

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Государственное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования

«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЕГАЗОВЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

**БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

**Учебное пособие**

*Допущено Учебно-методическим объединением  
вузов Российской Федерации по высшему  
нефтегазовому образованию в качестве  
учебного пособия для вузов нефтегазового  
профиля*

Тюмень 2001

## УДК 502 7 (571.1)

**Безопасность жизнедеятельности и промышленная безопасность:**  
Учебное пособие. Под ред. проф. В.Д. Шантарина - Тюмень: ТюмГНГУ,  
2001. – 283с.

Рассмотрены основные понятия и определения в области безопасности жизнедеятельности, вопросы физиологии, психологии и эргономики, основные вопросы законодательства в области БЖД, вопросы обеспечения промышленной безопасности и деятельности в условиях чрезвычайных ситуаций. Приведены теоретические вопросы, нормативные материалы и методики выполнения лабораторных и практических работ по основным разделам курса "Безопасность жизнедеятельности и промышленная безопасность".

**Автор и составитель Старикова Г.В.** В пособии приведены лабораторные работы, проводимые на кафедре "ПромЭко" ТюмГНГУ, в составлении методических указаний которых принимали участие: В.А. Стариков п.п. 4.3, 7.2, 6,1; Э.Ф. Гурьев п.п. 2.7, 11.7, 15; В.П. Милевский п.9, 16.8; И.В. Шеломенцева п. 6.1; А.В. Двойникова п.8.

Пособие предназначено для студентов всех специальностей ТюмГНГУ и может быть использовано инженерно-техническими работниками, решающими вопросы производственной безопасности.

Ил. 67, табл. 116. Библ. 42 назв.

Рецензенты: начальник отдела охраны труда, государственной экспертизы и сертификации условий труда комитета по труду администрации Тюменской области Н.Г. Заварницын; кафедра «Безопасность жизнедеятельности» Тюменской государственной архитектурной академии профессор В. А. Сапега и старший преподаватель П.Г. Баранцев; заведующий кафедрой "Строительство и ремонт нефтегазовых объектов", профессор В.А. Иванов.

ISBN 5-88465-347-6

© Государственное  
образовательное учреждение  
высшего профессионального  
образования  
"Тюменский государственный

## **ВВЕДЕНИЕ**

Вся совокупность видов человеческой активности образует понятие деятельности. Именно она и отличает человека от всего живого. Деятельностью занимаются все — дети, взрослые, старики. Поэтому безопасность имеет прямое отношение ко всем живым людям.

Выполняя производственную деятельность на конкретном объекте, человек выпускает вредную для здоровья продукцию, производит отходы, может стать причиной аварии, от которой пострадает не только предприятие, но и большое количество людей, не связанных с производством (чернобыльская авария).

Условия труда на рабочих местах формируются задолго до их появления (при проектировании производств, изготовлении средств производства и орудий труда).

Современный человек живет в мире опасностей — природных, техногенных, антропогенных, экологических, социальных и др. Эти виды опасностей взаимодействуют между собой, усугубляя последствия. Число аварий, пожаров, катастроф увеличивается. В них гибнет гораздо больше людей, чем на производстве.

В интересах общества и отдельного человека необходимо рассматривать проблемы безопасности в неведомственной и профессиональной ограниченности. Этому и должны служить безопасность жизнедеятельности и промышленная безопасность, которые базируются на достижениях физиологии, психологии, эргономики, гигиены, охраны труда, экологии, технических дисциплинах, технологии производств и гражданской обороны, дополняя и расширяя их.

В центре внимания курса - человек как самая активная часть общества и его безопасность в процессе производственной деятельности.

В настоящем учебном пособии рассмотрены цели курса, его структура, основная терминология, нормативно-правовая база, изложены теоретические основы и приведены методические указания для проведения лабораторных и практических занятий.

