в нос.

Взрослому человеку вдухание надо делать с периодичностью 10–12 раз в минуту (т. е. через 5–6 с), а ребенку — 15–18 раз (т. е. че-

рез 3–4 с). Поскольку у ребенка вместимость легких меньше, вдухание должно быть неполным и менее резким.

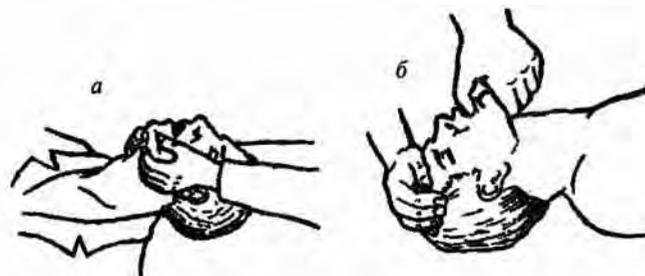


Рис. 3.6. Выдвижение нижней челюсти:  
а - двумя руками; б - одной рукой

При появлении у пострадавшего первых слабых вдохов следует приучивать искусственный вдох к началу самостоятельного вдоха. Искусственное дыхание необходимо проводить до восстановления глубокого ритмичного самостоятельного дыхания.

### 3.2.2. Наружный массаж сердца

При оказании помощи пострадавшим производится так называемый *непрямой или наружный массаж сердца* — ритмичное надавливание на грудь, т. е. на переднюю стенку грудной клетки пострадавшего. В результате этого сердце сжимается между грудиной и позвоночником и выталкивает из своих полостей кровь (рис. 3.7). После прекращения надавливания грудная клетка и сердце расширяются, и сердце заполняется кровью, поступающей из вен. У человека, находящегося в состоянии клинической смерти, грудная клетка из-за потери мышечного напряжения легко смещается (сдавливается) при нажатии на нее, обеспечивая необходимое сжатие сердца.

Цель *наружного массажа сердца* — искусственное поддержание кровообращения в организме пострадавшего и восстановление нормальных естественных сокращений сердца.

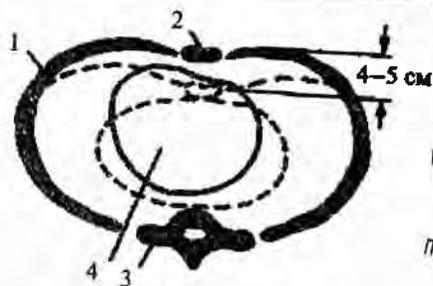


Рис. 3.7. Схематическое изображение поперечного сечения грудной клетки: 1 - клетка; 2 - грудина; 3 - позвоночник; 4 - сердце. Пунктиром показано смещение грудной клетки и сердца при надавливании на грудину

Кровообращение, т. е. движение крови по системе кровеносных сосудов, необходимо для того, чтобы кровь доставляла кислород ко всем органам и тканям организма. Следовательно, кровь должна быть обогащена кислородом, что достигается искусственным дыханием.

Таким образом, одновременно с массажем сердца должно производиться искусственное дыхание.

Восстановление нормальных естественных сокращений сердца, т. е. его самостоятельной работы, при массаже происходит в результате механического раздражения сердечной мышцы (миокарда). Давление крови в артериях, возникающее в результате непрямого массажа сердца, достигает сравнительно большого значения и оказывается достаточным, чтобы кровь поступала ко всем органам и тканям пострадавшего. Это сохраняет жизнь организма в течение долгого времени, пока производится массаж сердца и искусственное дыхание.

Подготовка к массажу сердца является одновременно подготовкой к искусственному дыханию, поскольку массаж сердца должен производиться совместно с искусственным дыханием. Для выполнения массажа необходимо уложить пострадавшего спиной на жесткую поверхность (скамью, пол или, в крайнем случае, подложить под спину доску). Необходимо обнажить его грудь, расстегнуть стесняющие дыхание предметы одежды.

При производстве массажа сердца оказывающий помощь занимает такое положение, при котором возможен более или менее значительный наклон над пострадавшим.

Определив прощупыванием место надавливания (оно должно находиться примерно на два пальца выше мягкого конца грудины) нанести удар кулаком по грудине (рис. 3.8). Далее оказывающий помощь должен расположить на место надавливания нижнюю часть ладони одной руки так, чтобы большой палец не был направлен на спасателя, а затем поверх первой руки положить под прямым углом вторую и надавливать на грудную клетку пострадавшего, слегка помогая при этом наклоном всего корпуса (рис. 3.9).



Рис. 3.8. Место надавливания на грудную клетку пострадавшего при выполнении наружного массажа сердца



Рис. 3.9. Положение рук производящего массаж сердца и проверка пульса на сонной артерии (пунктир)

Предплечья и плечевые кости рук оказывающего помощь должны быть разогнуты до упора. Пальцы обеих рук должны быть сведены вместе и не должны касаться грудной клетки пострадавшего. Надавливать следует быстрым толчком, так, чтобы сместить нижнюю часть грудины вниз на 3—4, а у полных людей на 5—6 см. Усилие при надавливании следует концентрировать на нижней части грудины, которая более подвижна. Следует избегать надавливания на верхнюю часть грудины, а также на окончания нижних ребер, так как это может привести к их перелому. Нельзя надавливать ниже края грудной клетки (на мягкие ткани), так как можно повредить расположенные здесь органы, в первую очередь печень.

Надавливание (толчок) на грудину следует повторять примерно 1 раз в секунду или несколько чаще, чтобы создать достаточный кровоток.

После быстрого толчка положение рук не должно меняться в течение примерно 0,5 с. После этого следует слегка выпрямиться и расслабить руки, не отнимая их от грудины.

У детей массаж производят только одной рукой, надавливая 2 раза в секунду.

Для обогащения крови пострадавшего кислородом одновременно с массажем сердца необходимо проводить искусственное дыхание по способу «изо рта в рот» или «изо рта в нос».

Если оказывающих помощь двое, то один из них должен производить искусственное дыхание, а другой — массаж сердца (рис. 3.10). Целесообразно каждому из них делать искусственное дыхание и массаж сердца поочередно, сменяя друг друга через каждые 5–10 мин. При этом порядок оказания помощи должен быть следующим: после одного глубокого вдувания производится пять надавливаний на грудную клетку.



Рис. 3.10. Наружный массаж сердца и искусственное дыхание «изо рта в рот», выполняемые двумя лицами

Если окажется, что после вдувания грудная клетка пострадавшего остается неподвижной (а это может свидетельствовать о недоста-

точном количестве вдуваемого воздуха), необходимо помощь оказывать в ином порядке: после двух глубоких вдуваний делать 15 надавливаний. Не допускается надавливать на грудину во время пассивного выдоха.

Если оказывающий помощь не имеет помощника и проводит искусственное дыхание и наружный массаж сердца один, нужно чередовать проведение указанных действий в следующем порядке: после двух глубоких вдуваний в рот или нос пострадавшего оказывающий помощь 15 раз надавливает на грудную клетку, затем снова производит два глубоких вдувания и повторяет 15 надавливаний для массажа сердца и т. д.

*Эффективность наружного массажа сердца* проявляется в первую очередь в том, что при каждом надавливании на грудную клетку на сонной артерии четко прощупывается пульс. Для определения пульса указательный и средний пальцы накладывают на адамово яблоко пострадавшего и, продвигая пальцы вбок, осторожно ощупывают поверхность шеи до определения сонной артерии (см. рис. 3.9). Другими признаками эффективности массажа является сужение зрачков, появление у пострадавшего самостоятельного дыхания, уменьшение синюшности кожи и видимых слизистых.

*Контроль за эффективностью массажа* осуществляет лицо, производящее искусственное дыхание.

Для повышения эффективности массажа рекомендуется на время наружного массажа сердца приподнять (на 0,5 м) ноги пострадавшего. Такое положение ног способствует лучшему притоку крови в сердце из вен нижней части тела.

Искусственное дыхание и наружный массаж сердца следует производить до появления самостоятельного дыхания и восстановления деятельности сердца или до передачи пострадавшего медицинскому персоналу.

О восстановлении деятельности сердца пострадавшего судят по появлению у него собственного, не поддерживаемого массажем регулярного пульса. Для проверки пульса через каждые 2 мин прерывают массаж на 2–3 с. Сохранение пульса во время перерыва свидетельствует о восстановлении самостоятельной работы сердца.

При отсутствии пульса во время перерыва необходимо немедленно возобновить массаж.

Длительное отсутствие пульса при появлении других признаков оживления организма (самостоятельного дыхания, сужения зрачков, попытки пострадавшего двигать руками и ногами и др.) служит признаком фибрилляции сердца. В этом случае необходимо продолжать оказание помощи пострадавшему до прибытия врача или до доставки пострадавшего в лечебное учреждение, где будет произведена дефибрилляция сердца.

В пути следует непрерывно делать искусственное дыхание и массаж сердца вплоть до момента передачи пострадавшего медицинскому персоналу.

### 3.2.3. Реанимационные мероприятия на тренажере «МАКСИМ III-01»

Чтобы научиться выполнять правильно искусственное дыхание и непрямой массаж сердца, весьма полезно провести тренировки на специальных тренажерах. Одним из них является тренажер «МАКСИМ III-01» производства ОАО «МЕДИУС» г. Санкт-Петербург.

«МАКСИМ III-01» — тренажер сердечно-легочной и мозговой реанимации пружинно-механический с индикацией правильности выполнения действий и тестовыми режимами.

Тренажер «МАКСИМ III-01» предназначен для обучения выполнения сердечно-легочной и мозговой реанимации. Тренажер состоит из фигуры, имитирующей человека, электронного пульта контроля, адаптера сетевого и настенного табло.

*Тренажер позволяет проводить следующие операции.*

1. Непрямой массаж сердца.
2. Искусственную вентиляцию легких способами «изо рта в рот» и «изо рта в нос» (в дальнейшем ИВЛ).
3. Имитацию пульса.
4. Контролировать:
  - а) правильность положения головы и расстегнутый пояс;

- б) правильность проведения непрямого массажа сердца;
- в) достаточность воздушного потока при проведении ИВЛ;
- г) правильность проведения реанимации пострадавшего одним или двумя спасателями;
- д) состояние зрачков у пострадавшего.

Тренажер снабжен электронным пультом контроля, с помощью которого определяется правильность положения головы, достаточность вдуваемого воздуха, усилие компрессии, правильность положения рук при непрямом массаже сердца, правильность проведения реанимации одним или двумя спасателями, состояние зрачков пострадавшего, появление пульса.

*Тренажер можно использовать в трех режимах:*

- 1) учебный — используется для отработки отдельных элементов реанимации;
- 2) тестовый — режим реанимации одним спасателем;
- 3) тестовый — режим реанимации двумя спасателями.

После правильно проведенного комплекса реанимации тренажер автоматически «оживает» (появляется пульс сонной артерии и сужаются зрачки).

Настенное табло является увеличенным изображением торса человека со световой сигнализацией действий по реанимации пострадавшего. Табло подключается к электронному пульту контроля с помощью разъемов, расположенных на задней панели пульта и позволяет наглядно демонстрировать процесс реанимации. Питание тренажера осуществляется от сети 220 В 50 Гц через сетевой адаптер или от автономного источника постоянного тока 12–14 В через разъем на пульте и проводник, прилагаемые к тренажеру.

Тренажер имеет габаритные размеры:  $(800 \pm 10) \times (450 \pm 10) \times (350 \pm 10)$  мм; вес — не более 6 кг.

*Порядок выполнения работы.* В ходе подготовки к выполнению практического занятия студенты должны изучить рекомендованную преподавателем литературу и методические указания по выполнению данной работы, устройство и правила пользования приборами. Только после этого они допускаются к выполнению следующих заданий экспериментальной части.

Перед выполнением любого задания следует:

- ♦ подключить адаптер сетевой к сети или специальный провод к источнику постоянного тока 12–14 В;
- ♦ включить тумблер подачи питания, расположенный на задней панели электронного пульта. При этом на пульте включится зеленый сигнал «ВКЛ. СЕТЬ», а также красные лампочки, сигнализирующие о том, что пояс пострадавшего не расстегнут, а голова не запрокинута (аналогичные сигналы на настенном табло).

#### Учебный режим

Используется для отработки отдельных элементов реанимации.

Порядок действий:

1. Обеспечить правильное запрокидывание головы тренажера (при угле запрокидывания 15–20°, включается зеленый сигнал «Правильное положение головы»).

2. Расстегнуть пояс (включается зеленый сигнал «Пояс расстегнут»).

3. Провести по правилам первой помощи непрямой массаж сердца. При прикладываемом усилию в  $25 \pm 2$  кгс (глубине продавливания 3–4 см) включается зеленый сигнал «Положение рук». При усилии свыше 32 кгс (смещении грудины более чем на 4 см) включаются 2 красных сигнала «Перелом ребер».

Руки спасателя при отработке навыков непрямого массажа сердца должны находиться выше мечевидного отростка грудины, приблизительно на расстоянии 2-х пальцев. В случае неправильного положения, включается красный сигнал «Положение рук», и действия спасателей будут считаться неправильными.

4. Провести по правилам оказания первой помощи ИВЛ. При достаточно интенсивном поступлении воздуха в легкие (объемная скорость воздушного потока не менее 2 л/с), включается зеленый сигнал «Нормальный объем воздуха».

5. Проконтролировать на сонной артерии тренажера наличие пульса можно, включив кнопку «Пульс».

6. Проверить состояние зрачков глаз пострадавшего, оттянув веко вверх. Если зрачки глаз будут расширены — пострадавший

находится в состоянии клинической смерти. Если зрачки глаз тренажера становятся нормальными — функции пострадавшего организма восстановлены. Кроме этого при каждом правильном нажатии в ходе выполнения непрямого массажа сердца происходит сужение зрачков.

7. В случае работы с демонстрационным табло вся световая сигнализация о действиях спасателей идентична сигнализации на электронном пульте.

*Внимание!*

После выполнения всех учебных действий необходимо нажать кнопку «Сброс», при этом включается зеленый сигнал.

#### Режим реанимации одним спасателем («2–15»)

Используется для отработки действий по реанимации пострадавшего одним человеком. Порядок действий:

- 1) нажать кнопку «Сброс»;
- 2) убедиться в правильном положении головы (зеленый сигнал);
- 3) расстегнуть пояс пострадавшему (зеленый сигнал);
- 4) начать реанимационные мероприятия по правилам проведения первой помощи (2ИВЛ + 15 нажатий, 5–6 циклов в течение минуты).

При неправильных действиях включается один из красных сигналов на торсе пострадавшего или красный сигнал «Сбой режима».

При правильных действиях в течение 1 минуты появляется пульс на сонной артерии, зрачки сужаются.

#### Режим реанимации двумя спасателями («1–5»)

Используется для отработки действий по реанимации пострадавшего двумя людьми. Порядок действий:

- 1) нажать кнопку «Сброс»;
- 2) убедиться в правильном положении головы (зеленый сигнал);
- 3) расстегнуть пояс пострадавшему (зеленый сигнал);
- 4) начать реанимационные мероприятия по правилам проведения первой помощи (1ИВЛ + 5 нажатий на грудную клетку, 10–12 циклов в течение минуты).

Сигнализация и результат работы аналогичны вышеописанному.

После окончания работы с тренажером — выключить тумблер подачи питания на задней панели, при этом погаснет зеленый сигнал «ВКЛ. СЕТЬ». Отключить блок питания от сети.

#### Заключительные положения

По результатам каждого задания фиксировать ошибочные действия, о которых сигнализируют табло и зрочки тренажера, в протоколе выполнения задания.

Оценка полученных навыков по результатам протоколов дается преподавателем.

Дать заключение о возможности реализации полученных теоретических знаний на тренажере.

#### 3.2.4. Навыки оказания первой помощи при различных травмах и внезапных заболеваниях

*Раны* — если рана сильно кровоточит, то сначала надо остановить кровотечение; рану сверху накрыть чистой марлей, перевязать всю рану бинтом (если в распоряжении имеется настойка йода или спирт этиловый, то кожу вокруг раны сначала дважды или трижды протереть марлей или ватой, смоченной одним из этих растворов).

*Ушибы* — наложить давящую повязку, холод (платок, смоченный холодной водой, снег или лед в полиэтиленовом пакете).

*Растяжения и разрывы связок* — наложить тугую повязку, холод.

*Вывихи* — создать для конечности максимальный покой. Вправлять вывихи немедицинскому работнику запрещается.

*Переломы* — при открытых переломах наложить стерильную повязку на рану, наложить шину (например, из доски, фанеры, палок, картона), зафиксировать 2 ближайших сустава. Даже при подозрении на перелом фиксация конечности обязательна.

*Ожоги термические* — устранить причину, вызвавшую ожог, промыть холодной водой (без нарушения целостности ожоговых пузырей), наложить стерильную повязку, при возможности положить снег, лед или иной холод на 15–20 минут.

*Ожоги химические* — обильно промыть холодной водой или молоком, мочой, мыльной водой, слабым раствором пищевой соды вплоть до прибытия врача.

*Отморожения* — медленное и постепенное согревание (перенос в теплое помещение), наложение повязок, обильное теплое питье (чай, кофе), заставить двигаться.

*Электротравмы* — соблюдая меры личной безопасности, прекратить действие тока на пострадавшего (например, выключить рубильник, вывернуть предохранительные пробки на щите, оттянуть провод сухой деревянной палкой, сухой веревкой или оттащить пострадавшего, используя при этом диэлектрические перчатки или подручные изолирующие средства: сухую веревку, палку, доску, прорезиненный плащ, резиновый коврик), обеспечить полный покой и вызвать врача. В случае отсутствия у пострадавшего дыхания и пульса необходимо расстегнуть одежду, начать искусственную вентиляцию легких и наружный массаж сердца до восстановления самостоятельного дыхания и сердцебиения. На область ожога наложить сухую повязку.

*Обморок* — уложить пострадавшего в горизонтальное положение, приподнять ноги, расстегнуть стесняющую одежду, обеспечить доступ свежего воздуха, лицо обрызгать холодной водой, дать понюхать нашатырный спирт или уксус на ватке, натереть этими средствами виски, надавить болевую точку под носом или помассировать ее.

*Утопление* — кожа утонувших после извлечения из воды может быть бледной (в дыхательных путях воды нет) или синюшной (в дыхательных путях имеется вода). В последнем случае изо рта и носа утонувших выделяется много воды или пенистой жидкости.

Первая помощь должна быть оказана незамедлительно. Сначала необходимо освободить дыхательные пути от воды. Для этого оказывающий помощь кладет пострадавшего на свое колено лицом вниз и толчкообразно нажимает на нижние ребра, в результате чего вода вытекает через рот и нос (рис. 3.11).

После этого утонувшего поворачивают лицом вверх, быстро очищают полость рта и носа от слизи, ила, песка. Все эти приемы нужно выполнить за 0,5–1 мин. После этого немедленно приступают к искусственному дыханию, а при остановке сердца (нет пульса,



Рис. 3.11. Удаление воды из дыхательных путей и желудка у навлеченного из воды

сердцебиения) одновременно к наружному массажу сердца. Пострадавшего постепенно согревают, растирают кожные покровы, массируют по направлению к сердцу верхние и нижние конечности, укрывают сухими одеялами.

После восстановления правильного дыхания и сердечной деятельности пострадавшего на носилках перевозят в ближайшее лечебное учреждение.

*Тепловой (солнечный) удар* — перенести пострадавшего в тень, расстегнуть одежду и уложить с приподнятой головой, наложить холодный компресс, напоить холодной водой. Применить холодное обертывание (например, мокрой простыней). При не-

обходимости провести наружный массаж сердца и искусственную вентиляцию легких.

*Отравления (пищевые, разными ядами)* — удалить вещества, вызвавшие отравление (промывание желудка, обильное питье, вызвать рвоту путем раздражения задней стенки глотки пальцами).

*Отравление алкоголем* — очистить полость рта от рвотных масс. Удалить остатки алкоголя из желудка (промывание желудка водой до тех пор, пока рвотные массы перестанут пахнуть алкоголем; вызвать рвоту путем раздражения задней стенки глотки пальцем), обильное питье.

*Отравление монооксидом (угарным газом)* — соблюдая меры личной безопасности и используя средства индивидуальной защиты дыхания (например, смоченный водой носовой платок), прекратить воздействие газа, обеспечить доступ свежего воздуха, холодное обливание головы, вдыхание нашатырного спирта; при потере сознания и нарушении сердечной деятельности провести искусственную вентиляцию легких и наружный массаж сердца.

*Укусы (змей, насекомых, бешеных животных)* — уложить пострадавшего с приподнятой пораженной конечностью, дать обильное

питье, срочно доставить в ближайшее лечебное учреждение для принятия специальных мер.

*Остановка кровотечения* — при венозном кровотечении его источник (конечность, другие части тела) расположить выше уровня сердца, наложить на рану давящую повязку (индивидуальный перевязочный пакет или бинт, вату, марлю).

Остановку артериального кровотечения осуществлять (не снимая одежды) либо прижатием пальцем артерии на конечности выше ее повреждения к кости (на шее и голове — ниже раны или в ране), либо наложением кровоостанавливающего жгута (платка, ремня) или давящей повязки выше раны поверх рубашки, брюк. До наложения жгута поврежденную конечность следует держать в приподнятом положении. Под жгут вложить записку о времени его наложения. Время, на которое может быть наложен жгут, не должно превышать 2 часа в летнее время и 1–1,5 часа в зимнее.

*Засорение глаз* — при засорении глаза его следует немедленно промыть водой или 2-процентным раствором борной кислоты. Голову пострадавшего кладут на противоположную засоренному глазу сторону и направляют струю воды или раствора от наружного угла засоренного глаза к носу, прикрыв глаз стерильной повязкой. Тереть глаз воспрещается.

После оказания первой помощи пострадавшему его следует направить в ближайшее лечебно-профилактическое учреждение. Решение о дальнейшем исполнении трудовых обязанностей пострадавшим работником может быть принято только врачом.

### 3.2.5. Транспортировка пострадавших

После оказания пострадавшему первой помощи его в кратчайший срок и со всеми предосторожностями доставляют в лечебное учреждение.

При транспортировке пострадавшего размещают с учетом тяжести полученной травмы и его состояния:

а) при сердечной недостаточности — в лежачем (можно в полулежачем) положении;

б) при ранении головы — в лежачем (можно в полулежачем) положении;

в) при ранениях верхних конечностей, плечевого сустава, лопатки и небольших ранений грудной клетки — в сидячем или полусидячем положении с наклоном головы в сторону ранения (следить за дыханием);

г) при значительных ранениях груди — укладывать на раненый бок или спину (допускается, как исключение, полулежачее положение);

д) при ранении живота и внутренних его повреждениях — укладывают на спину или на неповрежденный бок (можно перевозить в полулежачем положении);

е) при повреждении позвоночника — укладывают (при переломах — перекатывают) лицом вверх на ровную жесткую поверхность или лицом вниз на носилки. Доставка в сидячем положении запрещается;

ж) при повреждениях нижних конечностей — в лежачем или сидячем положении (в последнем случае стараются не травмировать поврежденную ногу);

з) при ожогах — укладывают на неповрежденную сторону, тщательно укрывают, дают большое количество питья (можно перевозить, как исключение, в полулежачем положении);

и) при электротравмах — в лежачем или полулежачем положении.

При перевозке в салоне легкового автомобиля пострадавшего размещают на заднем сидении с сопровождающим лицом. В пути следования наблюдают за состоянием пострадавшего и при необходимости оказывают нужную помощь. Транспортное средство следует вести плавно, не допуская резкого торможения. Переносить пострадавшего из транспортного средства в лечебное учреждение целесообразно под руководством медицинского персонала.

#### Литература

1. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок. — М.: Энергоатомиздат, 2001.

2. *Сандра Смит Хаддлстон, Сондра Г. Фергюсон. Неотложная помощь, интенсивная терапия и реанимация / Пер. Л. Д. Шакиш. — М.: Медицина, 2000. — 448 с.*

3. *Анестезиология и реанимация / Под ред. О. А. Долиной. — М.: Изд. дом Гэотар-Мед, 2002. — 552 с.*

4. *Межотраслевая инструкция по оказанию первой помощи при несчастных случаях на производстве. — М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2001. — 80 с.*

5. *Правила устройства электроустановок. — М.: Энергоатомиздат, 2003.*

#### Контрольные вопросы

1. Каковы основные методы и последовательность оказания первой помощи пострадавшему?

2. Каковы методы освобождения человека от действия электрического тока?

3. Как определить состояние пострадавшего и какая помощь оказывается в зависимости от тяжести состояния?

4. В чем заключается биологическое действие реанимационных мероприятий на организм человека во время оказания первой помощи при электротравмах?

5. Как выполняется искусственное дыхание и массаж сердца?

6. Как контролировать правильность проведения реанимации пострадавшего на тренажере «Максим»?

### Практическое занятие № 4 ИССЛЕДОВАНИЕ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЧЕЛОВЕКА С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМЫ «ФОН»

*Цель работы:* ознакомить студентов с одной из методик оценки психофизиологического состояния человека перед началом его

работы на травмоопасном производстве, получить некоторые навыки тестирования характеристик человека, используя систему «ФОН».

**Содержание работы:** изучить настоящие методические указания и рекомендуемую преподавателем литературу. Провести тестирование студентов во всех бригадах подгруппы. Произвести оценку психофизиологического состояния тестируемых. Сделать выводы о возможности допуска их к работе на травмоопасном производстве.

#### 4.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В процессе развития производства меняется роль и место человека в нем. При общей тенденции облегчения физического труда возрастает роль оценки и учета психофизиологических возможностей работника. Как известно, роль человеческого фактора как причины травматизма, аварий и катастроф очень велика. Около 80 % катастроф в авиации, 44 % аварий на морском транспорте, 86 % проездов поездов на запрещающие сигналы на железных дорогах происходит по вине летчиков, моряков, машинистов. Статистика несчастных случаев подтверждает важную роль «человеческого фактора», обуславливающего травматизм на производстве.

В связи с этим, важной задачей является разработка мер по профилактике производственного травматизма и аварий на основе изучения и учета индивидуальных психофизиологических характеристик человека.

Решение таких задач и, следовательно, профилактика производственного травматизма и аварий может осуществляться различными путями. Наиболее эффективным из них является оценка и прогноз психофизиологического состояния (ПФС) человека путем тестирования с использованием компьютерной технической системы.

Техническая система должна осуществлять количественную оценку показателей психофизиологического состояния работника, занятого на травмо- или аварийноопасном производстве, адекватно целям, быстро, безопасно, безвредно, без привлечения специального персонала, желательно в форме готовых рекомендаций.

Система должна быть легкотранспортируемой, удобной для применения в производственных условиях. Такие требования обуславливают минимизацию измеряемых параметров и компьютеризацию всех этапов оценки ПФС работника.

Исследования показывают, что использование методов оценки психофизиологического состояния человека позволяет решать большой класс задач, среди которых:

- ◆ предрабочая оценка функционального состояния человека и его готовности к безаварийной работе в системе «человек-машина-среда» (ЧМС);
- ◆ текущая оценка функционального состояния человека и его готовности к безаварийной работе в системе ЧМС;
- ◆ определение тяжести трудовых операций и эффективности отдыха, выработка рациональных режимов труда и отдыха;
- ◆ оценка влияния всех новых методов труда на надежность и безаварийность работы персонала и состояние его здоровья;
- ◆ изучение влияния внешних факторов на функциональное состояние здоровья работников и опосредованного их влияния на производительность труда, уровень травматизма и аварийности;
- ◆ оценка качества и эффективности мероприятий по рационализации и охране труда с помощью анализа функционального состояния и здоровья работников до и после проведения этих мероприятий;
- ◆ разработка методов профотбора и профподбора по критерию надежности и безаварийности системы ЧМС;
- ◆ исследование новых и адаптация уже разработанных способов корректировки функционального состояния человека к конкретным условиям производства с целью повышения производительности труда, обеспечения безаварийности и снижения уровня травматизма;
- ◆ проведение регулярного медицинского контроля здоровья работающих на предприятии.

На кафедре БЖД и ООС ЮРГТУ (НПИ) создана компьютерная система, которая используется в учебном процессе для оценки психофизиологического состояния. Система создана на основе данных,

полученных отделом охраны труда ЦНИГРИ. Результаты лабораторных и производственных экспериментов (проведено около 9 тыс. измерений), обработанных методами математической статистики, дали возможность отобрать показатели (П) состояния персонала, наиболее пригодные для оценки ПФС работника. Показатели ориентированы в основном на предрабочий контроль персонала, занятого на геологоразведочных и подземных работах (проходчиков и взрывников). Корреляционный анализ измеренных до смены, после смены, в начале, в середине и конце рабочей недели показателей позволил выявить и исключить те показатели, которые коррелируют между собой и поэтому не несут новой информации.

Оставшиеся показатели проверялись на их чувствительность (изменчивость) к состоянию работников до и после смены, к дневным и ночным сменам, к длительности смены, к дням недели, этапам вахтовой работы. Такими показателями оказались:

- П1 — сила и выносливость кисти руки;
- П2 — время простой зрительно-моторной реакции;
- П3 — объем оперативной памяти;
- П4 — время сложной слухо-моторной реакции;
- П5 — частота слияния мельканий;
- П6 — пульс покоя;
- П7 — упрощенная ортостатическая проба.

Количественный анализ полученных показателей заключается в сравнении их с критериями (эталоны), которые также были определены отделом охраны труда ЦНИГРИ. Методами математической статистики на ЭВМ была осуществлена селекция нескольких наиболее информативных и удобных для оценки ПФС человека в производственных условиях показателей:

- П1 — сила и выносливость кисти руки;
- П2 — время простой зрительно-моторной реакции;
- П3 — объем оперативной памяти;
- П4 — время сложной слухо-моторной реакции;
- П5 — частота слияния мельканий.

По этим показателям и проводятся тесты в предлагаемой практической работе.

**Первый тест (сила «СИЛ» и выносливость «ВЫН» кисти руки)** характеризует возбудимость и силу нервных процессов коры больших полушарий головного мозга в районе двигательного анализатора, состояние мышечно-двигательного анализатора. Для работника, занятого физическим трудом, усилия кистей рук — важная характеристика, коррелирующая с травматизмом у шахтеров, характеризует уровень утомления в процессе труда как физического, так и умственного. Выносливость рук не коррелирует с силой рук и, следовательно, обе эти характеристики имеют самостоятельное значение. Тестируется кисть левой руки, как более чувствительная к усталости у правшей.

**Второй тест (время простой зрительно-моторной реакции — ВПЗМР)** коррелирует с травматизмом у шахтеров и является традиционным тестом для профотбора и для оценки утомления. С помощью этого теста контролируется зрительный анализатор, мышечно-двигательный анализатор, их взаимодействие, состояние коры головного мозга, как минимум в двух точках (зрительная кора, моторная кора). Этот тест чувствителен к общему состоянию человека и выявляет предболезненные и болезненные его состояния, характеризует способность контролировать внимание.

**Третий тест (объем оперативной памяти — ОПП)** характеризует память, внимание и через эти показатели утомления — ПФС. При явном уменьшении числа воспроизводимых цифр, можно прогнозировать невротические тенденции, а при еще более грубых нарушениях этой функции — серьезную патологию головного мозга, вплоть до его органического поражения. Этот тест напрямую оценивает состояние мыслительного аппарата человека и в этом качестве заменяет, хотя и неполно, тесты «красно-черная таблица», перепутанные линии, корректурные методики которой коррелируют с травматизмом у шахтеров. Эти тесты, применяемые при профотборе, неудобны для ежедневного тестирования, так как являются бланковыми, требуют очень большого объема неповторяющихся бланков и большого времени для их применения.

**Четвертый тест (время сложной слухо-моторной реакции — ВССМР)** характеризует возбудимость центральной нервной системы, ее функциональное состояние, состояние слухового анализатора,

мышечно-двигательного анализатора, их взаимодействие, состояние коры головного мозга в двух точках (слуховая кора, моторная кора). Хорошее состояние слухового анализатора особенно важно при подземных работах.

**Пятый тест (частота слияния мельканий — ЧСМ)** у работников геологоразведочного производства для правого и левого глаз тесно коррелирует и поэтому тест проводится недифференцированно. ЧСМ характеризует подвижность процессов коры больших полушарий мозга, относящихся к зрительному анализатору. К зрительному анализатору, наряду со слуховым, предъявляются высокие требования для работы под землей.

Таким образом, при тестировании с помощью системы ФОН контролируются зрительный анализатор, слуховой анализатор, мышечно-двигательный анализатор, взаимодействие зрительного и двигательного анализаторов, слухового и двигательного анализаторов. Состояние коры головного мозга в разных точках будет контролироваться тестами 1, 2, 3, 4, 5.

«Психологическим» тестом является тест 3, а тесты 1, 2, 4, 5 характеризуют нервную систему, представленную соответствующими анализаторами. Из пяти тестов системы ФОН дают результаты те, которые коррелируют с производственным травматизмом рабочих угольных шахт (тесты 1—4), тест 5 характеризует степень утомления человека. Все тесты значимы, практически для всех видов деятельности, где требуется быстрая реакция, внимание, поддержание достаточно высокого уровня бодрствования и активности. Если результат не соответствует критерию (эталону) для данного показателя, то он помечается знаком \*.

Ниже приводятся критерии, полученные путем анализа большого объема медицинских исследований, и «Правила», по которым делаются заключения.

Критерии:

- 1) если сила < 30 кг, то СИЛ\*;
- 2) если выносливость < 8 с, то ВЫН\*;
- 3) если время зрительной реакции > 350 мс, то ВПЗМР\*;
- 4) если воспроизведено цифр в прямом порядке < 4, то ЦФП\*;

5) если воспроизведено цифр в обратном порядке < 3, то ЦФО\*;  
6) если время сложной слухо-моторной реакции больше 400 мс, то ВССМР\*;

7) если при возрастании частоты мелькания различается частота меньше 25 Гц, то ЧСМв\*;

8) если при убывании мелькания не различается частота в 24 Гц, то ЧСМу\*;

9) если разность между различимой частотой при возрастании частоты мельканий и различимой частотой при убывании частоты мельканий меньше 1, то ЧСМв\*, ЧСМу\*.

Заключения делаются по следующим «Правилам».

1. Если помеченных параметров не больше 2, то делается заключение:

Ваше состояние близко к норме, но будьте осторожны. Успешной и безопасной Вам работы!

2. Если помеченных параметров от 3 до 4, то делается заключение: Вероятность несчастного случая повышена. Будьте осторожны и внимательны!

3. Если помеченных параметров 5—7, то делается заключение: Велика вероятность несчастного случая! Необходим контроль Ваших действий со стороны руководителя и членов бригады!

4. Если помеченных параметров больше 7, то делается заключение: Очень велика вероятность несчастного случая! Приступать к работе не рекомендуется! Обратитесь к врачу!

## 4.2. ОБОРУДОВАНИЕ, НА КОТОРОМ ВЫПОЛНЯЕТСЯ РАБОТА

Работа выполняется на любом IBM-совместимом персональном компьютере и созданных на кафедре аппаратных средствах системы контроля ПФС человека, обрабатывающих информацию, поступающую от датчиков состояния человека. Ядром разрабатываемой микропроцессорной системы сбора и обработки информации является микропроцессорный контроллер (МПК), в состав которого входят: микропроцессорный модуль, постоянное запоминающее

устройство, оперативное запоминающее устройство и порты ввода-вывода, аналого-цифровой преобразователь. В качестве микропроцессорного контроллера используется МПК AT90S8535.

Выходной сигнал датчиков преобразуется в цифровую форму аналого-цифровым преобразователем. Полученная информация обрабатывается в микропроцессорном модуле и с помощью последовательного интерфейса RS-232 посредством устройства согласования уровней контроллера и последовательного порта компьютера передается в ЭВМ верхнего уровня (ЭВМ ВУ).

Программное обеспечение разработанной системы контроля ПФС человека состоит из двух частей:

- ♦ программного обеспечения для микроконтроллера;
- ♦ программного обеспечения ЭВМ ВУ.

Программное обеспечение для микроконтроллера состоит из подпрограмм начальной инициализации МПК, организации индикации его готовности, подпрограммы обработки сообщений от ЭВМ ВУ и подпрограммы измерения силы человека.

Программное обеспечение ЭВМ верхнего уровня:

- ♦ обеспечивает удобный пользовательский интерфейс;
- ♦ поддерживает интерактивный режим работы;
- ♦ содержит эталоны и критерии, необходимые для сопоставления с результатами тестов и вывода заключений;
- ♦ обеспечивает протокол обмена ЭВМ ВУ и микроконтроллера;
- ♦ осуществляет тестирование простой зрительно-моторной, сложной слухо-моторной реакции и объема оперативной памяти;
- ♦ составляет заключение по результатам тестирования, сравнивая эталоны и критерии, хранящиеся в системе, по «Правилам», заложенным в программу.

Последняя часть программы является экспертной системой — проводит экспертизу данных на основе опыта экспертов, которые сформулировали решающие «Правила», формулирует заключение.

Программное обеспечение для ЭВМ ВУ разработано при помощи интегрированной среды быстрой разработки приложений Delphi 6.0.

Основные требования к компьютеру, т. е. ЭВМ ВУ:

- ♦ наличие 25-пинового разъема последовательного порта;
- ♦ операционная система Windows 9x;
- ♦ наличие устройства звукового воспроизведения.

### 4.3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

#### *Начало тестирования*

После запуска программы Fon.exe на экране монитора компьютера появляется основное окно программы, представленное на рис. 4.1.

Тестирование начинается после ввода испытуемым информации о себе. Ввод информации необходимо завершить нажатием клавиши «Enter». После этого активизируется кнопка включения непрерывного режима тестирования (см. рис. 4.1).