# 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КУРСА

## 1.1. Основные понятия и определения

Деятельность человека осуществляется в техносфере (производственной среде) и среде обитания. Человек имеет ценность не только как рабочая сила, которую нужно беречь в процессе трудовой деятельности, но и как индивидуум, сохраняющий свою непреходящую ценность независимо от выполняемых производственных, трудовых и творческих функций.

**Деятельность** - активное взаимодействие человека со средой обитания, необходимое для существования человеческого общества. Всякая деятельность включает в себя: цель, средство, результат и сам процесс деятельности.

**Среда обитания** - окружающая человека среда, содержащая физические, химические, биологические и социальные факторы, способные оказывать прямое или косвенное воздействие на деятельность человека, его здоровье и потомство.

Всякая деятельность происходит из определенных мотивов и направлена на достижение конкретных целей.

**Мотив** - это субъективное отражение потребностей человека.

Мотивация человека лежит в основе его деятельности.

**Труд** - целенаправленная деятельность человека в обеспечении своих жизненных потребностей. Как только деятельность приобретает цель, она становится трудом. Труд можно рассматривать как насущную необходимость при условии, что он не навязывается и соответствует возможностям и желаниям человека.

**Работа** - это труд по обязанности. Обязанности человек возлагает на себя по долгу и по выбору и рассчитывает на вознаграждение (самовознаграждение) - материальное или моральное. Если обязанности навязаны, и их выполнение не является добровольным, такой труд называется подневольным.

Модель процесса деятельности можно представить в виде взаимодействия двух составляющих: **человек ↔ производство**, имеющих прямые и обратные связи, будь то промышленное производство либо производство обеда на домашней кухне.

Человек создает производство для удовлетворения своих потребностей, влияет на технологический процесс, машины, оборудование, систему управления и т.д., но и производство влияет на человека через окружающую среду. Выбросы вредных веществ, шум, вибрация - эти и другие факторы негативно влияют на биологические системы людей.

**Опасность** - любое явление, угрожающее жизни и здоровью человека.

По своему происхождению опасности бывают *природные, техногенные, антропогенные, экологические и смешанные.*

По локализации: *связанные с литосферой, гидросферой, атмосферой и сферой деятельности человека.*

По приносимому ущербу: *социальные, экономические и экологические.*

По вызываемым последствиям: *утомление, заболевание, травма и летальный исход.*

Согласно ГОСТ 12.0.003 опасности (опасные и вредные производственные факторы ОВПФ) делятся на: *физические, химические, биологические и психофизические (социальные).*

**Физические ОВПФ:** движущиеся машины и механизмы, незащищенные подвижные части производственного оборудования, электрический ток, повышенная или пониженная температура поверхностей, повышенная или пониженная температура окружающей среды, повышенные уровни шума, вибрации, ультразвука, инфразвука, различные излучения запыленность, загазованность воздуха, недостаточная освещенность, пульсация светового потока, взрывы, пожары и многое другое.

**Химические ОВПФ** по характеру воздействия на организм подразделяются на: *общетоксические, раздражающие, сенсibiliзирующие* (вызывающие аллергические заболевания), *канцерогенные* (вызывающие раковые опухоли), *мутагенные* (влияющие на генетический аппарат клетки), *влияющие на репродуктивную функцию.*

**Биологические ОВПФ:** *микроорганизмы* (бактерии, вирусы и т.д.) и *макроорганизмы* (растения и животные), воздействие которых вызывает травмы и заболевания.

**Психофизиологические ОВПФ:** *физические перегрузки* (статические и динамические) и *нервно-психические перегрузки* (умственное перенапряжение, перенапряжение анализаторов слуха, зрения и др.).

Опасности, создаваемые деятельностью человека, имеют два практических качества: они носят потенциальный характер (могут быть, но не приносить вреда) и имеют ограниченную зону воздействия.

Опасности реализуются вследствие различных причин.

**Причина** - событие, предшествующее и вызывающее другое событие, именуемое следствием.

Триада "**опасность - причины - нежелательные последствия**" - это логическая цепочка развития, реализующая потенциальную опасность

в реальный ущерб (последствие). Как правило, этот процесс является многогранным, т.к. включает в себя несколько причин.