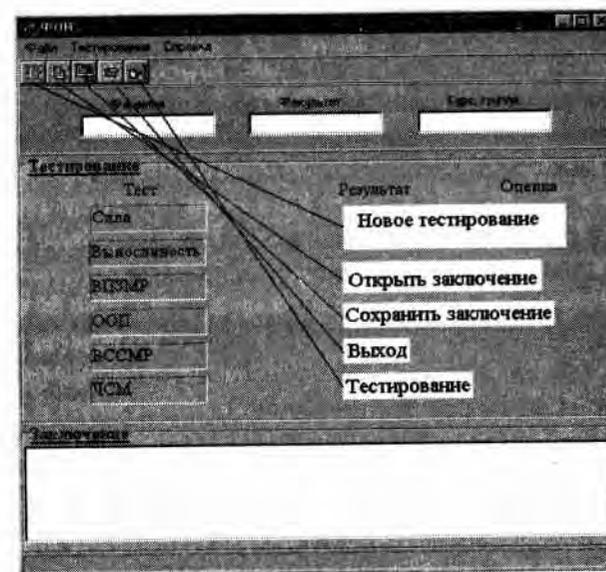


Рис. 4.1. Основное окно программы «ФОН»

**Тест № 1. «Сила и выносливость»**

После нажатия на кнопку включения непрерывного режима тестирования программой запускается тест «Сила и выносливость» (появляется окно с таким названием). Тест состоит из двух пунктов:

- 1) измерение силы;
- 2) измерение выносливости.

Оба пункта выполняются с использованием динамометра, входящего в комплект системы ФОН:

1. Измерение силы осуществляется после нажатия на кнопку «Сила» в появившемся окне «Сила и выносливость». Процесс измерения заканчивается автоматически после ослабления жима на 30 % от максимального значения.

После завершения измерения силы активируется кнопка «Выносливость», при нажатии на которую возможно измерение выносливости обследуемого.

2. Динамометр берется в левую руку клавишей к большому пальцу (у левой в правую), сдавливается с максимальной силой и удерживается в таком состоянии. На экране этот процесс отражается пульсирующей полоской в активном окне. Процесс измерения заканчивается автоматически после ослабления жима.

Результатом данного пункта теста является значение выносливости (времени, в течение которого удерживается определенное значение силы).

После завершения теста «Сила и выносливость» автоматически запускается тест «Время простой зрительно-моторной реакции».

**Тест № 2. «Время простой зрительно-моторной реакции»**

1. Данный тест начинается нажатием кнопки «Тест» в окне «ВПЗМР».

2. В активном окне теста появится надпись «Нажмите любую клавишу», после появления которой необходимо нажать любую клавишу клавиатуры. Надпись появляется заданное программой число раз, после чего тест автоматически завершится.

Значение времени зрительно-моторной реакции фиксируется на панели конечных результатов.

Тест «Объем оперативной памяти» автоматически запускается после завершения предыдущего теста «Время простой зрительно-моторной реакции».

**Тест № 3 «Объем оперативной памяти»**

Тест состоит из двух пунктов:

- 1) воспроизведение цифр в прямом порядке;
- 2) воспроизведение цифр в обратном порядке.

Начинается тестирование нажатием кнопки «Тест» в окне «ООП». Испытуемому необходимо запомнить выведенное число и воспроизвести его в окне для ввода. Ввод числа необходимо завершать нажатием клавиши «Enter». При этом включается режим проверки правильности введенного числа и числа, выведенного на экран для запоминания.

Каждый пункт теста может завершиться при первом несовпадении цифр.

В активном окне теста на экране компьютера выводятся числа однозначные, двузначные, и так далее до девятизначных по мере запоминания.

Для первого пункта теста — цифры в прямом порядке, для второго пункта — цифры в обратном порядке.

Весь тест завершается автоматически после окончания второго пункта тестирования.

**Внимание!** Во избежание ошибок при работе программы ввод цифр допускается только в поле ввода цифровых символов.

**Тест № 4. «Время сложной слухо-моторной реакции»**

Тест начинается нажатием кнопки «Тест» в появившемся окне «ВССМР». Через некоторое время раздастся звуковой сигнал, разной тональности — высокой и низкой. В зависимости от тональности звукового сигнала необходимо быстро нажать на левую или правую клавишу нижнего ряда клавиатуры. Тест запрограммирован на определенное время, после чего он автоматически завершится.

Результат теста выводится на панель конечных результатов.

После завершения предыдущего теста «Время сложной слухомоторной реакции», автоматически запускается тест «Частота слияния мельканий».

#### *Тест № 5. «Частота слияния мельканий»*

Тест состоит из двух пунктов:

1) обнаружение слияния мельканий при возрастании частоты мелькания;

2) различение мельканий при убывании частоты мельканий.

Тест начинается нажатием на кнопку «Тест» в окне «ЧСМ».

На корпусе блока обработки информации начинает мигать светодиод с возрастающей частотой. При обнаружении слияния мельканий необходимо нажать любую клавишу клавиатуры. При этом автоматически запускается второй пункт теста, и светодиод начинает мигать с убывающей частотой. При различении мельканий следует нажать любую клавишу клавиатуры. Тест автоматически завершится.

#### 4.4. РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕСТИРОВАНИЯ

Результаты тестирования автоматически выводятся на экран после завершения теста «Частота слияния мельканий». Напротив аббревиатуры названия каждого теста выводятся измеренные значения параметров испытуемого при проведении тестирования. В случае отрицательного результата тест помечается в соответствующем поле «Оценка».

На основе полученных результатов и в соответствии с «Правилами» составляется заключение, которое выводится на экран в форме рекомендации системы ФОН.

В программе предусмотрена возможность сохранения результатов тестирования. Для сохранения результатов нажмите кнопку «Сохранить заключение» на оперативной панели инструментов (см. рис. 4.1) или выберите в меню «Файл» пункт «Сохранить заключение». В появившемся диалоговом окне укажите путь и имя файла.

В программе также предусмотрена возможность просмотра предварительно сохраненных результатов тестирования. Для просмотра результатов нажмите кнопку «Открыть заключение» на оперативной панели инструментов (рис. 4.1) или выберите в меню «Файл» пункт «Открыть заключение». В появившемся диалоговом окне укажите путь и имя файла.

Для тестирования нового испытуемого используйте кнопку «Новое тестирование» на оперативной панели инструментов (рис. 4.1) или пункт «Новое тестирование» в меню «Файл».

В программе предусмотрена возможность получения справочной информации о тестировании. Для получения справки выберите необходимый пункт меню «Справка».

Результаты тестирования записать в протокол. Заключение системы ФОН записать в файл, переписать на дискету и распечатку приложить к протоколу в отчет по практической работе.

Сделать вывод о возможности применения системы к профессии испытуемого.

#### Литература

1. *Столяренко Л. Д.* Основы психологии. — Ростов н/Д: Логос, 1995. — 646 с.
2. *Фролов А. В., Засухин И. Н.* Охрана труда в геологоразведке: учеб. пособие для вузов / Под общ. ред. А. В. Фролова. — Ростов н/Д: Изд-во СКНЦВШ, 2002. — 448 с.
3. *Новиков С. И.* и др. Разработка программных и аппаратных средств для оценки психофизиологического состояния человека: Материалы 3-й междунар. конф., посв. 100-летию проф. А. В. Пэка / 7–9 февр. 2002 г. Т. 3 «Безопасность жизнедеятельности и экология». — Новочеркасск, 2002.
4. *Фролов А. В.* Лабораторный практикум по безопасности жизнедеятельности. — Новочеркасск: НГТУ, 1994. — 142 с.

#### Контрольные вопросы

1. Как влияет человеческий фактор на вероятность травматизма на производстве?

2. Какие показатели функционального состояния персонала влияют на вероятность травматизма?
3. Какие тесты (показатели) являются информативными для оценки психофизиологического состояния геологов и шахтеров?
4. Какие тесты характеризуют состояние нервной системы?
5. Какие тесты характеризуют степень утомления человека?
6. Порядок проведения тестирования и оценки психофизиологического состояния человека.
7. Какие рекомендации может дать система ФОН по результатам тестирования?

### Практическое занятие № 5 ИЗУЧЕНИЕ ПОРЯДКА РАССЛЕДОВАНИЯ, ОФОРМЛЕНИЯ И УЧЕТА НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

*Цель занятий:* изучить порядок проведения расследования несчастных случаев на производстве и научиться правильно оформлять результаты расследования по установленным формам.

#### 5.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Успешной борьбе с травматизмом способствуют тщательное расследование и учет несчастных случаев на производстве.

Порядок расследования, оформления и учета несчастных случаев на производстве регламентирован статьями 227–231 Трудового кодекса Российской Федерации и Положением об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях, утвержденным постановлением Минтруда России от 24 октября 2002 г. № 73.

Несчастные случаи на производстве по степени тяжести повреждения здоровья подразделяются на 2 категории: тяжелые и легкие.

Степень тяжести несчастных случаев определяется лечебным учреждением в соответствии со Схемой определения тяжести повреждения здоровья при несчастных случаях на производстве, установленной приказом Минздравсоцразвития России от 24 февраля 2005 года № 160.

Законодателем определены следующие виды несчастных случаев на производстве:

- 1) легкие несчастные случаи;
  - 2) тяжелые несчастные случаи;
  - 3) групповые несчастные случаи с числом пострадавших два и более человек (в этом виде различают групповые несчастные случаи, в результате которых один или несколько пострадавших получили повреждения здоровья, относящиеся в соответствии с установленными квалифицирующими признаками к категории тяжелых либо со смертельным исходом (далее — групповой несчастный случай с тяжелыми последствиями);
  - 4) несчастные случаи со смертельным исходом.
- В соответствии с приказом Минздравмедпрома России от 13 января 1995 г. № 5 в листе временной нетрудоспособности производственным травмам присваивается шифр 27, несчастным случаям, связанным с работой, — шифр 28 и бытовым несчастным случаям — шифр 29.

#### 5.2. НЕСЧАСТНЫЕ СЛУЧАИ, ПОДЛЕЖАЩИЕ РАССЛЕДОВАНИЮ И УЧЕТУ

Расследованию и учету подлежат несчастные случаи, происшедшие с работниками и другими лицами, участвующими в производственной деятельности работодателя (в том числе с лицами, подлежащими обязательному социальному страхованию от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний), при исполнении ими трудовых обязанностей или выполнении какой-либо работы по поручению работодателя (его представителя), а также

при осуществлении иных правомерных действий, обусловленных трудовыми отношениями с работодателем либо совершаемых в его интересах.

К лицам, участвующим в производственной деятельности работодателя, помимо работников, исполняющих свои обязанности по трудовому договору, в частности, относятся:

- ◆ работники и другие лица, проходящие профессиональное обучение или переобучение в соответствии с ученическим договором;
- ◆ студенты и учащиеся образовательных учреждений всех типов, проходящие производственную практику;
- ◆ лица, страдающие психическими расстройствами, участвующие в производительном труде на лечебно-производственных предприятиях в порядке трудовой терапии в соответствии с медицинскими рекомендациями;
- ◆ лица, осужденные к лишению свободы и привлекаемые к труду;
- ◆ лица, привлекаемые в установленном порядке к выполнению общественно полезных работ;
- ◆ члены производственных кооперативов и члены крестьянских (фермерских) хозяйств, принимающие личное трудовое участие в их деятельности.

Расследованию в установленном порядке как несчастные случаи подлежат события, в результате которых пострадавшими были получены: телесные повреждения (травмы), в том числе нанесенные другим лицом; тепловой удар; ожог; отморожение; утопление; поражение электрическим током, молнией, излучением; укусы и другие телесные повреждения, нанесенные животными и насекомыми; повреждения вследствие взрывов, аварий, разрушения зданий, сооружений и конструкций, стихийных бедствий и других чрезвычайных обстоятельств, иные повреждения здоровья, обусловленные воздействием внешних факторов, повлекшие за собой необходимость перевода пострадавших на другую работу, временную или стойкую утрату ими трудоспособности либо смерть пострадавших, если указанные события произошли:

- ◆ в течение рабочего времени на территории работодателя либо в ином месте выполнения работы, в том числе во время установленных перерывов, а также в течение времени, необходимого для приведения в порядок орудий производства и одежды, выполнения других предусмотренных правилами внутреннего трудового распорядка действий перед началом и после окончания работы, или при выполнении работы за пределами установленной для работника продолжительности рабочего времени, в выходные и нерабочие праздничные дни;
  - ◆ при следовании к месту выполнения работы или с работы на транспортном средстве, предоставленном работодателем (его представителем), либо на личном транспортном средстве в случае использования его в производственных (служебных) целях по распоряжению работодателя (его представителя) или по соглашению сторон трудового договора;
  - ◆ при следовании к месту служебной командировки и обратно, во время служебных поездок на общественном или служебном транспорте, а также при следовании по распоряжению работодателя (его представителя) к месту выполнения работы (поручения) и обратно, в том числе пешком;
  - ◆ при следовании на транспортном средстве в качестве сменщика во время междусменного отдыха (водитель-сменщик на транспортном средстве, проводник или механик рефрижераторной секции в поезде, член бригады почтового вагона и другие);
  - ◆ при работе вахтовым методом во время междусменного отдыха, а также при нахождении на судне (воздушном, морском, речном) в свободное от вахты и судовых работ время;
  - ◆ при осуществлении иных правомерных действий, обусловленных трудовыми отношениями с работодателем либо совершаемых в его интересах, в том числе действий, направленных на предотвращение катастрофы, аварии или несчастного случая.
- Расследованию в установленном порядке как несчастные случаи подлежат также события, если они произошли с лицами, привлеченными в установленном порядке к участию в работах по

предотвращению катастрофы, аварии или иных чрезвычайных обстоятельств либо в работах по ликвидации их последствий. Схема порядка действий при несчастном случае на производстве изображена на рис. 5.1.

### 5.3. ОБЯЗАННОСТИ РАБОТОДАТЕЛЯ ПРИ НЕСЧАСТНОМ СЛУЧАЕ

При несчастных случаях, указанных в статье 227 Трудового кодекса Российской Федерации (ТК РФ), работодатель (его представитель) обязан:

- ◆ немедленно организовать первую помощь пострадавшему и при необходимости доставку его в медицинскую организацию;
- ◆ принять неотложные меры по предотвращению развития аварийной или иной чрезвычайной ситуации и воздействия травмирующих факторов на других лиц;
- ◆ сохранить до начала расследования несчастного случая обстановку, какой она была на момент происшествия, если это не угрожает жизни и здоровью других лиц и не ведет к катастрофе, аварии или возникновению иных чрезвычайных обстоятельств, а в случае невозможности ее сохранения — зафиксировать сложившуюся обстановку (составить схемы, провести фотографирование или видеосъемку, другие мероприятия);
- ◆ немедленно проинформировать о несчастном случае органы и организации, указанные в ТК РФ, других федеральных законах и иных нормативных правовых актах Российской Федерации, а о тяжелом несчастном случае или несчастном случае со смертельным исходом — также родственников пострадавшего;
- ◆ принять иные необходимые меры по организации и обеспечению надлежащего и своевременного расследования несчастного случая и оформлению материалов расследования в установленном порядке.

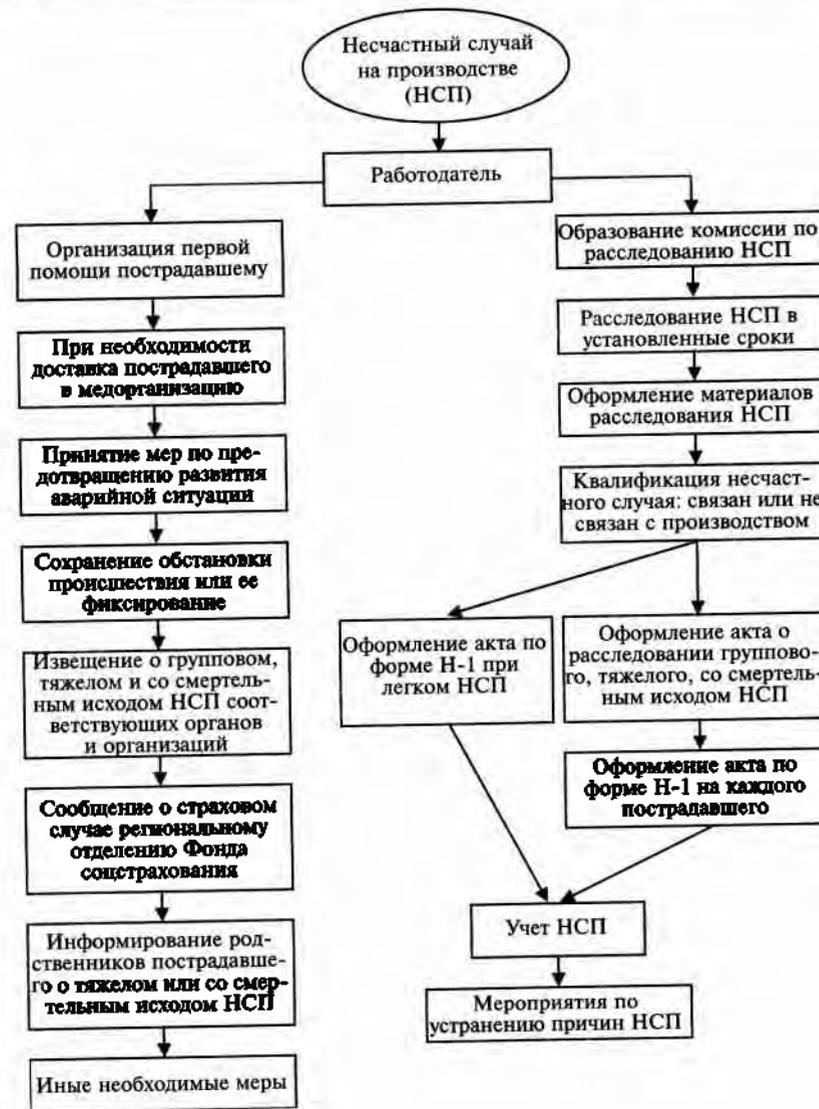


Рис. 5.1. Схема порядка действий при несчастном случае на производстве

#### 5.4. ПОРЯДОК ИЗВЕЩЕНИЯ О НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЯХ

При групповом несчастном случае (два человека и более), тяжелом несчастном случае или несчастном случае со смертельным исходом работодатель (его представитель) в течение суток обязан направить извещение по установленной форме:

- ◆ в соответствующую территориальную государственную инспекцию труда;
- ◆ в прокуратуру по месту происшествия несчастного случая;
- ◆ в орган исполнительной власти субъекта Российской Федерации и (или) орган местного самоуправления по месту государственной регистрации юридического лица или физического лица в качестве индивидуального предпринимателя;
- ◆ работодателю, направившему работника, с которым произошел несчастный случай;
- ◆ в территориальный орган соответствующего федерального органа исполнительной власти, осуществляющего функции по контролю и надзору в установленной сфере деятельности, если несчастный случай произошел в организации или на объекте, подконтрольных этому органу;
- ◆ в исполнительный орган страховщика по вопросам обязательного социального страхования от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний (по месту регистрации работодателя в качестве страхователя).

При групповом несчастном случае, тяжелом несчастном случае или несчастном случае со смертельным исходом работодатель (его представитель) в течение суток также обязан направить извещение по установленной форме в соответствующее территориальное объединение организаций профсоюзов.

О несчастных случаях, которые по прошествии времени перешли в категорию тяжелых несчастных случаев или несчастных случаев со смертельным исходом, работодатель (его представитель) в течение трех суток после получения сведений об этом направляет извещение по установленной форме в соответствующие государственную инспекцию труда, территориальное объединение организаций профсо-

юзов и территориальный орган федерального органа исполнительной власти, осуществляющего функции по контролю и надзору в установленной сфере деятельности, если несчастный случай произошел в организации или на объекте, подконтрольных этому органу, а о страховых случаях — в исполнительный орган страховщика (по месту регистрации работодателя в качестве страхователя).

О случаях острого отравления работодатель (его представитель) сообщает в соответствующий орган федерального органа исполнительной власти, осуществляющего функции по контролю и надзору в сфере санитарно-эпидемиологического благополучия населения.

#### 5.5. ПОРЯДОК ФОРМИРОВАНИЯ КОМИССИЙ ПО РАССЛЕДОВАНИЮ НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ

Для расследования несчастного случая работодатель (его представитель) незамедлительно образует комиссию в составе не менее трех человек. В состав комиссии включаются специалист по охране труда или лицо, назначенное ответственным за организацию работы по охране труда приказом (распоряжением) работодателя, представители работодателя, представители выборного органа первичной профсоюзной организации или иного представительного органа работников, уполномоченный по охране труда. Комиссию возглавляет работодатель (его представитель), а в случаях, предусмотренных ТК РФ, — должностное лицо соответствующего федерального органа исполнительной власти, осуществляющего функции по контролю и надзору в установленной сфере деятельности.

При расследовании несчастного случая (в том числе группового), в результате которого один или несколько пострадавших получили тяжелые повреждения здоровья, либо несчастного случая (в том числе группового) со смертельным исходом в состав комиссии также включаются государственный инспектор труда, представители органа исполнительной власти субъекта Российской Федерации или органа местного самоуправления (по согласованию), представитель территориального объединения организаций профсоюзов, а при

расследовании указанных несчастных случаев с застрахованными — представители исполнительного органа страховщика (по месту регистрации работодателя в качестве страхователя). Комиссию возглавляет, как правило, должностное лицо федерального органа исполнительной власти, уполномоченного на проведение государственного надзора и контроля за соблюдением трудового законодательства и иных нормативных правовых актов, содержащих нормы трудового права.

Во всех случаях состав комиссии должен состоять из нечетного числа членов. Если иное не предусмотрено ТК РФ, то состав комиссии утверждается приказом (распоряжением) работодателя. Лица, на которых непосредственно возложено обеспечение соблюдения требований охраны труда на участке (объекте), где произошел несчастный случай, в состав комиссии не включаются.

В расследовании несчастного случая у работодателя — физического лица — принимают участие указанный работодатель или его полномочный представитель, доверенное лицо пострадавшего, специалист по охране труда, который может привлекаться к расследованию несчастного случая и на договорной основе.

Несчастный случай, происшедший с лицом, направленным для выполнения работы к другому работодателю и участвовавшим в его производственной деятельности, расследуется комиссией, образованной работодателем, у которого произошел несчастный случай. В состав комиссии входит представитель работодателя, направившего это лицо. Неприбытие или несвоевременное прибытие указанного представителя не является основанием для изменения сроков расследования.

Несчастный случай, происшедший с лицом, выполнявшим работу на территории другого работодателя, расследуется комиссией, образованной работодателем (его представителем), по поручению которого выполнялась работа, с участием при необходимости работодателя (его представителя), за которым закреплена данная территория на правах собственности, владения, пользования (в том числе аренды) и на иных основаниях.

Несчастный случай, происшедший с лицом, выполнявшим по поручению работодателя (его представителя) работу на выделенном

в установленном порядке участке другого работодателя, расследуется комиссией, образованной работодателем, производящим эту работу, с обязательным участием представителя работодателя, на территории которого она проводилась.

Несчастный случай, происшедший с работником при выполнении работы по совместительству, расследуется и учитывается по месту работы по совместительству. В этом случае работодатель (его представитель), проводивший расследование, с письменного согласия работника может информировать о результатах расследования работодателя по месту основной работы пострадавшего.

Расследование несчастного случая, происшедшего в результате катастрофы, аварии или иного повреждения транспортного средства, проводится комиссией, образуемой и возглавляемой работодателем (его представителем), с обязательным использованием материалов расследования катастрофы, аварии или иного повреждения транспортного средства, проведенного соответствующим федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по контролю и надзору в установленной сфере деятельности, органами дознания, органами следствия и владельцем транспортного средства.

Каждый пострадавший, а также его законный представитель или иное доверенное лицо имеют право на личное участие в расследовании несчастного случая, происшедшего с пострадавшим.

По требованию пострадавшего или в случае смерти пострадавшего по требованию лиц, состоявших на иждивении пострадавшего, либо лиц, состоявших с ним в близком родстве или свойстве, в расследовании несчастного случая может также принимать участие их законный представитель или иное доверенное лицо. В случае, когда законный представитель или иное доверенное лицо не участвует в расследовании, работодатель (его представитель) либо председатель комиссии обязан по требованию законного представителя или иного доверенного лица ознакомить его с материалами расследования.

Если несчастный случай явился следствием нарушений в работе, влияющих на обеспечение ядерной, радиационной и технической

безопасности на объектах использования атомной энергии, то в состав комиссии включается также представитель территориального органа федерального органа исполнительной власти, осуществляющего функции по контролю и надзору в сфере безопасности при использовании атомной энергии.

При несчастном случае, происшедшем в организации или на объекте, подконтрольных территориальному органу федерального органа исполнительной власти, осуществляющего функции по контролю и надзору в сфере промышленной безопасности, состав комиссии утверждается руководителем соответствующего территориального органа. Возглавляет комиссию представитель этого органа.

При групповом несчастном случае с числом погибших пять человек и более в состав комиссии включаются также представители федерального органа исполнительной власти, уполномоченного на проведение государственного надзора и контроля за соблюдением трудового законодательства и иных нормативных правовых актов, содержащих нормы трудового права, и общероссийского объединения профессиональных союзов. Возглавляет комиссию руководитель государственной инспекции труда — главный государственный инспектор труда соответствующей государственной инспекции труда или его заместитель по охране труда, а при расследовании несчастного случая, происшедшего в организации или на объекте, подконтрольных территориальному органу федерального органа исполнительной власти, осуществляющего функции по контролю и надзору в сфере промышленной безопасности, — руководитель этого территориального органа.

### 5.6. СРОКИ РАССЛЕДОВАНИЯ НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ

Расследование несчастного случая (в том числе группового), в результате которого один или несколько пострадавших получили легкие повреждения здоровья, проводится комиссией в течение

трех дней. Расследование несчастного случая (в том числе группового), в результате которого один или несколько пострадавших получили тяжелые повреждения здоровья, либо несчастного случая (в том числе группового) со смертельным исходом проводится комиссией в течение 15 дней.

Несчастный случай, о котором не было своевременно сообщено работодателю или в результате которого нетрудоспособность у пострадавшего наступила не сразу, расследуется в порядке, установленном ТК РФ, другими федеральными законами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации, по заявлению пострадавшего или его доверенного лица в течение одного месяца со дня поступления указанного заявления.

При необходимости проведения дополнительной проверки обстоятельств несчастного случая, получения соответствующих медицинских и иных заключений указанные сроки могут быть продлены председателем комиссии, но не более чем на 15 дней. Если завершить расследование несчастного случая в установленные сроки не представляется возможным в связи с необходимостью рассмотрения его обстоятельств в организациях, осуществляющих экспертизу, органах дознания, органах следствия или в суде, то решение о продлении срока расследования несчастного случая принимается по согласованию с этими организациями, органами либо с учетом принятых ими решений.

### 5.7. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАССЛЕДОВАНИЯ НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ

При расследовании каждого несчастного случая комиссия (в предусмотренных ТК РФ случаях государственный инспектор труда, самостоятельно проводящий расследование несчастного случая) выявляет и опрашивает очевидцев происшествия, лиц, допустивших нарушения требований охраны труда, получает необходимую информацию от работодателя (его представителя) и по возможности объяснения от пострадавшего.

По требованию комиссии в необходимых для проведения расследования случаях работодатель за счет собственных средств обеспечивает:

- ◆ выполнение технических расчетов, проведение лабораторных исследований, испытаний, других экспертных работ и привлечение в этих целях специалистов-экспертов;
- ◆ фотографирование и (или) видеосъемку места происшествия и поврежденных объектов, составление планов, эскизов, схем;
- ◆ предоставление транспорта, служебного помещения, средств связи, специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты.

Материалы расследования несчастного случая включают:

- ◆ приказ (распоряжение) о создании комиссии по расследованию несчастного случая;
- ◆ планы, эскизы, схемы, протокол осмотра места происшествия, а при необходимости — фото- и видеоматериалы;
- ◆ документы, характеризующие состояние рабочего места, наличие опасных и вредных производственных факторов;
- ◆ выписки из журналов регистрации инструктажей по охране труда и протоколов проверки знания пострадавшими требований охраны труда;
- ◆ протоколы опросов очевидцев несчастного случая и должностных лиц, объяснения пострадавших;
- ◆ экспертные заключения специалистов, результаты технических расчетов, лабораторных исследований и испытаний;
- ◆ медицинское заключение о характере и степени тяжести повреждения, причиненного здоровью пострадавшего, или причине его смерти, нахождении пострадавшего в момент несчастного случая в состоянии алкогольного, наркотического или иного токсического опьянения;
- ◆ копии документов, подтверждающих выдачу пострадавшему специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты в соответствии с действующими нормами;
- ◆ выписки из ранее выданных работодателю и касающихся предмета расследования предписаний государственных инс-

пекторов труда и должностных лиц территориального органа соответствующего федерального органа исполнительной власти, осуществляющего функции по контролю и надзору в установленной сфере деятельности (если несчастный случай произошел в организации или на объекте, подконтрольных этому органу), а также выписки из представлений профсоюзных инспекторов труда об устранении выявленных нарушений требований охраны труда;

- ◆ другие документы по усмотрению комиссии.

Конкретный перечень материалов расследования определяется председателем комиссии в зависимости от характера и обстоятельств несчастного случая.

На основании собранных материалов расследования комиссия (в предусмотренных ТК РФ случаях государственный инспектор труда, самостоятельно проводящий расследование несчастного случая) устанавливает обстоятельства и причины несчастного случая, а также лиц, допустивших нарушения требований охраны труда, вырабатывает предложения по устранению выявленных нарушений, причин несчастного случая и предупреждению аналогичных несчастных случаев, определяет, были ли действия (бездействие) пострадавшего в момент несчастного случая обусловлены трудовыми отношениями с работодателем либо участием в его производственной деятельности, в необходимых случаях решает вопрос о том, каким работодателем осуществляется учет несчастного случая, квалифицирует несчастный случай как несчастный случай на производстве или как несчастный случай, не связанный с производством.

Расследуются в установленном порядке и по решению комиссии (в предусмотренных ТК РФ случаях государственного инспектора труда, самостоятельно проводившего расследование несчастного случая) в зависимости от конкретных обстоятельств могут квалифицироваться как несчастные случаи, не связанные с производством:

- ◆ смерть вследствие общего заболевания или самоубийства, подтвержденная в установленном порядке соответственно медицинской организацией, органами следствия или судом;

- ♦ смерть или повреждение здоровья, единственной причиной которых явилось по заключению медицинской организации алкогольное, наркотическое или иное токсическое опьянение (отравление) пострадавшего, не связанное с нарушениями технологического процесса, в котором используются технические спирты, ароматические, наркотические и иные токсические вещества;
- ♦ несчастный случай, происшедший при совершении пострадавшим действий (бездействия), квалифицированных правоохранительными органами как уголовно наказуемое деяние.

Несчастный случай на производстве является страховым случаем, если он произошел с застрахованным или иным лицом, подлежащим обязательному социальному страхованию от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний.

Если при расследовании несчастного случая с застрахованным установлено, что грубая неосторожность застрахованного содействовала возникновению или увеличению вреда, причиненного его здоровью, то с учетом заключения выборного органа первичной профсоюзной организации или иного уполномоченного работниками органа комиссия (в предусмотренных ТК РФ случаях государственный инспектор труда, самостоятельно проводящий расследование несчастного случая) устанавливает степень вины застрахованного в процентах.

Случай острого отравления или радиационного воздействия, превысившего установленные нормы, расследуются в порядке, устанавливаемом Правительством Российской Федерации.

Положение об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях и формы документов, необходимых для расследования несчастных случаев, утверждаются в порядке, устанавливаемом Правительством Российской Федерации.

## 5.8. ПРОВЕДЕНИЕ РАССЛЕДОВАНИЯ НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ ГОСУДАРСТВЕННЫМИ ИНСПЕКТОРАМИ ТРУДА

Государственный инспектор труда при выявлении сокрытого несчастного случая, поступлении жалобы, заявления, иного обращения пострадавшего (его законного представителя или иного доверенного лица) лица, состоявшего на иждивении погибшего в результате несчастного случая, либо лица, состоявшего с ним в близком родстве или свойстве (их законного представителя или иного доверенного лица), о несогласии их с выводами комиссии по расследованию несчастного случая, а также при получении сведений, объективно свидетельствующих о нарушении порядка расследования, проводит дополнительное расследование несчастного случая независимо от срока давности несчастного случая. Дополнительное расследование проводится, как правило, с привлечением профсоюзного инспектора труда, а при необходимости — представителей соответствующего федерального органа исполнительной власти, осуществляющего функции по контролю и надзору в установленной сфере деятельности, и исполнительного органа страховщика (по месту регистрации работодателя в качестве страхователя). По результатам дополнительного расследования государственный инспектор труда составляет заключение о несчастном случае на производстве и выдает предписание, обязательное для выполнения работодателем (его представителем).

Государственный инспектор труда имеет право обязать работодателя (его представителя) составить новый акт о несчастном случае на производстве, если имеющийся акт оформлен с нарушениями или не соответствует материалам расследования несчастного случая. В этом случае прежний акт о несчастном случае на производстве признается утратившим силу на основании решения работодателя (его представителя) или государственного инспектора труда.

### 5.9. ПОРЯДОК ОФОРМЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ РАССЛЕДОВАНИЯ НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ

По каждому несчастному случаю, квалифицированному по результатам расследования как несчастный случай на производстве и повлекшему за собой необходимость перевода пострадавшего в соответствии с медицинским заключением, выданным в порядке, установленном федеральными законами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации, на другую работу, потерю им трудоспособности на срок не менее одного дня либо смерть пострадавшего, оформляется акт о несчастном случае на производстве по установленной форме в двух экземплярах, обладающих равной юридической силой, на русском языке либо на русском языке и государственном языке республики, входящей в состав Российской Федерации.

При групповом несчастном случае на производстве акт о несчастном случае на производстве составляется на каждого пострадавшего отдельно.

При несчастном случае на производстве с застрахованным составляется дополнительный экземпляр акта о несчастном случае на производстве.

В акте о несчастном случае на производстве должны быть подробно изложены обстоятельства и причины несчастного случая, а также указаны лица, допустившие нарушения требований охраны труда. В случае установления факта грубой неосторожности застрахованного, содействовавшей возникновению вреда или увеличению вреда, причиненного его здоровью, в акте указывается степень вины застрахованного в процентах, установленная по результатам расследования несчастного случая на производстве.

После завершения расследования акт о несчастном случае на производстве подписывается всеми лицами, проводившими расследование, утверждается работодателем (его представителем) и заверяется печатью.

Работодатель (его представитель) в трехдневный срок после завершения расследования несчастного случая на производстве обязан выдать один экземпляр утвержденного им акта о несчастном случае

на производстве пострадавшему (его законному представителю или иному доверенному лицу), а при несчастном случае на производстве со смертельным исходом — лицам, состоявшим на иждивении погибшего, либо лицам, состоявшим с ним в близком родстве или свойстве (их законному представителю или иному доверенному лицу), по их требованию. Второй экземпляр указанного акта вместе с материалами расследования хранится в течение 45 лет работодателем (его представителем), осуществляющим по решению комиссии учет данного несчастного случая на производстве. При страховых случаях третий экземпляр акта о несчастном случае на производстве и копии материалов расследования работодатель (его представитель) направляет в исполнительный орган страховщика (по месту регистрации работодателя в качестве страхователя).

При несчастном случае на производстве, происшедшем с лицом, направленным для выполнения работы к другому работодателю и участвовавшим в его производственной деятельности (часть пятая статьи 229 ТК РФ), работодатель (его представитель), у которого произошел несчастный случай, направляет копию акта о несчастном случае на производстве и копии материалов расследования по месту основной работы (учебы, службы) пострадавшего.

По результатам расследования несчастного случая, квалифицированного как несчастный случай, не связанный с производством, в том числе группового несчастного случая, тяжелого несчастного случая или несчастного случая со смертельным исходом, комиссия (в предусмотренных ТК РФ случаях государственный инспектор труда, самостоятельно проводивший расследование несчастного случая) составляет акт о расследовании соответствующего несчастного случая по установленной форме в двух экземплярах, обладающих равной юридической силой, которые подписываются всеми лицами, проводившими расследование.

Результаты расследования несчастного случая на производстве рассматриваются работодателем (его представителем) с участием выборного органа первичной профсоюзной организации для принятия мер, направленных на предупреждение несчастных случаев на производстве.

### 5.10. ПОРЯДОК РЕГИСТРАЦИИ И УЧЕТА НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

Каждый оформленный в установленном порядке несчастный случай на производстве регистрируется работодателем (его представителем), осуществляющим в соответствии с решением комиссии (в предусмотренных ТК РФ случаях государственного инспектора труда, самостоятельно проводившего расследование несчастного случая на производстве) его учет, в журнале регистрации несчастных случаев на производстве по установленной форме.

Один экземпляр акта о расследовании группового несчастного случая на производстве, тяжелого несчастного случая на производстве, несчастного случая на производстве со смертельным исходом вместе с копиями материалов расследования, включая копии актов о несчастном случае на производстве на каждого пострадавшего, председателем комиссии (в предусмотренных ТК РФ случаях государственным инспектором труда, самостоятельно проводившим расследование несчастного случая) в трехдневный срок после представления работодателю направляется в прокуратуру, в которую сообщалось о данном несчастном случае. Второй экземпляр указанного акта вместе с материалами расследования хранится в течение 45 лет работодателем, у которого произошел данный несчастный случай. Копии указанного акта вместе с копиями материалов расследования направляются: в соответствующую государственную инспекцию труда и территориальный орган соответствующего федерального органа исполнительной власти, осуществляющего функции по контролю и надзору в установленной сфере деятельности, — по несчастным случаям на производстве, происшедшим в организациях или на объектах, подконтрольных этому органу, а при страховом случае — также в исполнительный орган страховщика (по месту регистрации работодателя в качестве страхователя).

Копии актов о расследовании несчастных случаев на производстве (в том числе групповых), в результате которых один или несколько пострадавших получили тяжелые повреждения здоровья, либо несчастных случаев на производстве (в том числе групповых),

закончившихся смертью, вместе с копиями актов о несчастном случае на производстве на каждого пострадавшего направляются председателем комиссии (в предусмотренных ТК РФ случаях государственным инспектором труда, самостоятельно проводившим расследование несчастного случая на производстве) в федеральный орган исполнительной власти, уполномоченный на проведение государственного надзора и контроля за соблюдением трудового законодательства и иных нормативных правовых актов, содержащих нормы трудового права, и соответствующее территориальное объединение организаций профессиональных союзов для анализа состояния и причин производственного травматизма в Российской Федерации и разработки предложений по его профилактике.