Причины, вызывающие необходимость изучения курса БЖД:

- в Российской Федерации около 93% детей рождаются с патологическими отклонениями (мутагенные последствия);
- в 2000 г. в РФ 18,1% общей численности работников работали в условиях, не отвечающих условиям санитарно-гигиенических норм;
- от травм пострадало 151,8 тыс. чел., в том числе 35,1 тыс. женщин и 570 подростков;
- суммарное число пострадавших в расчете на 1000 работающих в 2000 году составило 5,1, в том числе женщин – 2,7, из них погибших на 1000 работающих соответственно – 0,149 и 0,02.
- ежегодно выявляется от 10 – 12 тыс. работников с впервые установленным диагнозом профессиональных заболеваний;
- ежегодно происходит около 450 тыс. пожаров;
- в дорожно-транспортных происшествиях гибнет ежегодно 50-60 тыс. человек.

По данным Фонда социального страхования РФ в 2000 году выплаты по временной нетрудоспособности в связи с несчастными случаями и профзаболеваниями составили свыше 487 млн. руб.

Ни в одном виде деятельности невозможно достичь абсолютной безопасности. Следовательно, можно сформулировать заключение: **любая деятельность потенциально опасна.**

## 1. 2. Понятие риска

**Риск** – количественная характеристика действия опасностей, формируемых конкретной деятельностью человека (число смертельных случаев, заболеваний, случаев временной и стойкой нетрудоспособности (инвалидности)). Значение риска конкретной опасности можно получить из статистики несчастных случаев, заболеваний, случаев насильственного действия на определенное количество людей за определенный промежуток времени: смена, сутки, неделя, квартал, год.

**Квантификация** - это введение количественных характеристик для оценки сложных качественно определяемых понятий. Применяются численные, балльные и другие приемы квантификации.

**Риск** можно выразить как отношение числа тех или иных неблагоприятных последствий (n) к их возможному числу (N).

Например, риск гибели человека на производстве можно определить исходя из того, что на производстве погибает ежегодно около 14 тысяч человек, а численность работающих примерно 138 млн. человек.

$$R = n / N = 14000 / 138000000 = 0,0001 = 1 \cdot 10^{-4}.$$

Различают **индивидуальный, коллективный и социальный риск**.

**Индивидуальный риск** характеризует реализацию опасности определенного вида деятельности для конкретного индивидуума. Для выражения индивидуального риска могут использоваться показатели травматизма и профессиональных заболеваний.

**Коллективный риск** – это травмирование или гибель двух и более человек от воздействия ОВПФ.

**Социальный (групповой) риск** – это зависимость между частотой событий и числом пораженных при этом людей.

Таблица 1.1

Индивидуальный риск фатального исхода в год для населения США

Причины	Риск, R
Автомобильный транспорт	$3 \cdot 10^{-4}$
Падения	$9 \cdot 10^{-5}$
Пожар и ожог	$4 \cdot 10^{-5}$
Утопление	$3 \cdot 10^{-5}$
Отравление	$2 \cdot 10^{-5}$
Огнестрельное оружие	$1 \cdot 10^{-5}$
Станочное оборудование	$1 \cdot 10^{-5}$
Воздушный транспорт	$9 \cdot 10^{-6}$
Водный транспорт	$9 \cdot 10^{-6}$
Падающие предметы	$6 \cdot 10^{-6}$
Электрический ток	$6 \cdot 10^{-6}$
Железная дорога	$4 \cdot 10^{-7}$
Молния	$5 \cdot 10^{-7}$
Все прочие	$4 \cdot 10^{-5}$
Общий риск	$6 \cdot 10^{-4}$
Ядерная энергия	$2 \cdot 10^{-10}$

Процедура определения риска весьма приблизительна. Выделяется четыре методических подхода к определению риска.

1. Инженерный - опирающийся на статистику.
2. Модельный, основанный на построении моделей воздействия вредных факторов на отдельного человека.
3. Экспертный, когда вероятность событий определяется на основе опроса опытных специалистов - экспертов.
4. Социологический, основанный на опросе населения.

Современный мир отверг концепцию абсолютной безопасности и пришел к концепции приемлемого (допустимого) риска, суть которой в стремлении к такой безопасности, которую приемлет общество в данный период времени.

**Приемлемый риск** – это такой уровень смертности, травматизма или инвалидности людей, который не влияет на экономические показатели предприятия, отрасли или государства.

Приемлемый риск сочетает в себе технические, экономические, социальные и политические аспекты и представляет некоторый компромисс между уровнями безопасности и возможностями его достижения. Экономические возможности повышения безопасности не безграничны. Затрачивая чрезмерные средства на повышение безопасности, можно нанести ущерб социальной сфере, например, ухудшить материальную помощь.

В настоящее время по международной договоренности принято считать, что действие техногенных опасностей (технический риск) должно находиться в пределах  $10^{-7}$  –  $10^{-6}$  максимально приемлемым уровнем индивидуального риска смертельных случаев на человека в год.

### **1.3. Понятие безопасности**

**Безопасность** - это состояние деятельности, при которой с определенной вероятностью исключено проявление опасностей.

Под безопасностью понимают систему мер по защите человека от опасностей, формируемых конкретной деятельностью. Чем сложнее деятельность, тем более комплексна система защиты. Комплексная система защиты состоит из правовых, технических, санитарно-гигиенических и лечебно-профилактических мер.

Для обеспечения безопасности должны быть выполнены три условия:

- осуществляется детальный анализ (идентификация) опасностей данной деятельности по качественным, количественным, пространственным и временным показателям;
- разрабатываются эффективные меры защиты человека и среды обитания от выявленных опасностей, которые при минимуме затрат дают наибольший эффект: снижают заболеваемость, травматизм и смертность;
- разрабатываются эффективные меры защиты от последствий возможных аварий: в условиях производства такую работу выполняют службы здравоохранения, противопожарной безопасности и ликвидации аварий и ЧС.

### **1.4. Принципы, методы и средства обеспечения безопасности**

**Принцип** - это идея, мысль, основные положения.

**Метод** - это путь, способ достижения цели, исходящий из наиболее общих закономерностей.

**Средства** - это конструктивное, организационное, материальное воплощение, конкретная реализация принципов и методов.

Принципы, методы и средства - это логические этапы обеспечения безопасности.

Принципов обеспечения безопасности много, их можно классифицировать по нескольким признакам: ориентирующие, инженерно-технические, организационные и управленческие.

#### **Ориентирующие:**

- профориентация;
- профотбор;
- классификации;
- ликвидация опасности;
- снижение опасности;
- категорирование и т.д.

#### **Инженерно-технические:**

- блокировка;
- вакуумирование;
- герметизация;
- защита расстоянием;
- прочность;
- изоляция;
- экранирование;
- безотходные технологии;
- утилизация;
- эргономичность;
- слабого звена
- экологизация; и т.д.

#### **Организационные:**

- защита временем;
- резервирование;
- информирование;
- устранение несовместимости;
- нормирование;
- подбор кадров в группе;
- установление последовательности;
- эстетичность;
- обучение;
- прогнозирование и т.д.

#### **Управленческие:**

- адекватность;
- контроль;
- информация;
- установление ответственности;
- плановость;
- стимулирование;
- обучение;
- законодательное обеспечение и т.д.

Рассмотрим некоторые принципы и дадим примеры их реализации.

**Принцип нормирования** заключается в установлении таких параметров, соблюдение которых обеспечивает защиту человека от соответствующей опасности: предельно допустимые концентрации вредных газов в воздухе рабочей зоны (ПДК, мг/м<sup>3</sup>), продолжительность трудовой деятельности (длительность смены).