По окончании периода временной нетрудоспособности пострадавшего работодатель (его представитель) обязан направить в соответствующую государственную инспекцию труда, а в необходимых случаях — в территориальный орган соответствующего федерального органа исполнительной власти, осуществляющего функции по контролю и надзору в установленной сфере деятельности, сообщение по установленной форме о последствиях несчастного случая на производстве и мерах, принятых в целях предупреждения несчастных случаев на производстве.

### 5.11. РАССМОТРЕНИЕ РАЗНОГЛАСИЙ ПО ВОПРОСАМ РАССЛЕДОВАНИЯ, ОФОРМЛЕНИЯ И УЧЕТА НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ

Разногласия по вопросам расследования, оформления и учета несчастных случаев, непризнания работодателем (его представителем) факта несчастного случая, отказа в проведении расследования несчастного случая и составлении соответствующего акта, несогласия пострадавшего (его законного представителя или иного доверенного лица), а при несчастных случаях со смертельным исходом — лиц, состоявших на иждивении погибшего в результате несчастного случая, либо лиц, состоявших с ним в близком родстве или свойстве

(их законного представителя или иного доверенного лица), с содержанием акта о несчастном случае рассматриваются федеральным органом исполнительной власти, уполномоченным на проведение государственного надзора и контроля за соблюдением трудового законодательства и иных нормативных правовых актов, содержащих нормы трудового права, и его территориальными органами, решения которых могут быть обжалованы в суд. В этих случаях подача жалобы не является основанием для невыполнения работодателем (его представителем) решений государственного инспектора труда.

*Форма акта о несчастном случае на производстве с комментариями по его заполнению*

**Форма Н-1**

Один экземпляр направляется пострадавшему или его доверенному лицу

Утверждаю

(подпись, фамилия, инициалы работодателя (его представителя))

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 200\_\_ г.  
Печать

*Акт должен быть утвержден работодателем, должна быть его подпись, фамилия и инициалы, дата утверждения и печать.*

**Акт № \_\_\_\_\_  
о несчастном случае на производстве**

*Нумерация актов должна быть с начала текущего года. Несчастный случай должен быть учтен в том году, в котором он произошел, независимо от продолжительности временной нетрудоспособности.*

1. Дата и время несчастного случая \_\_\_\_\_

(число, месяц, год и время происшествия несчастного случая, количество полных часов от начала работы)

*Указываются число, месяц, год и время происшествия, количество полных часов от начала работы. Например: «27 апреля 2003 года, в 11 час. 45 мин., через 3 часа от начала работы».*

2. Организация (работодатель), работником которой является (являлся) пострадавший \_\_\_\_\_  
(наименование, место нахождения, юридический адрес,

ведомственная и отраслевая принадлежность /ОКОНХ основного вида деятельности/; фамилия, инициалы работодателя — физического лица)

*Указываются сведения об организации, в которой несчастный случай произошел, расследован и взят на учет: наименование, место нахождения, юридический адрес, ведомственная и отраслевая принадлежность /ОКОНХ основного вида деятельности/. Если несчастный случай произошел у физического лица, использующего наемный труд, указываются его фамилия и инициалы.*

Наименование структурного подразделения \_\_\_\_\_

*Наименование структурного подразделения указывается по общепринятой технологической терминологии, например: «Чугунолитейный цех», «Механический цех», «Деревообрабатывающий цех» и т. д., или: «Выбивное отделение», «Слесарный участок», «Инструментальная кладовая» и т. д.*

3. Организация, направившая работника \_\_\_\_\_

(наименование, место нахождения, юридический адрес, отраслевая принадлежность)

*Указывается, если несчастный случай произошел с работником другой организации. Если несчастный случай произошел с работником своей организации, то в этом пункте следует записать «нет».*

4. Лица, проводившие расследование несчастного случая: \_\_\_\_\_

(фамилия, инициалы, должности и место работы)

*Указываются фамилии, инициалы, должности и место работы членов комиссии, назначенной приказом работодателя в соответствии со статьей 229 Трудового кодекса Российской Федерации.*

5. Сведения о пострадавшем:

Фамилия, имя, отчество \_\_\_\_\_

*Фамилия, имя и отчество пострадавшего указываются полностью.*

пол (мужской, женский) \_\_\_\_\_

*Указывается пол пострадавшего (не подчеркивается, а записывается: «мужской» или «женский»).*

Дата рождения \_\_\_\_\_

*Дата рождения пострадавшего указывается полностью.*

Профессиональный статус \_\_\_\_\_

*Указывается профессиональный статус работника (правовое положение).*

Профессия (должность) \_\_\_\_\_

*Профессия указывается в соответствии с ЕТКС и записью в трудовой книжке.*

Стаж работы, при выполнении которой произошел несчастный случай \_\_\_\_\_

(число полных лет и месяцев)

*Указывается количество полных лет и месяцев работы на момент несчастного случая на производстве. Если стаж работы менее одного года, указывается количество дней работы.*

в том числе в данной организации \_\_\_\_\_

(число полных лет и месяцев)

*Указывается аналогично записи в предыдущей строке.*

6. Сведения о проведении инструктажей и обучения по охране труда  
Вводный инструктаж \_\_\_\_\_

(число, месяц, год)

*Указывается дата проведения вводного инструктажа в соответствии с записью в журнале регистрации вводного инструктажа (Приложение 4 к ГОСТ 12.0.004-90). Если сведения о нем не сохранились в связи с истечением срока хранения или если вводный инструктаж не проводился, следует сделать соответствующую запись.*

Инструктаж на рабочем месте

(первичный, повторный, внеплановый, целевой)

(нужное подчеркнуть)

по профессии или виду работы, при выполнении которой произошел несчастный случай \_\_\_\_\_

(число, месяц, год)

*Указывается дата проведения последнего инструктажа по безопасным приемам труда на рабочем месте по тому виду работы, при выполнении которой произошел несчастный случай, в соответствии с записью в журнале регистрации инструктажа на рабочем месте (Приложение 6 к ГОСТ 12.0.004-90), подчеркивается характер инструктажа (первичный, повторный, внеплановый, целевой). Если профессия или должность пострадавшего входит в перечень профессий и должностей работников, освобожденных от первичного инструктажа на рабочем месте, утвержденного руководителем организации в соответствии с п. 7.2.1. ГОСТ 12.0.004-90, следует записать «не требуется».*

Стажировка: с < \_\_\_\_\_ > 200 г. по < \_\_\_\_\_ > 200 г.

(если не проводилась — указать)

*Указывается период проведения стажировки, проводимой в соответствии с п. 7.2.4. ГОСТ 12.0.004-90 после первичного инструктажа со всеми рабочими в течение первых 2-14 смен (в зависимости от характера работы, квалификации работника). Если сведения о стажировке не сохранились в связи с истечением срока хранения документов или если стажировка не проводилась, следует сделать соответствующую запись.*

*шую запись. Если руководством цеха по согласованию с отделом охраны труда и профсоюзным комитетом рабочий освобожден от стажировки (работник, имеющий стаж работы по специальности не менее 3 лет, переходящий из одного цеха в другой, если характер его работы и тип оборудования, на котором он работал ранее, не меняется), следует записать «от стажировки освобожден». Если профессия или должность пострадавшего входит в перечень профессий и должностей работников, освобожденных от первичного инструктажа на рабочем месте, следует записать «стажировка не требуется».*

Обучение по охране труда по профессии или виду работы, при выполнении которой произошел несчастный случай: с «\_\_\_» 200 г. по «\_\_\_» 200 г.

(если не проводилось — указать)

*Период проведения обучения по охране труда указывается для руководителей и специалистов подразделений и для тех профессий и видов работ, к которым предъявляются дополнительные (повышенные) требования безопасности труда, перечень которых, а также порядок, форма, периодичность и продолжительность обучения устанавливаются с учетом отраслевой нормативно-технической документации руководители предприятий по согласованию с профсоюзным комитетом. Если характер работы не требует специальной подготовки, то следует записать «не требуется». Если такое обучение требуется, но проведение его в ходе расследования не подтвердилось, то следует записать «не проводилось».*

Проверка знаний по охране труда по профессии или виду работы, при выполнении которой произошел несчастный случай

(число, месяц, год, № протокола)

*Указывается дата и номер протокола проверки знаний, проведенной после обучения по охране труда. Если характер работы не требует специальной подготовки, то следует записать «не требуется». Если обучение требуется, но проведение проверки знаний не подтверждено протоколом, то следует записать «не проводилось».*

## 7. Краткая характеристика места (объекта), где произошел несчастный случай

(краткое описание места происшествия с указанием опасных и

(или) вредных производственных факторов со ссылкой на сведения,

содержащиеся в протоколе осмотра места несчастного случая)

*Следует дать характеристику рабочего места, на котором произошел несчастный случай, описать обстановку и состояние места происшествия. Если несчастный случай связан с применением оборудования (агрегата, машины, станка, транспортного средства и др.) или инструмента (приспособлений), необходимо дать их описание, определить их состояние в момент несчастного случая: исправность, соответствие данной операции, наличие и состояние защитных ограждений и других средств безопасности, описать те части оборудования (постройки, сооружения), материала и других предметов, которыми была нанесена травма. Охарактеризовать состояние площадки или подставки, на которой или с которой производилась работа, наличие и состояние средств индивидуальной защиты, их соответствие нормативным требованиям и выполняемой работе. Если происшествие связано с такими факторами, как температура, газ, пар, пыль, шум, освещенность и т. п., необходимо дать их характеристику, описать состояние общеобменной и местной вентиляции.*

Оборудование, использование которого привело к несчастному случаю

(наименование, тип, марка, год выпуска, организация-изготовитель)

*Указывается наименование оборудования (агрегата, машины, станка, транспортного средства и др.), его тип, марка, год выпуска и организация-изготовитель. Если несчастный случай не связан с эксплуатацией оборудования, то следует записать «нет».*

## 8. Обстоятельства несчастного случая

(краткое изложение обстоятельств, предшествовавших несчастному

случаю, описание событий и действий пострадавшего и других

лиц, связанных с несчастным случаем, и другие сведения,

установленные в ходе расследования)

*При описании обстоятельств несчастного случая на производстве и действий пострадавшего необходимо изложить последовательность событий, предшествовавших несчастному случаю, описать, как протекал процесс труда, указать, кто руководил работой и т. д. Обстоятельства следует излагать в логической последовательности. В описании работы, которую выполнял пострадавший в момент несчастного случая, должно быть дано не только общее определение производимой операции, но и конкретное указание на ту работу, при выполнении которой произошла травма. Например, не просто написать «при ремонте автомашины», а следует назвать операцию, выполнявшуюся в момент несчастного случая, подробно описать приемы, которые применял пострадавший при работе. Необходимо указать, пользовался ли пострадавший средствами коллективной и индивидуальной защиты, правильно ли он их применял. Если несчастный случай произошел в результате неправильных приемов лицами, работавшими рядом, надо указать, в чем заключалось нарушение и что оно повлекло. Чем полнее и объективнее будет проведено расследование и выяснены обстоятельства несчастного случая, тем меньше вероятность ошибок в определении причин и больше уверенности в правильности выбранных мер по предупреждению травматизма.*

### 8.1. Вид происшествия

*Указывается опасный производственный фактор, воздействие которого привело к несчастному случаю на производстве: дорожно-транспортное происшествие; падение пострадавшего; падение пострадавшего с высоты; поражение электрическим током; воздействие острого предмета; воздействие повышенной (или пониженной) температуры; воздействие вредных веществ; воздействие ионизирующе-*

*го излучения; воздействие отлетевшего осколка; падение, обрушение, обвалы предметов, материалов, земли; повреждения в результате контакта с животными; повреждения при стихийных бедствиях и т. д. (см. практическую работу № 5)*

**8.2. Характер полученных повреждений и орган, подвергшийся повреждению, медицинское заключение о тяжести повреждения здоровья**

*Указывается диагноз травмы и делается запись — относится или не относится указанное повреждение к числу тяжелых производственных травм. Заключение о характере повреждений и степени тяжести производственной травмы в соответствии с приказом Минздрава России от 17.08.99 года № 322 дают по запросу работодателя или председателя комиссии по расследованию несчастного случая на производстве клинико-экспертные комиссии лечебно-профилактического учреждения, где осуществляется лечение пострадавшего, в срок до трех суток с момента поступления запроса. Если повреждение относится к числу тяжелых производственных травм, то об этом несчастном случае в течение суток дается извещение в Государственную инспекцию труда по форме 1 приложения № 1 к постановлению Минтруда России от 24.10.2002 г. № 73. Такое же извещение дается и о смертельном или групповом несчастном случае на производстве независимо от количества пострадавших.*

**8.3. Нахождение пострадавшего в состоянии алкогольного или наркотического опьянения**

(нет, да — указать состояние и степень опьянения в соответствии с заключением по результатам освидетельствования, проведенного в установленном порядке)

*Указывается степень алкогольного или наркотического опьянения в промилле (‰) по результатам медицинского освидетельствования. Если освидетельствованием факт опьянения не установлен или освидетельствование не проводилось, то следует записать «нет».*

**8.4. Очевидцы несчастного случая**

(фамилия, инициалы, постоянное место жительства, домашний телефон)

*Указываются фамилия, имя и отчество очевидцев несчастного случая, их домашний адрес и телефон. При отсутствии очевидцев следует записать «очевидцев нет».*

### 9. Причины несчастного случая

(указать основные и сопутствующие причины несчастного случая со ссылками на нарушенные требования законодательных и иных

нормативных правовых актов, локальных нормативных актов)

*Указываются причины несчастного случая: допуск к работе необученного или непроинструктированного рабочего; неисправность защитного ограждения; загромождение рабочего места; управление автомобилем в состоянии алкогольного (или наркотического) опьянения, неприменение защитной каски; необеспеченность рукавицами и т. д. (см. практическую работу № 5). Не следует вместо конкретной причины несчастного случая записывать общие слова: «нарушение требований техники безопасности», «отсутствие должного надзора», «несоответствие оборудования требованиям безопасности», «безответственность мастера» и др. Не следует указывать надуманные причины или причины, не вытекающие из обстоятельств несчастного случая. Не надо также вместо четкого указания причины повторять описание обстоятельств происшествия. Каждая причина должна быть четко сформулирована с указанием пунктов или статей законодательных и иных нормативных правовых актов, локальных нормативных актов (инструкций по охране труда, должностных инструкций, стандартов предприятия и др.), нарушение которых привело к несчастному случаю.*

### 10. Лица, допустившие нарушение требований охраны труда:

(фамилия, инициалы, должность (профессия), с указанием

требований законодательных, иных нормативных правовых и

локальных нормативных актов, предусматривающих их

ответственность за нарушения, явившиеся причинами

несчастного случая, указанными в п. 9 настоящего акта; при

установлении факта грубой неосторожности пострадавшего

указать степень его вины в процентах)

*Указываются фамилия, имя, отчество лиц, допустивших нарушения, какие требования по охране труда ими нарушены и какими пунктами нормативных документов эти требования предусмотрены. Если комиссией при расследовании несчастного случая установлено, что грубая неосторожность пострадавшего содействовала возникновению или увеличению вреда, то с учетом заключения профсоюзного комитета или иного уполномоченного работниками представительного органа комиссия определяет и указывает степень его вины в процентах.*

Организация (работодатель), работниками которой являются данные лица

(наименование, адрес)

*Указывается наименование и адрес организации, работниками которой являются лица, допустившие нарушения. Если несчастный случай произошел у физического лица, использующего наемный труд, должны быть указаны его фамилия и инициалы.*

### 11. Мероприятия по устранению причины несчастного случая, сроки

*Указывается отдельно каждое мероприятие и срок его выполнения, ответственный исполнитель. Мероприятия должны вытекать*

*из обстоятельств и причин несчастного случая. Не следует конкретные мероприятия подменять общими фразами, такими как «Усилить контроль...» или «Обеспечить соблюдение инструкций». Не надо также вместо мероприятий записывать задания или поручения, например: «Подготовить план мероприятий по исключению подобных случаев», или: «Начальнику цеха разработать меры, обеспечивающие безопасность работы». Сроки выполнения мероприятий также должны быть конкретными. Недопустимо вместо конкретных сроков записывать: «Немедленно», «Постоянно» и т. п.*

Подписи лиц, проводивших расследование несчастного случая \_\_\_\_\_

(фамилия, инициалы, дата)

*В акте не должно быть незаполненных пунктов или прочерков. Акт подписывается всеми членами комиссии, проводившей расследование, указываются их фамилии и инициалы, дата подписания акта. По окончании временной нетрудоспособности в региональное отделение Фонда социального страхования и Государственную инспекцию труда дается сообщение о последствиях несчастного случая на производстве и принятых мерах по форме 8 приложения № 1 к постановлению Минтруда России от 24.10.2002 г. № 73. Если временная нетрудоспособность у пострадавшего не закончилась в течение квартала, в котором произошел несчастный случай, в региональное отделение Фонда социального страхования дается промежуточное сообщение о последствиях, а затем по окончании временной нетрудоспособности дается окончательное сообщение о последствиях за весь период временной нетрудоспособности.*

*Примечание.* Кроме акта по форме Н-1, также заполняются следующие документы:

- ◆ извещение о несчастном случае;
- ◆ сообщение о страховом случае;
- ◆ протокол осмотра места происшествия;
- ◆ протоколы опроса очевидцев;
- ◆ акт о расследовании группового несчастного случая (тяжелого несчастного случая, несчастного случая со смертельным исходом).

Формы данных документов содержатся в приложении 1 к постановлению Минтруда России от 24 октября 2002 года № 73 и в приложении 1 к приказу Фонда социального страхования Российской Федерации от 24 августа 2000 года № 157.

#### Задания на выполнение работы и составление отчета о практическом занятии

1. По несчастному случаю на производстве, известному из практики, описанному в литературе или заданному преподавателем, составить акт по форме Н-1.
2. Выявить причины несчастного случая и лиц, виновных в его происшествии.
3. Разработать мероприятия по устранению причин, вызывающих аналогичные несчастные случаи.

#### Литература

1. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 г. № 197-ФЗ с последующими изменениями и дополнениями.
2. Федеральный закон от 24 июля 1998 г. № 125-ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний» с последующими изменениями и дополнениями.
3. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификации условий труда (Руководство Р 2.2.2006-05).
4. Постановление Минтруда России от 24 октября 2002 года № 73 «Об утверждении форм документов, необходимых для расследования и учета несчастных случаев на производстве, и Положения об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях».
5. Безопасность жизнедеятельности. Охрана труда: учеб. пособие для вузов / А. В. Фролов, Т. Н. Бакаева; под общ. ред. А. В. Фролова. — Ростов н/Д: Феникс, 2005. — 736 с.

**Контрольные вопросы**

1. Назовите основные признаки, дающие основание квалифицировать несчастный случай как связанный с производством.
2. Кто проводит расследование легких несчастных случаев?
3. Кто возглавляет комиссию по расследованию тяжелого НС на производстве, происшедшего с оператором газовой котельной?
4. Какие сроки установлены для расследования тяжелого несчастного случая на производстве?
5. Порядок расследования легких НС на производстве.
6. Кому необходимо сообщать, если произошел групповой несчастный случай на производстве?
7. Какие документы оформляются по результатам расследования несчастных случаев на производстве?
8. Какие признаки дают основание относить НС на производстве к категории «несчастных случаев не связанных с производством»?

**Практическое занятие № 6  
РАЗРАБОТКА ИНСТРУКЦИЙ ПО ОХРАНЕ ТРУДА  
ДЛЯ РАБОТНИКОВ**

*Цель занятий:* ознакомить студентов с порядком, методикой разработки и содержанием инструкций по охране труда для работников и научить разрабатывать инструкции по охране труда для работников.

**6.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ**

*Инструкция* (от латинского *instructio* — наставление, устройство) — указание о порядке выполнения какой-либо работы, пользования машиной и т. д.

*Инструкция по охране труда для работников* — локальный нормативный акт, устанавливающий требования охраны труда при выполнении трудовой функции по данной должности, профессии или виду работы.

*Локальный нормативный акт* — документ, разрабатываемый у данного работодателя в целях соблюдения и выполнения норм трудового права.

**6.2. РЕГЛАМЕНТАЦИЯ РАЗРАБОТКИ ИНСТРУКЦИЙ  
ПО ОХРАНЕ ТРУДА**

Разработка инструкций по охране труда для работников регламентирована статьей 212 Трудового кодекса Российской Федерации (ТК РФ) от 30 декабря 2001 г. № 197-ФЗ с последующими изменениями и дополнениями и Методическими рекомендациями по разработке государственных нормативных требований охраны труда (далее — Методические рекомендации), утвержденными постановлением Минтруда России от 17 декабря 2002 г. № 80.

**6.3. ПОРЯДОК И МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ ИНСТРУКЦИЙ  
ПО ОХРАНЕ ТРУДА**

Порядок разработки и утверждения инструкций по охране труда для работников определен V разделом Методических рекомендаций.

Инструкция по охране труда для работника разрабатывается, исходя из его должности, профессии или вида выполняемой работы, в соответствии с Перечнем инструкций по охране труда, подлежащих разработке у данного работодателя. Перечень инструкций по охране труда разрабатывается службой охраны труда (специалистом по охране труда) при участии руководителей структурных подразделений, согласовывается с выборным органом первичной профсоюзной организации и утверждается работодателем.

Инструкция по охране труда для работника разрабатывается на основе межотраслевой или отраслевой типовой инструкции по охране труда (а при её отсутствии — межотраслевых или отраслевых

правил по охране труда), требований безопасности, изложенных в эксплуатационной и ремонтной документации организаций-изготовителей оборудования, а также в технологической документации организации с учетом конкретных условий производства. Эти требования излагаются применительно к должности работника или виду выполняемой работы.

Примерный вид титульного листа инструкций по охране труда рекомендуется оформлять в соответствии с приложением № 8 к Методическим рекомендациям.

*Примерный вид титульного листа инструкции по охране труда для работника*

(наименование организации)	
<p>Согласовано:</p> <p>Наименование должности руководителя профсоюзного либо иного уполномоченного работниками органа</p>	<p>Утверждаю:</p> <p>Наименование должности работодателя</p>
(подпись) (инициалы, фамилия)	(подпись) (инициалы, фамилия)
Дата согласования	Дата утверждения
Согласовано:	
Реквизиты документа, выражающего мнение профсоюзного или иного уполномоченного работниками органа	
<b>ИНСТРУКЦИЯ</b>	
<b>по охране труда для</b>	
(наименование должности, профессии или вида работ)	
(обозначение)	

*Примечание.* На оборотной стороне инструкции рекомендуется наличие виз: разработчика инструкции, руководителя (специалис-

та) службы охраны труда, энергетика, технолога и других заинтересованных лиц.

Руководитель обеспечивает разработку и утверждение инструкций по охране труда для работников с учетом изложенного в письменном виде мнения выборного профсоюзного или иного уполномоченного работниками органа. Коллективным договором, соглашением может быть предусмотрено принятие инструкций по охране труда по согласованию с представительным органом работников.

Для вводимых в действие новых, реконструированных производств допускается разработка временных инструкций по охране труда для работников. Временные инструкции по охране труда для работников обеспечивают безопасное ведение технологических процессов (работ) и безопасную эксплуатацию оборудования. Они разрабатываются на срок до приемки указанных производств в эксплуатацию.

Проверку и пересмотр инструкций по охране труда для работников организует работодатель. Пересмотр инструкций должен производиться не реже одного раза в 5 лет.

Инструкции по охране труда для работников могут досрочно пересматриваться:

- а) при пересмотре межотраслевых и отраслевых правил и типовых инструкций по охране труда;
- б) при изменении условий труда работников;
- в) при внедрении новой техники и технологии;
- г) по результатам анализа материалов расследования аварий, несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;
- д) по требованию представителей органов по труду субъектов Российской Федерации или органов федеральной инспекции труда.

Если в течение срока действия инструкции по охране труда для работника условия его труда не изменились, то её действие продлевается на следующий срок. Продление оформляется руководителем структурного подразделения организации следующей записью на титульном листе: «Срок действия инструкции продлен до 31 августа

2011 г. Подпись, расшифровка подписи (фамилия и инициалы).  
День месяца, месяц, год».

В Рекомендациях по организации работы службы охраны труда в организации, утвержденных постановлением Минтруда России от 8 февраля 2000 г. № 14, установлено, что служба охраны труда оказывает методическую помощь руководителям подразделений при разработке и пересмотре инструкций по охране труда. Следовательно, инструкции по охране труда для работников разрабатываются и пересматриваются руководителями структурных подразделений организаций.

Действующие инструкции по охране труда для работников структурного подразделения организации, а также перечень этих инструкций хранятся у руководителя этого подразделения.

Местонахождение инструкций по охране труда для работников рекомендуется определять руководителю структурного подразделения организации с учетом обеспечения доступности и удобства ознакомления с ними.

Инструкции по охране труда для работников могут быть выданы им на руки для изучения при первичном инструктаже либо вывешены на рабочих местах или участках, либо хранятся в ином месте, доступном для работников.

Рекомендуемые формы журналов учета инструкций по охране труда для работников и учета выдачи инструкций по охране труда для работников подразделений организации приведены в приложениях № 9 и № 10 к Методическим рекомендациям.

#### ЖУРНАЛ

##### учета инструкций по охране труда для работников

№ п/п	Дата	Наименование инструкции	Дата утверждения	Обозначение (номер)	Плановый срок проверки	Ф.И.О. и должность работника, производившего учет	Подпись работника, производившего учет
1	2	3	4	5	6	7	8

#### ЖУРНАЛ

##### учета выдачи инструкций по охране труда для работников

№ п/п	Дата выдачи	Обозначение (номер) инструкции	Наименование инструкции	Кол-во выданных экземпляров	Ф.И.О., профессия (должность) получателя инструкции	Подпись получателя инструкции
1	2	3	4	5	6	7

*Методика* (алгоритм) разработки инструкций по охране труда для работников включает следующие этапы:

- 1) издание распорядительного документа (приказа, распоряжения) работодателя о разработке или пересмотре инструкций по охране труда для работников в соответствии с перечнем инструкций по охране труда, разрабатываемых у данного работодателя;
- 2) изучение вида работ, для которого инструкция разрабатывается;
- 3) изучение условий труда, характерных для соответствующей должности, профессии (вида работ);
- 4) определение опасных и вредных производственных факторов, характерных для работ, выполняемых работниками соответствующей должности, профессии (идентификация опасностей);
- 5) анализ типичных, наиболее вероятных причин несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;
- 6) определение наиболее безопасных методов и приемов выполнения работ.

#### 6.4. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ИНСТРУКЦИЙ ПО ОХРАНЕ ТРУДА

В инструкцию по охране труда для работников рекомендуется включать разделы:

1. Общие требования охраны труда.
2. Требования охраны труда перед началом работы.
3. Требования охраны труда во время работы.
4. Требования охраны труда в аварийных ситуациях.
5. Требования охраны труда по окончании работы.

В разделе «Общие требования охраны труда» рекомендуется отражать:

а) условия допуска работников к самостоятельной работе по соответствующей должности, профессии или к выполнению соответствующего вида работ (возраст, пол, состояние здоровья, проведение инструктажей, обучение и т. п.);

б) указания о необходимости соблюдения правил внутреннего распорядка;

в) требования по выполнению режимов труда и отдыха;

г) перечень опасных и вредных производственных факторов, которые могут воздействовать на работника в процессе работы;

д) перечень спецодежды, спецобуви и других средств индивидуальной защиты, выдаваемых работникам в соответствии с установленными правилами и нормами;

е) порядок уведомления администрации о случаях травмирования работника и неисправности оборудования, приспособлений и инструмента;

ж) правила личной гигиены, которые должен знать и соблюдать работник при выполнении работы.

В раздел «Требования охраны труда перед началом работы» рекомендуется включать:

а) порядок подготовки рабочего места, средств индивидуальной защиты;

б) порядок проверки исправности оборудования, приспособлений и инструмента, ограждений, сигнализации, блокировочных и других устройств, защитного заземления, вентиляции, местного освещения и т. п.;

в) порядок проверки исходных материалов (заготовки, полуфабрикаты);

г) порядок приема и передачи смены в случае непрерывного технологического процесса и работы оборудования.

В разделе «Требования охраны труда во время работы» рекомендуется предусматривать:

а) способы и приемы безопасного выполнения работ, использования оборудования, транспортных средств, грузоподъемных механизмов, приспособлений и инструментов;

б) требования безопасного обращения с исходными материалами (сырье, заготовки, полуфабрикаты);

в) указания по безопасному содержанию рабочего места;

г) действия, направленные на предотвращение аварийных ситуаций;

д) требования, предъявляемые к использованию средств индивидуальной защиты работников.

В разделе «Требования охраны труда в аварийных ситуациях» рекомендуется излагать:

а) перечень основных возможных аварийных ситуаций и причины, их вызывающие;

б) действия работников при возникновении аварий и аварийных ситуаций;

в) действия по оказанию первой помощи пострадавшим при травмировании, отравлении и других повреждениях здоровья.

В разделе «Требования охраны труда по окончании работ» рекомендуется отражать:

а) порядок отключения, остановки, разборки, очистки и смазки оборудования, приспособлений, машин, механизмов и аппаратуры;

б) порядок уборки отходов, полученных в ходе производственной деятельности;

в) требования соблюдения личной гигиены;

г) порядок извещения руководителя работ о недостатках, влияющих на безопасность труда, обнаруженных во время работы.

В инструкциях по охране труда для работников не следует применять слова, подчеркивающие особое значение отдельных требований (например, «категорически», «особенно», «обязательно», «строго», «безусловно» и т. п.), так как все требования инструкций выполняются работниками в равной степени.

Если в инструкции употребляется слово «запрещается», то нужно пояснить причину запрета и возможные негативные последствия его нарушения.

Замена слов в тексте инструкции буквенным сокращением (аббревиатурой) может быть допущена при условии его предшествующей полной расшифровки. Ошибки и исправления в инструкции по охране труда для работников не допускаются.

## 6.5. ВАРИАНТ ИНСТРУКЦИИ ПО ОХРАНЕ ТРУДА ДЛЯ ЭЛЕКТРИКА

Согласовано:  
Председатель проф.

Утверждаю:  
Наименование должности  
работодателя

(подпись) (инициалы, фамилия)

(подпись) (инициалы, фамилия)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

## ИНСТРУКЦИЯ

по охране труда для электрика  
№ 22

## 1. Общие требования охраны труда

1.1. К самостоятельной работе в качестве электрика допускаются лица, не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование, инструктаж по охране труда и пожарной безопасности, специальное обучение безопасным методам и приемам работ, сдавшие экзамен квалификационной комиссии и имеющие группу по электробезопасности не ниже III. Проверку знаний норм и правил работы в электроустановках электрик проходит ежегодно.

1.2. Электрик обязан соблюдать правила внутреннего трудового распорядка, производственной санитарии и личной гигиены, соблюдать требования охраны труда и установленный в организации противопожарный режим; знать и уметь оказывать первую помощь пострадавшему при поражении электротоком; не допускать распития спиртных напитков; курить в местах, оборудованных для этого урнами с водой и знаками пожарной безопасности.

1.3. При производстве работ на электрика возможно воздействие следующих опасных и вредных факторов:

- ◆ повышенное напряжение в электрической цепи;
- ◆ действие электрического тока на организм;
- ◆ повышенный уровень электромагнитного излучения;
- ◆ повышенная физическая нагрузка;
- ◆ повышенная подвижность воздуха;

- ◆ пониженная температура воздуха рабочей зоны;
- ◆ недостаточная освещенность рабочей зоны;
- ◆ отсутствие или недостаток естественного света;
- ◆ работа на высоте;
- ◆ острые кромки, заусенцы, неровности поверхностей оборудования, инструмента и приспособлений;

1.4. Электрик должен работать в чистых и исправных средствах индивидуальной защиты. Ему полагается бесплатно выдавать:

- ◆ полукомбинезон хлопчатобумажный — 1 шт. на 12 месяцев;
- ◆ перчатки диэлектрические — дежурные;
- ◆ галоши диэлектрические — дежурные;
- ◆ пояс предохранительный — до износа;
- ◆ очки защитные — до износа.

1.5. Электрик извещает своего непосредственного руководителя, а при его отсутствии вышестоящее руководство организации о любой ситуации, угрожающей жизни и здоровью людей, о каждом несчастном случае, происшедшем на производстве, об ухудшении состояния своего здоровья, в том числе о появлении признаков острого заболевания.

1.6. Электрику следует:

- ◆ оставлять личные вещи, верхнюю одежду, обувь, головной убор в гардеробной или другом специально отведенном месте;
- ◆ перед началом работы надевать чистую спецодежду, менять ее по мере загрязнения;
- ◆ снимать спецодежду при выходе из организации;
- ◆ мыть руки с мылом после посещения туалета, а также после соприкосновения с загрязненными предметами;
- ◆ не принимать пищу в подсобных помещениях;
- ◆ знать правила ремонта и обслуживания электрооборудования и электроприводов в организации;
- ◆ при обесточивании электросети вывесить запрещающую табличку «Не включать! Работают люди»;
- ◆ для освещения рабочего места пользоваться переносными светильниками напряжением не выше 50 В, а в особо опасных помещениях — светильниками напряжением 12 В;

- ◆ все работы с электрооборудованием производить в точном соответствии с нормами и правилами, с соблюдением мер безопасности и в сухой спецодежде;
- ◆ при загорании электрооборудования или проводки обесточить электросеть и тушить углекислотными или порошковыми огнетушителями;
- ◆ при возникновении пожара немедленно вызвать пожарную охрану по телефону «01», четко назвав, что горит и по какому адресу, а также свою фамилию; сообщить руководству организации и принять меры к тушению пожара.

1.7. За нарушение требований настоящей инструкции электрик несет ответственность в соответствии с действующим законодательством.

## 2. Требования охраны труда перед началом работы

### 2.1. Перед началом работы электрик обязан:

- ◆ получить от руководителя работ задание, осмотреть рабочее место и подготовить его к безопасному выполнению полученного задания, убедиться в наличии необходимых для работы оборудования, приборов, инструмента и приспособлений;
- ◆ проверить исправность средств индивидуальной защиты;
- ◆ застегнуть надетую спецодежду на все пуговицы, не допуская свисающих концов одежды. Не закалывать одежду булавками, иголками, не держать в карманах одежды острые, бьющиеся предметы;
- ◆ подготовить к работе необходимый инструмент и приспособления, проверить их исправность;
- ◆ обесточить электрооборудование, подлежащее ремонту, и включить аварийное освещение;
- ◆ для работы с электроинструментом и ручными электрическими машинами подготовить диэлектрический коврик;
- ◆ для выполнения работ на высоте 1,3 м и более надеть предохранительный пояс, который прикрепляется к конструкции сооружения или к лестнице (при условии крепления ее к конструкции);

- ◆ проверить наличие на переносной лестнице или стремянке на нижних концах оковок с острыми наконечниками для установки лестницы на грунте или башмаков из нескользящего материала при использовании лестницы на гладких поверхностях (паркете, металле, плитке, бетоне и т. д.), а также наличие и исправность у стремянок противораздвижных приспособлений (крюков, цепей) и верхних площадок, огражденных перилами;
- ◆ при выполнении работ на высоте оградить рабочее место и подходы к нему.

2.2. При перемещении лестницы вдвоем нести ее наконечниками назад, предупреждая встречных об осторожности. При переносе лестницы одним работником она должна находиться в наклонном положении так, чтобы передний конец был приподнят над полом (землей) не менее чем на 2 м.

2.3. Для предотвращения смещения верхнего конца приставной лестницы его следует надежно закрепить за устойчивую конструкцию. При невозможности закрепления лестницы при установке ее на гладком полу у ее основания должен стоять подсобный рабочий в каске и удерживать лестницу в устойчивом положении.

2.4. Перед началом работ с ручными электрическими машинами, переносными электроинструментами и светильниками электрику следует:

- ◆ определить по паспорту класс машины или инструмента;
- ◆ проверить комплектность и надежность крепления деталей;
- ◆ убедиться внешним осмотром в исправности электрокабеля (шнура), его защитной трубки и штепсельной вилки, целостности изоляционных деталей корпуса, рукоятки и крышек щеткодержателей, защитных кожухов;
- ◆ проверить четкость работы выключателя;
- ◆ выполнить (при необходимости) тестирование устройства защитного отключения (УЗО);
- ◆ проверить работу электроинструмента на холостом ходу;
- ◆ проверить у машины I класса исправность цепи заземления (корпус машины — заземляющий контакт штепсельной вилки).

2.5. Не допускается использовать в работе ручные электрические машины, переносные электроинструменты и светильники, с относящимися к ним вспомогательным оборудованием, имеющим дефекты.

2.6. Обо всех обнаруженных неисправностях оборудования, приборов, инструмента и приспособлений и других неполадках сообщать руководителю работ и приступить к работе только после их устранения.

### 3. Требования охраны труда во время работы

3.1. Выполнять только те работы, которые включены в перечень работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации в электроустановках организации, подписанном ответственным за электрохозяйство и утвержденным работодателем.

3.2. Не поручать свою работу необученным и посторонним лицам.

3.3. Применять необходимые для безопасной работы исправное оборудование, приборы, инструмент, приспособления и средства индивидуальной защиты; использовать их только для тех работ, для которых они предназначены.

3.4. Не использовать для сидения случайные предметы (ящики, бочки и т. п.), оборудование.

3.5. Соблюдать правила перемещения в помещениях и на территории организации, пользоваться только установленными проходами.

3.6. Содержать рабочую одежду в чистоте и порядке.

3.7. Во время работы на приставной лестнице или стремянке не допускается:

- ♦ работать с двух верхних ступеней стремянок, не имеющих перил или упоров;
- ♦ работать с приставной лестницы, стоя на ступени, находящейся на расстоянии менее 1 м от верхнего ее конца;
- ♦ находиться на ступенях приставной лестницы или стремянки более чем одному работнику;
- ♦ работать около или над вращающимися механизмами, машинами и т. п.
- ♦ поднимать и опускать груз по приставной лестнице, оставляя на ней инструмент;

- ♦ устанавливать лестницу на ступени маршей лестничной клетки (при необходимости там должны быть сооружены подмости);
- ♦ работать на неисправных или не испытанных в установленном порядке приставных лестницах и стремянках.