**Принцип слабого звена** состоит в том, что в рассматриваемую систему (объект) в целях обеспечения безопасности вводится элемент, который воспринимает или реагирует на изменение соответствующего параметра, предотвращая опасные явления: предохранительные клапаны в

сосудах, работающих под давлением, плавкие вставки в электрических сетях.

**Принцип информации** заключается в наличии у персонала в полном объеме необходимой информации, обеспечивающей соответствующий уровень безопасности: цвета и знаки безопасности, санитарно-технический паспорт предприятия, нормативно-правовые основы безопасности труда.

**Принцип категорирования** состоит в делении объектов на классы и категории по признакам, связанным с опасностями: санитарно-защитные зоны (5 классов), классификация помещений по электроопасности и т.д.

## Методы обеспечения безопасности

**Гомосфера** (homo - человек) - пространство, где находится человек в процессе рассматриваемой деятельности.

**Нокосфера** (нокос - опасность) - пространство, в котором постоянно существуют или периодически возникают опасности.

**С позиции безопасности совмещение гомосферы и нокосферы недопустимо.**

Обеспечение безопасности достигается тремя основными методами.

**Метод А** – пространственное и (или) временное разделение гомосферы и нокосферы. Это достигается автоматизацией, роботизацией, телеуправлением и т.д.

**Метод Б** – нормализация нокосферы путем исключения или уменьшения до минимума опасностей. Это совокупность мероприятий, уменьшающих или исключающих влияние на человека шума, пыли и т.д.

**Метод В** - приемы и средства, направленные на адаптацию человека к соответствующей среде и повышению его защищенности с учетом психофизиологических особенностей. Данный метод реализует возможности профотбора, обучения, инструктажа, обеспечение нормального психологического состояния человека в процессе труда.

Средства обеспечения безопасности делятся на **средства индивидуальной (СИЗ) и коллективной защиты (СКЗ)**.

В свою очередь СИЗ и СКЗ делятся на классы. При этом СКЗ классифицируют в зависимости от ОВПФ (средства защиты от шума, вибрации, электростатических зарядов и т.д.), а СИЗ, в основном – в зависимости от защищаемых органов (средства защиты органов дыхания, рук, головы, лица, глаз и т.д.).

По техническому исполнению СКЗ подразделяются на: ограждающие, блокировочные, тормозные, предохранительные устройства, световая и звуковая сигнализация, приборы безопасности, цвета сигнальные, знаки безопасности, устройства автоматического

контроля, дистанционного управления, заземление, зануление, вентиляция, отопление, освещение, изолирующие, герметизирующие средства и др.

К СИЗ относятся противогазы, респираторы, спецодежда и обувь, рукавицы, перчатки, каски, шлемы, противοшумные наушники, защитные очки, вкладыши, предохранительные пояса, дерматологические средства и др. СИЗ рассматривают как вспомогательные и временные меры защиты от ОВПФ.

## 2. ЧЕЛОВЕК В СИСТЕМЕ "ЧЕЛОВЕК-СРЕДА"

### 2.1. Основные формы деятельности

Деятельность человека по характеру выполняемых функций можно разделить на три основные группы (рис 2.1).

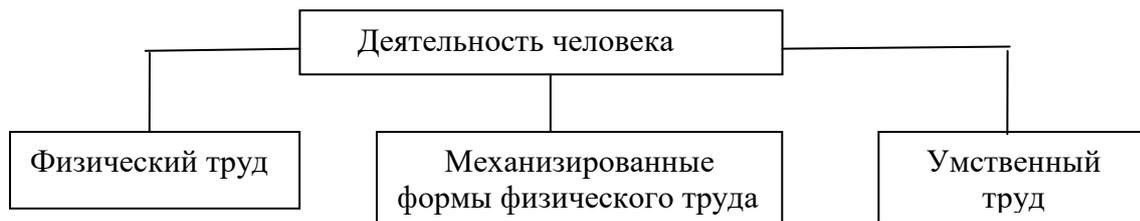


Рис. 2.1. Основные формы деятельности человека

**Физическим трудом** называют выполнение человеком энергетических функций в системе "человек – орудие труда".

Физическая работа требует значительной мышечной активности. Она подразделяется на: динамическую и статическую.