3.8. При пользовании электроинструментом, ручными электрическими машинами, переносными светильниками их провода и кабели должны по возможности подвешиваться. Непосредственное соприкосновение проводов и кабелей с горячими, влажными и масляными поверхностями или предметами не допускается.

3.9. Кабель электроинструмента должен быть защищен от случайного механического повреждения и соприкосновения с горячими, сырыми и масляными поверхностями. Не допускается натягивать, перекручивать и перегибать кабель, ставить на него груз, а также допускать пересечение его с тросами, кабелями, плангами газосварки.

3.10. При обнаружении каких-либо неисправностей работа с ручными электрическими машинами, переносными электроинструментами и светильниками должна быть немедленно прекращена.

3.11. При исчезновении напряжения или перерыве в работе электроинструмент и ручные электрические машины должны отсоединяться от электрической сети.

3.12. Электрику, пользующемуся электроинструментом и ручными электрическими машинами, не разрешается:

- ♦ передавать ручные электрические машины и электроинструмент, хотя бы на непродолжительное время, другим работникам;
- ♦ разбирать ручные электрические машины и электроинструмент, проводить какой-либо ремонт;
- ♦ держаться за провод электрической машины, электроинструмента; касаться вращающихся частей или удалять стружку, опилки до полной остановки инструмента или машины;
- ♦ устанавливать рабочую часть в патрон инструмента, а также регулировать инструмент без отключения его от сети штепсельной вилкой;
- ♦ работать с приставных лестниц (для выполнения работ на высоте должны устраиваться прочные леса или подмости);

- ♦ вносить внутрь барабанов котлов, металлических резервуаров и т. п. переносные трансформаторы и преобразователи частоты.

### 3.13. Электрик обязан:

- ♦ приступать к работе по ремонту электросетей и электроустановок после полного снятия с них напряжения;
- ♦ пропускать провода через отверстия в металлических деталях только через втулки из изоляционного материала;
- ♦ внимательно следить во время работы за состоянием кабеля, изоляции, исправностью заземления;
- ♦ перед сверлением и пробиванием борозд в стенах, где может быть проложена скрытая электропроводка, обесточить электросеть скрытой проводки.

3.14. Электрик должен перед работой в электроустановке убедиться в отсутствии напряжения при помощи указателя напряжения заводского изготовления. Пользоваться контрольными лампами запрещается.

3.15. Смену створевших плавких вставок предохранителя при наличии рубильника следует производить при снятом напряжении.

3.16. Смену плавких вставок предохранителей под напряжением, при снятой нагрузке, необходимо производить в очках защитных, диэлектрических перчатках, диэлектрических галошах, стоя на диэлектрическом коврике и пользоваться изолирующими клещами.

3.17. Смену люминесцентных ламп проводить осторожно, складировать отработанные лампы необходимо в установленном месте и своевременно сдавать их на утилизацию.

### 4. Требования охраны труда в аварийных ситуациях

4.1. В аварийной обстановке (короткое замыкание, загорание и т. д.): оповестить об опасности окружающих людей, доложить непосредственному руководителю или вышестоящему руководству организации и действовать в соответствии с планом ликвидации аварий.

4.2. В случае обнаружения напряжения (ощущение тока) на токоведущих частях электрооборудования немедленно отключить оборудование (инструмент) от сети.

4.3. Пострадавшему при травмировании, отравлении и внезапном заболевании оказать первую помощь и, при необходимости, организовать его доставку в учреждение здравоохранения.

4.4. При освобождении пострадавшего от действия электрического тока необходимо следить за тем, чтобы самому не оказаться в контакте с токоведущей частью и под напряжением шага.

### 5. Требования охраны труда по окончании работы

5.1. Отключить от электросети инструмент и аварийное освещение.

5.2. Закрыть электрощитовые на замки.

5.3. Привести в порядок инструмент и рабочее место.

5.4. Убрать в отведенное место переносную лестницу или стремянку.

5.5. Снять спецодежду, средства индивидуальной защиты; привести их в порядок и уложить в отведенное место.

5.6. Выполнить комплекс мер личной гигиены.

Разработчик: \_\_\_\_\_

(подпись, должность, фамилия, инициалы)

Согласовано: \_\_\_\_\_

Ведущий инженер по ОТ \_\_\_\_\_

(подпись, фамилия, инициалы)

### 6. Задание для самостоятельной работы по подготовке отчета

Каждому студенту разработать инструкцию по охране труда для работника по заданию руководителя для одной из профессий:

- ♦ токаря;
- ♦ слесаря-сантехника;
- ♦ машиниста (кочегара) котельной, работающей на твердом топливе;
- ♦ лаборанта-химика;
- ♦ грузчика;
- ♦ работы с ручным электроинструментом;
- ♦ работы на высоте;
- ♦ другие профессии в соответствии с направлением подготовки специалистов.

### Литература

1. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001. № 197-ФЗ с последующими изменениями и дополнениями.
2. Методические рекомендации по разработке государственных нормативных требований охраны труда: Утверждены постановлением Минтруда России от 17.12.2002. № 80.
3. Постановление Правительства Российской Федерации от 23.05.2000. № 399 «О нормативных правовых актах, содержащих государственные нормативные требования охраны труда».
4. Межотраслевые и отраслевые правила и типовые инструкции по охране труда: Утверждаются федеральными органами исполнительной власти.
5. Рекомендации по организации работы службы охраны труда в организации: Утверждены постановлением Минтруда России от 08.02.2000. № 14.

### Контрольные вопросы

1. Инструкция по ОТ для работника — это нормативно-правовой акт, нормативно-технический документ или локальный нормативный акт?
2. Какими нормативными документами регламентирована разработка инструкций по ОТ для работников?
3. На какой срок разрабатывается инструкция по ОТ для работника?
4. Что является основой для разработки инструкции по ОТ для работников?
5. Кем согласовывается инструкция по ОТ для работника?
6. Кто разрабатывает инструкции по ОТ для работников?
7. Что является основанием для пересмотра инструкций по ОТ?
8. Какие разделы должна содержать инструкция по охране труда?
9. Что должно быть отражено в разделе I «Общие требования охраны труда»?
10. Что должно быть отражено в разделе II «Требования охраны труда перед началом работы»?

11. Что должно быть отражено в разделе III «Требования охраны труда во время работы»?
12. Что должно быть отражено в разделе IV «Требования охраны труда в аварийных ситуациях»?
13. Требования охраны труда по окончании работы.
14. Допустимо ли употребление в инструкции по ОТ слов: категорически, особенно, обязательно и т. п.?

## Практическое занятие № 7 ПРОВЕДЕНИЕ АТТЕСТАЦИИ РАБОЧИХ МЕСТ ПО УСЛОВИЯМ ТРУДА

*Цель занятий:* освоить порядок проведения аттестации рабочих мест по условиям труда и научиться правильно оформлять её результаты в соответствии с нормативными документами.

### 7.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ПОЛОЖЕНИЯ

*Аттестация* (от лат. *attestatio* — свидетельство), определение квалификации работника, уровня знаний учащихся; характеристика [12].

*Аттестация рабочих мест по условиям труда* — оценка условий труда на рабочих местах в целях выявления вредных и(или) опасных производственных факторов и осуществления мероприятий по приведению условий труда в соответствие с государственными нормативными требованиями охраны труда [1].

Обязательность проведения аттестации рабочих мест по условиям труда (далее — аттестация рабочих мест) установлена ст. 212 Трудового кодекса Российской Федерации, а порядок её проведения установлен Приказом Минздравсоцразвития России от 31.08.2007 № 569 «Об утверждении порядка проведения аттестации рабочих мест по условиям труда».

При аттестации рабочих мест решаются следующие основные задачи:

- 1) гигиеническая оценка существующих условий и характера труда;
- 2) оценка травмобезопасности рабочих мест;
- 3) учет обеспеченности работников средствами индивидуальной защиты;
- 4) определение класса условий труда для каждого фактора, для их комбинации и сочетаний, а также для рабочего места в целом.

*Условия труда* законодателем определены как совокупность факторов производственной среды и трудового процесса, оказывающих влияние на работоспособность и здоровье работника.

Под *гигиеническими нормативами условий труда (ПДК, ПДУ)* понимают уровни вредных факторов рабочей среды, которые при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 часов, но не более 40 часов в неделю, в течение всего рабочего стажа не должны вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений.

В свою очередь *гигиенические критерии* определяются как показатели, характеризующие степень отклонений параметров факторов рабочей среды и трудового процесса от действующих гигиенических нормативов. Классификация условий труда основана на принципе дифференциации указанных отклонений.

Исходя из степени отклонения фактических уровней факторов рабочей среды и трудового процесса от гигиенических нормативов, условия труда по степени вредности и опасности условно подразделяют на 4 класса: оптимальные, допустимые, вредные и опасные.

*Оптимальные условия труда (1 класс)* — условия, при которых сохраняется здоровье работника и создаются предпосылки для поддержания высокого уровня работоспособности. Оптимальные нормативы факторов рабочей среды установлены для микроклиматических параметров и факторов трудовой нагрузки. Для других факторов за оптимальные условно принимают такие условия труда, при которых вредные факторы отсутствуют либо не превышают уровни, принятые в качестве безопасных для населения.

*Допустимые условия труда (2 класс)* характеризуются такими уровнями факторов среды и трудового процесса, которые не превышают установленных допустимых гигиенических нормативов для рабочих мест, а возможные изменения функционального состояния организма восстанавливаются во время регламентированного отдыха или к началу следующей смены и не оказывают неблагоприятного действия в ближайшем и отдаленном периоде на состояние здоровья работников и их потомство. Допустимые условия труда условно относят к безопасным.

*Вредные условия труда (3 класс)* характеризуются наличием вредных факторов, уровни которых превышают допустимые гигиенические нормативы и оказывают неблагоприятные действия на организм работника и/или его потомство.

Вредные условия труда по степени превышения допустимых гигиенических нормативов и выраженности изменений в организме работников условно разделяют на 4 степени вредности:

*1-я степень 3-го класса (3.1)* — условия труда характеризуются такими отклонениями уровней вредных факторов от допустимых гигиенических нормативов, которые вызывают функциональные изменения, восстанавливающиеся, как правило, при более длительном (чем к началу следующей смены) прерывании контакта с вредными факторами, и увеличивают риск повреждения здоровья;

*2-я степень 3-го класса (3.2)* — уровни вредных факторов, вызывающих стойкие функциональные изменения, приводящие в большинстве случаев к увеличению профессионально обусловленной заболеваемости, появлению начальных признаков или легких форм профессиональных заболеваний (без потери профессиональной трудоспособности), возникающих после продолжительной экспозиции (часто после 15 и более лет);

*3-я степень 3-го класса (3.3)* — условия труда, характеризующиеся такими уровнями факторов рабочей среды, воздействие которых приводит к развитию, как правило, профессиональных болезней легкой и средней степеней тяжести (с потерей профессиональной трудоспособности) в период трудовой деятельности, росту хронической (профессионально обусловленной) патологии;

*4-я степень 3-го класса (3.4)* — условия труда, при которых могут возникать тяжелые формы профессиональных заболеваний (с потерей профессиональной трудоспособности), отмечается значительный рост числа хронических заболеваний и высокие уровни заболеваемости с временной утратой трудоспособности.

*Опасные (экстремальные) условия труда (4 класс)* характеризуются уровнями факторов рабочей среды, воздействие которых в течение рабочей смены (или её части) создает угрозу для жизни, высокий риск развития острых профессиональных поражений, в том числе и тяжелых форм.

В соответствии со ст. 209 Трудового кодекса Российской Федерации *вредный производственный фактор* — это производственный фактор, воздействие которого на работника может привести к его заболеванию, а *опасный производственный фактор* — это производственный фактор, воздействие которого на работника может привести к его травме.

К вредным и опасным факторам рабочей среды относят физические, химические, биологические, психофизиологические (тяжесть и напряженность труда) факторы, классификация которых содержится в ГОСТ 12.0.003-74.

Термин «*травмобезопасность*» означает соответствие рабочих мест требованиям охраны труда, исключающим травмирование работающих в условиях, установленных нормативными правовыми актами по охране труда.

Оценка травмобезопасности рабочих мест проводится на соответствие их требованиям безопасности труда, исключающим травмирование работников в условиях, установленных нормативными правовыми актами по охране труда.

Основными объектами оценки травмобезопасности рабочих мест являются: производственное оборудование; приспособления и инструменты; обеспеченность средствами обучения и инструктажа.

Указанные объекты оцениваются на соответствие требованиям нормативных правовых актов, содержащих государственные нормативные требования охраны труда.

Оценка условий труда по фактору травмобезопасности проводится по трем уровням (классам):

1 — *оптимальный* (на рабочем месте не выявлено ни одного нарушения требований охраны труда, отобранных для оценки травмобезопасности в соответствии с разделом IV Порядка; не производятся работы, связанные с ремонтом производственного оборудования, зданий и сооружений, работы повышенной опасности и другие работы, требующие специального обучения по охране труда);

2 — *допустимый* (на рабочем месте не выявлено ни одного нарушения требований охраны труда, отобранных для оценки травмобезопасности в соответствии с разделом IV настоящего Порядка; производятся работы, связанные с ремонтом производственного оборудования, зданий и сооружений, работы повышенной опасности и другие работы, требующие специального обучения по охране труда; эксплуатация производственного оборудования с превышенным сроком службы (выработанным ресурсом), если это не запрещено специальными требованиями безопасности на это оборудование; выявлены повреждения и (или) неисправности средств защиты, не снижающие их защитных функций);

3 — *опасный* (на рабочем месте выявлено одно и более нарушение требований охраны труда, отобранных для оценки травмобезопасности в соответствии с разделом IV Порядка).

Аттестации по условиям труда подлежат все имеющиеся в организации рабочие места с периодичностью не реже 1 раза в 5 лет с момента проведения последних измерений факторов рабочей среды и трудового процесса.

Оценка условий труда предусматривает инструментальные, лабораторные и эргономические методы исследования.

Измерения параметров опасных и вредных производственных факторов, определение показателей тяжести и напряженности трудового процесса осуществляют лабораторные подразделения самой организации. При отсутствии в организации необходимых для этого технических средств и нормативно-справочной базы привлекаются на договорной основе лаборатории, аккредитованные (аттестованные) на право проведения указанных измерений.

Оценка травмобезопасности рабочих мест проводится организациями самостоятельно или по их заявкам сторонними организациями, имеющими разрешение органов государственной экспертизы условий труда Российской Федерации на право проведения указанных работ.

Результаты аттестации рабочих мест по условиям труда используются в целях:

1) контроля состояния условий труда на рабочих местах и правильности обеспечения работников сертифицированными средствами индивидуальной и коллективной защиты;

2) оценки профессионального риска как вероятности повреждения (утраты) здоровья или смерти работника, связанной с исполнением им обязанностей по трудовому договору и в иных установленных законодательством случаях, контроля и управления профессиональным риском, которые предполагают проведение анализа и оценки состояния здоровья работника в причинно-следственной связи с условиями труда, информирование о риске субъектов трудового права, контроль динамики показателей риска, а также проведение мероприятий по снижению вероятности повреждения здоровья работников;

3) предоставления работникам, принимаемым на работу, достоверной информации об условиях труда на рабочих местах, о существующем риске повреждения здоровья, о мерах по защите от воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов и полагающихся работникам, занятым на тяжелых работах и работах с вредными и (или) опасными условиями труда, гарантиях и компенсациях;

4) предоставления работникам, занятым на работах с вредными условиями труда, на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением, бесплатной сертифицированной специальной одежды, специальной обуви и других СИЗ, а также смывающих и обезвреживающих средств в соответствии с установленными нормами;

5) рассмотрения вопроса о приостановлении эксплуатации зданий и сооружений, машин и оборудования, осуществления отдель-

ных видов деятельности (работ), оказания услуг вследствие непосредственной угрозы жизни или здоровью работников;

6) рассмотрения вопросов и разногласий, связанных с обеспечением безопасных условий труда работников и расследованием происшедших с ними несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;

7) принятия мер по надлежащему санитарно-бытовому и профилактическому обеспечению работников организации;

8) обоснования ограничений труда для отдельных категорий работников;

9) включения в трудовой договор характеристики условий труда и компенсаций работникам за работу в тяжелых, вредных и (или) опасных условиях труда;

10) обоснования планирования и финансирования мероприятий по улучшению условий и охраны труда в организациях, в том числе за счет средств на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;

11) создания банка данных существующих условий труда на уровне организации, муниципального образования, органа исполнительной власти субъекта Российской Федерации и на федеральном уровне;

12) проведения мероприятий по осуществлению федеральным органом исполнительной власти, уполномоченным на проведение государственного надзора и контроля за соблюдением трудового законодательства и иных нормативных правовых актов, содержащих нормы трудового права;

13) применения предусмотренных законодательством мер ответственности к лицам, виновным в нарушениях законодательства об охране труда.

Если воспользоваться терминологией научной и учебной дисциплины «Безопасность жизнедеятельности», то аттестацию рабочих мест можно охарактеризовать как процесс идентификации негативных факторов рабочей среды и трудового процесса, составления номенклатуры опасных и вредных производственных

факторов, их ранжирования и квантификации с целью выработки профилактических мероприятий по снижению доказанного, предполагаемого или подозреваемого профессионального риска до допустимого уровня (допустимый риск) и управления остаточным риском либо полного устранения профессионального риска.

## 7.2. АЛГОРИТМ ПРОВЕДЕНИЯ АТТЕСТАЦИИ РАБОЧИХ МЕСТ ПО УСЛОВИЯМ ТРУДА

Алгоритм (совокупность действий, правил для решения данной задачи) проведения аттестации рабочих мест включает четыре основных этапа, а именно:

- 1) подготовку к проведению аттестации рабочих мест;
- 2) проведение аттестации рабочих мест;
- 3) оформление результатов аттестации рабочих мест;
- 4) реализацию результатов аттестации рабочих мест.

*Первый этап* — подготовка к аттестации рабочих мест — предусматривает следующий порядок действий:

- 1) издание приказа работодателем или уполномоченным им лицом о создании аттестационной комиссии, о сроках и графике проведения работ по аттестации рабочих мест;
- 2) создание аттестационной комиссии, которая выполняет следующие функции:
  - а) формирует необходимую нормативно-справочную базу для проведения аттестации рабочих мест и организует её изучение;
  - б) составляет полный перечень рабочих мест организации и присваивает коды производствам, цехам, участкам, рабочим местам. Каждому рабочему месту рекомендуется присваивать свой порядковый номер, в том числе и рабочим местам одного наименования;
  - в) определяет перечень вредных и опасных факторов производственной среды, показателей тяжести и напряженности трудового процесса, подлежащих оценке на каждом рабочем месте;
  - г) осуществляет методическое руководство и контроль за проведением работы на всех её этапах.

*Второй этап* — проведение аттестации рабочих мест — состоит из следующих видов работ.

1. *Определение фактических значений вредных и опасных производственных факторов на рабочих местах.* Уровни опасных и вредных производственных факторов определяются на основе инструментальных измерений. Инструментальные измерения физических, химических, биологических и психофизиологических факторов, эргономические исследования должны выполняться в процессе работы, т. е. при проведении производственных процессов в соответствии с технологическим регламентом, при исправных и эффективно действующих средствах коллективной и индивидуальной защиты.

Тяжесть трудового процесса оценивают по ряду показателей, выраженных в эргометрических величинах, характеризующих трудовой процесс, независимо от индивидуальных особенностей человека, участвующего в этом процессе. Основными показателями тяжести трудового процесса являются:

- ♦ физическая и динамическая нагрузка;
- ♦ масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную;
- ♦ стереотипные рабочие движения;
- ♦ статическая нагрузка;
- ♦ рабочая поза;
- ♦ наклоны корпуса;
- ♦ перемещение в пространстве.

Каждый из перечисленных показателей может быть количественно измерен и оценен в соответствии с методикой, изложенной в разделе 5.10 и табл. 17 нормативного документа «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» Р 2.2.2006-05 (далее — Руководство).

При выполнении работ, связанных с неравномерными физическими нагрузками в разные смены, оценку показателей тяжести трудового процесса (за исключением массы поднимаемого и перемещаемого груза и наклонов корпуса), следует проводить по средним показателям за две-три смены. Массу поднимаемого и перемещаемого вручную груза и наклоны корпуса следует оценивать по максимальным значениям.

Напряженность трудового процесса оценивают в соответствии с Руководством Р 2.2.2006-05. Оценка напряженности труда профессиональной группы работников основана на анализе трудовой деятельности и её структуры, которые изучаются путем хронометражных наблюдений в динамике всего рабочего дня, в течение не менее одной недели. Анализ основан на учете всего комплекса производственных факторов (стимулов, раздражителей), создающих предпосылки для возникновения неблагоприятных нервно-эмоциональных состояний (перенапряжения). Все факторы (показатели) трудового процесса имеют качественную или количественную выраженность и сгруппированы по видам нагрузок: интеллектуальные, сенсорные, эмоциональные, монотонные, режимные.

Данные инструментальных замеров оформляются протоколами в соответствии с нормативно-методической документацией, определяющей порядок проведения измерений, или протоколами, разработанными на их основе, которые должны содержать следующие данные:

- ◆ наименование подразделения организации, где проводятся измерения;
- ◆ дату проведения измерений;
- ◆ наименование организации (или её подразделения), выполняющей измерения, сведения о её аккредитации;
- ◆ наименование измеряемого фактора;
- ◆ средства измерения (наименование прибора, инструмента, срок, до которого действует поверка, и номер свидетельства о поверке);
- ◆ нормативно-методический документ, на основании которого проводится измерение;
- ◆ место проведения измерения;
- ◆ нормативное и фактическое значение измеренного параметра и, при необходимости, время его воздействия;
- ◆ заключение о соответствии уровня фактора гигиеническому нормативу и определение класса вредности и опасности условий труда по данному фактору;

- ◆ должность, фамилию, инициалы и подпись работника, проводившего измерения, и представителя администрации объекта, на котором проводились измерения.

2. *Оценка травмобезопасности рабочих мест.* Объектами оценки травмобезопасности рабочих мест являются: производственное оборудование, приспособления и инструменты, обеспеченность средствами обучения и инструктажа. Оценка травмобезопасности проводится путем проверки соответствия производственного оборудования, приспособлений и инструмента, а также средств обучения и инструктажа требованиям охраны труда. При этом необходимо учитывать наличие сертификатов соответствия установленного образца на производственное оборудование. Оценка травмобезопасности рабочего места оформляется протоколом установленной формы.

3. *Оценка обеспеченности работников средствами индивидуальной защиты* осуществляется посредством сопоставления фактически выданных средств с Типовыми нормами бесплатной выдачи работникам специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты. При оценке обеспеченности работников средствами индивидуальной защиты одновременно производится оценка соответствия выданных средств индивидуальной защиты фактическому состоянию условий труда на рабочем месте, а также производится контроль их качества. Эффективность средств индивидуальной защиты должна подтверждаться сертификатами соответствия. Оценка обеспечения работников средствами индивидуальной защиты оформляется в виде протокола установленной формы.

4. *Оценка фактического состояния условий труда на рабочих местах* производится: а) по степени вредности и опасности; б) по степени травмобезопасности; в) обеспеченности работников средствами индивидуальной защиты, а также эффективности этих средств.

Оценка фактического состояния условий труда по степени вредности и опасности производится в соответствии с Руководством Р 2.2.2006-05 на основе сопоставления результатов измерений всех опасных и вредных факторов производственной среды,

тяжести и напряженности производственного процесса с установленными для них гигиеническими нормативами. На базе таких сопоставлений определяется класс условий труда как для каждого фактора, так и для их комбинации и сочетания, а также для рабочего места в целом.

Общую гигиеническую оценку условий труда устанавливают:

- ♦ по наиболее высокому классу и степени вредности;
- ♦ в случае отнесения 3-х и более факторов к классу 3.1, общая оценка условий труда соответствует классу 3.2;
- ♦ при сочетании 2-х и более факторов 3.2, 3.3, 3.4 — условия труда оцениваются соответственно на одну степень выше.

Отдельно по результатам оценки травмобезопасности рабочего места в соответствии с классификацией условий труда по травмобезопасности устанавливается класс опасности или дается заключение о полном соответствии рабочего места требованиям безопасности.

Результаты оценки фактического состояния условий труда на рабочем месте заносятся в Карту аттестации рабочих мест по условиям труда, в которой аттестационной комиссией организации дается заключение о результатах аттестации: рабочее место аттестовано по факторам производственной среды и трудового процесса с классом (*указывается общий класс условий труда*); по травмобезопасности — с классом (*указывается класс*); по обеспеченности СИЗ (*указывается «соответствует» или «не соответствует»*).

На *третьем этапе* — оформление результатов аттестации рабочих мест — аттестационной комиссией оформляется протокол аттестации рабочих мест по условиям труда, к которому прилагаются:

- 1) карты аттестации рабочих мест по условиям труда со всеми протоколами замеров факторов рабочей среды и эргономических исследований;
- 2) ведомости рабочих мест (РМ) и результаты их аттестации по условиям труда в подразделениях;
- 3) сводная ведомость рабочих мест (РМ) и результаты их аттестации по условиям труда в организации;

4) план мероприятий по улучшению и оздоровлению условий труда в организации.

На *четвертом этапе* — реализация результатов аттестации рабочих мест — аттестационной комиссией с учетом предложений, поступающих от подразделений организации, отдельных работников, разрабатывается план мероприятий по улучшению и оздоровлению условий труда в организации. В плане указываются источники финансирования мероприятий, сроки исполнения и исполнители. План должен предусматривать приведение всех рабочих мест в соответствие с требованиями охраны труда.

План подписывается председателем аттестационной комиссии, и после согласования с комитетом (комиссией) по охране труда, выборным органом первичной профсоюзной организации или иным уполномоченным работниками органом утверждается работодателем и включается в коллективный договор.

После завершения работы по аттестации рабочих мест работодателем или уполномоченным им лицом издается приказ, в котором дается оценка проведенной работы и утверждаются её результаты.

Документы аттестации рабочих мест по условиям труда являются материалами строгой отчетности и подлежат хранению в течение 45 лет.

### 7.3. ПОРЯДОК ОФОРМЛЕНИЯ КАРТЫ АТТЕСТАЦИИ РАБОЧЕГО МЕСТА

После проведения необходимых измерений параметров вредных опасных производственных факторов и составления соответствующих протоколов, оформление протоколов оценки тяжести и напряженности трудового процесса, оценки травмобезопасности рабочего места и оценки обеспечения работников средствами индивидуальной защиты аттестационная комиссия заполняет карту аттестации рабочего места по условиям труда по приведенной ниже форме.

Рекомендации по заполнению карты аттестации рабочих мест по условиям труда приведены в приложении 3 «Порядка проведения

аттестации рабочих мест по условиям труда» (приложение к приказу Минздравсоцразвития от 31.08.2007 № 569).

**7.4. ЗАДАНИЕ НА ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ И СОСТАВЛЕНИЕ ПИСЬМЕННОГО ОТЧЕТА**

Каждому студенту оформить протоколы: 1) оценки травмобезопасности рабочего места; 2) оценки обеспеченности работника средствами индивидуальной защиты; 3) оценки условий труда по показателям напряженности трудового процесса; 4) оценки условий труда по показателям тяжести трудового процесса. Заполнить карту аттестации рабочего места работника, для которого на предыдущих практических и лабораторных занятиях разрабатывалась инструкция по охране труда, проводилось измерение параметров метеоусловий, освещенности, уровней шума, вибрации, или по заданию преподавателя.

*Вариант оформления карты аттестации рабочих мест*

**КАРТА АТТЕСТАЦИИ  
рабочего места по условиям труда № \_\_\_\_\_**

(профессия, должность работника)

Наименование организации \_\_\_\_\_

Адрес организации \_\_\_\_\_

Наименование подразделения \_\_\_\_\_

Наименование участка (бюро, сектор) \_\_\_\_\_

Количество и номера аналогичных рабочих мест (РМ) \_\_\_\_\_

Строка 010. Выпуск ЕТКС, КС \_\_\_\_\_

Строка 020. Количество работающих:

◆ на одном РМ \_\_\_\_\_

◆ на аналогичных РМ \_\_\_\_\_

◆ из них женщин \_\_\_\_\_

Строка 030. Оценка условий труда:

◆ по степени вредности и (или) опасности факторов производственной среды и трудового процесса

Наименование факторов производственной среды и трудового процесса	Класс условий труда
Химический	
Биологический	
АПФД	
Акустические: шум инфразвук ультразвук ультразвук воздушный ультразвук контактный	
Вибрация общая	
Вибрация локальная	
Неионизирующие излучения	
Ионизирующие излучения	
Микроклимат	
Освещение	
Тяжесть труда	
Напряженность труда	
Аэрионный состав воздуха	
Общая оценка условий труда	

- ◆ по травмобезопасности \_\_\_\_\_  
(класс условий труда по травмобезопасности)
- ◆ по обеспеченности СИЗ \_\_\_\_\_  
(рабочее место соответствует (не соответствует) требованиям обеспеченности СИЗ, СИЗ не предусмотрены)

**Фактическое состояние условий труда по факторам производственной среды и трудового процесса\***

№ п/п	Наименование фактора производственной среды и трудового процесса, ед. измерения	Дата проведения измерения	ПДК, ПДУ, допустимый уровень	Фактический уровень фактора производственной среды и трудового процесса	Продолжительность воздействия (часы/%)	Класс условий труда
1	2	3	4	5	6	7

\* Заполняется только при оформлении результатов измерений по конкретному фактору в одном протоколе для группы рабочих мест (прилагается на отдельных листах)

**Строка 040.** Гарантии и компенсации работникам, занятым на тяжелых работах, работах с временными и (или) опасными условиями труда

№ п/п	Вид гарантий и компенсаций	Фактические	По результатам оценки условий труда	
		наличие и размер компенсации	необходимость и размер компенсаций	основание
1	Размер повышения оплаты труда работников в % (факторы, его обуславливающие)*			
2	Дополнительный отпуск (рабочих дней)			
3	Продолжительность рабочей недели (час)			
4	Молоко или другие равноценные пищевые продукты			
5	Лечебно-профилактическое питание			
6	Досрочное назначение трудовой пенсии по старости*			

\* При работе мужчин и женщин в числителе приводятся сведения для мужчин, в знаменателе — для женщин

**Строка 050.** Периодичность медицинских осмотров

Фактическая		Рекомендуемая по результатам оценки условий труда	
периодичность	основание	периодичность	основание

**Строка 060.** Рекомендуемые режимы труда и отдыха:

а) регламентируемые перерывы (количество, продолжительность)

б) другие рекомендации \_\_\_\_\_

**Строка 070.** Рекомендации по подбору работников:

Возможность применения труда

а) женщины \_\_\_\_\_

б) лиц в возрасте до 18 лет \_\_\_\_\_

в) другие рекомендации \_\_\_\_\_

**Строка 080.** Рекомендации по улучшению условий труда, необходимость дополнительных исследований: \_\_\_\_\_

**Строка 090.** Заключение аттестационной комиссии

Рабочее место аттестовано:

по факторам производственной среды и трудового процесса с классом \_\_\_\_\_

(1, 2, 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 4)

по травмобезопасности с классом \_\_\_\_\_

(1, 2, 3)

По обеспеченности СИЗ \_\_\_\_\_

(соответствует (не соответствует) требованиям обеспеченности СИЗ, СИЗ не предусмотрены)

**Председатель аттестационной комиссии**

Должность \_\_\_\_\_  
(подпись) (Ф.И.О.) (дата)

**Члены аттестационной комиссии:**

\_\_\_\_\_  
(подпись) (Ф.И.О.) (должность) (дата)

С результатами оценки условий труда ознакомлен(ы)

_____	_____	_____
(подпись)	(Ф.И.О.)	(дата)
_____	_____	_____
(подпись)	(Ф.И.О.)	(дата)

*Примечание.* Формы протоколов оценки травмобезопасности рабочего места и обеспечения работников средствами индивидуальной защиты приведены в приложениях к приказу Минздравсоцразвития России от 31.08.2007 № 569 «Об утверждении порядка проведения аттестации рабочих мест по условиям труда», а формы протоколов оценки условий труда по показателям тяжести трудового процесса и оценки условий труда по показателям напряженности трудового процесса, а также таблицы с классами условий труда приведены в Руководстве Р 2.2.2006-05.

#### Литература

1. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30 декабря 2001 г. № 97-ФЗ с последующими изменениями и дополнениями.
2. Приказ Минздравсоц развития России от 31.08.2007 № 569 «Об утверждении порядка проведения аттестации рабочих мест по условиям труда».
3. Руководство Р2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда».
4. Постановление Минтруда России от 30 декабря 1997 г. № 69 «Об утверждении типовых норм бесплатной выдачи работникам специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты» с последующими изменениями и дополнениями.
5. Приказ Минздрава России от 28 марта 2003 г. № 126 «Об утверждении перечня вредных производственных факторов, при воздействии которых в профилактических целях рекомендуется употребление молока или других равноценных пищевых продуктов».

6. Постановление Минтруда России от 31 марта 2003 г. № 13 «Об утверждении норм и условий бесплатной выдачи молока и других равноценных пищевых продуктов работникам, занятым на работах с вредными условиями труда».

7. Постановление Минтруда России от 31 марта 2003 г. № 14 «Об утверждении перечня производств, профессий и должностей, работа в которых дает право на бесплатное получение лечебно-профилактического питания в связи с особо вредными условиями труда, рационов лечебно-профилактического питания, норм бесплатной выдачи витаминных препаратов и правил бесплатной выдачи лечебно-профилактического питания».

8. Постановление Совета Министров — Правительства Российской Федерации от 6 февраля 1993 г. № 105 «О новых нормах предельно допустимых нагрузок для женщин при подъеме и перемещении тяжестей вручную».

9. Постановление Минтруда России от 7 апреля 1999 г. № 7 «Об утверждении норм предельно допустимых нагрузок для лиц моложе восемнадцати лет при подъеме и перемещении тяжестей вручную».

10. ГОСТ 12.0.003-74 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

11. Стандарты системы безопасности труда (ССБТ), санитарные правила (СП), гигиенические нормативы (ГН), санитарные правила и нормы (СанПиН), санитарные нормы (СН), строительные нормы и правила (СНиП), правила безопасности (ПБ), правила устройства и безопасной эксплуатации (ПУБЭ), Межотраслевые правила по охране труда (ПОТ Р М) и др.

12. Советский энциклопедический словарь / Под ред. А. М. Прохорова. — М.: Изд-во «Советская энциклопедия», 1982.

#### Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятию «аттестация рабочих мест по условиям труда».
2. Чем регламентируется проведение аттестации рабочих мест?

3. Сформулируйте основные задачи аттестации рабочих мест.
4. Назовите классы условий труда.
5. Сформулируйте основные этапы проведения аттестации рабочих мест.
6. Назовите объекты оценки травмобезопасности рабочих мест.
7. В чем заключается оценка обеспеченности работника средствами индивидуальной защиты?
8. Что включает в себя оценка условий труда на рабочем месте?
9. Периодичность проведения аттестации рабочих мест.
10. Какие документы прилагаются к протоколу аттестации рабочих мест по условиям труда?
11. Что указывается в Плане по улучшению и оздоровлению условий труда в организации?
12. Срок хранения документации по аттестации рабочих мест по условиям труда.

## СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	3
ВВЕДЕНИЕ .....	5
ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ .....	6
<i>Лабораторная работа № 1</i> Исследование метеорологических условий в производственных помещениях .....	6
<i>Лабораторная работа № 2</i> Исследование параметров искусственного освещения производственных помещений .....	34
<i>Лабораторная работа № 3</i> Исследование параметров естественного освещения производственных помещений .....	54
<i>Учебно-исследовательская лабораторная работа № 4</i> Исследование производственного шума и методов борьбы с ним .....	66
<i>Учебно-исследовательская лабораторная работа № 5</i> Исследование производственной вибрации и методы борьбы с ней .....	83
<i>Учебно-исследовательская лабораторная работа № 6</i> Исследование запыленности воздушной среды производственных помещений и оценка эффективности средств пылеулавливания .....	99
<i>Лабораторная работа № 7</i> Исследование загрязнения воздушной среды токсичными (вредными) и взрывчатыми газами .....	125

<i>Лабораторная работа № 8</i>	
Исследование методов очистки воздуха от загрязняющих веществ .....	158
<i>Учебно-исследовательская лабораторная работа № 9</i>	
Исследование методов очистки воды .....	170
<i>Лабораторная работа № 10</i>	
Защита от сверхвысокочастотного излучения .....	185
<i>Лабораторная работа № 11</i>	
Защита от теплового излучения .....	198
<i>Лабораторная работа № 12</i>	
Исследование опасности поражения человека электрическим током при прямом включении в электрическую цепь напряжением до 1000 В .....	212
<i>Лабораторная работа № 13</i>	
Исследование эффективности действия защитного заземления .....	235
<i>Лабораторная работа № 14</i>	
Оценка эффективности действия защитного зануления .....	246
<i>Лабораторная работа № 15</i>	
Исследование условий возникновения и опасности шаговых напряжений и способов защиты от них .....	252
<i>Лабораторная работа № 16</i>	
Исследование работоспособности и характеристик устройства защитного отключения .....	260
<i>Лабораторная работа № 17</i>	
Исследование сопротивления заземлителей растеканию тока .....	265
<i>Лабораторная работа № 18</i>	
Изучение средств и методов дозиметрического контроля ионизирующих излучений .....	280

<b>ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ .....</b>	<b>314</b>
<i>Практическое занятие № 1</i>	
Изучение средств тушения пожара .....	314
<i>Практическое занятие № 2</i>	
Изучение устройств и правил пользования средствами индивидуальной защиты органов дыхания .....	346
<i>Практическое занятие № 3</i>	
Изучение методики и получение навыков оказания первой помощи пострадавшим при несчастных случаях и внезапных заболеваниях .....	384
<i>Практическое занятие № 4</i>	
Исследование психофизиологических характеристик человека с помощью системы «ФОН» .....	409
<i>Практическое занятие № 5</i>	
Изучение порядка расследования, оформления и учета несчастных случаев на производстве .....	422
<i>Практическое занятие № 6</i>	
Разработка инструкций по охране труда для работников .....	454
<i>Практическое занятие № 7</i>	
Проведение аттестации рабочих мест по условиям труда .....	471