Динамическая физическая работа, при которой в процессе трудовой деятельности задействовано более  $2/3$  мышц человека, называется **общей**, от  $2/3$  до  $1/3$  – **региональной**, менее  $1/3$  мышц - **локальной** (например, набор текста на компьютере).

Физическая тяжесть работы определяется энергетическими затратами и подразделяется на **легкую Ia** (выполняемую в основном сидя и связанную с незначительными усилиями) - энергозатраты до 139 Вт и **Iб** (проводимую сидя, стоя и связанную с ходьбой) с энергозатратами 140 – 174 Вт; **средней тяжести IIa** (работы, связанные с постоянной ходьбой, перемещением мелких (до 1 кг) изделий в положении стоя или сидя и стоя) с затратой энергии 175 – 232 Вт; **IIб** (работа, связанная с ходьбой и перемещением тяжестей до 10 кг) – затраты энергии 233 – 290 Вт и **тяжелую III** (связанную с постоянной ходьбой и перемещением тяжестей свыше 10 кг и требующую больших усилий) – затраты энергии более 290 Вт.

**Механизированные формы физического труда в системе "человек-машина"**. Человек выполняет умственные и физические функции. Деятельность человека происходит по одному из процессов:

**детерминированному** – по заранее известным правилам, инструкциям, алгоритму, жесткому технологическому графику и т.п.;

**недетерминированному** – когда возможны неожиданные события в выполняемом технологическом процессе, неожиданное появление сигналов, при этом известны правила и инструкции для их выполнения.

Различают несколько типов операторской деятельности в зависимости от функций и доли мыслительной и физической загрузки, включенных в операторскую работу.

**Оператор – технолог** работает в режиме немедленного обслуживания, руководствуясь инструкциями, содержащими полный набор ситуационных решений (операторы технологических процессов, автоматических линий и т.п.).

**Оператор – манипулятор** (машинист). К числу его функций относится управление отдельными машинами и механизмами.

**Оператор – наблюдатель, контролер** (диспетчер технологической линии или транспортной системы). Оператор работает в режиме как немедленного, так и отсроченного обслуживания. В его деятельности используются понятия и опыт, заложенные в образно-концептуальных моделях.

**Операторский труд** – отличается большой ответственностью и высоким нервно-эмоциональным напряжением.

**Умственный труд (интеллектуальная деятельность)** – связана с приемом и переработкой информации и требует напряжения внимания, сенсорного аппарата, памяти, мышления, эмоций (управление, творчество, преподавание, наука, учеба и т.п.).

**Управленческий труд** характеризуется большим объемом информации, дефицитом времени для ее переработки, личной ответственностью за принятие решений, периодическим возникновением конфликтных ситуаций.

**Творческий труд** требует значительного объема памяти, напряжения внимания, нервно-эмоционального напряжения.

**Труд преподавателя** включает постоянный конфликт с людьми, повышенную ответственность, дефицит времени и информации для принятия решения, это обуславливает высокую степень нервно-эмоционального напряжения.

**Труд учащегося** требует памяти, внимания, восприятия информации и характеризуется наличием стрессовых ситуаций.

При интенсивной интеллектуальной деятельности потребность мозга в энергии повышается, составляя (15 -20%) от общего объема в организме. Суточный расход энергии составляет (10,5 - 12,5) МДж. Так, при чтении вслух расход энергии повышается на 48 %, при выступлении с публичной лекцией - на 94 %, у операторов вычислительных машин - на 60-100 %.

При выполнении человеком умственной работы при нервно-эмоциональном напряжении имеют место сдвиги в вегетативных функциях человека: повышается кровяное давление, изменяется ЭКГ, увеличивается легочная вентиляция и потребление кислорода, повышается температура тела. По окончании умственной работы утомление остается дольше, чем после физической.

Тяжесть и напряженность труда. *Тяжесть* является количественной характеристикой физического труда, а *напряженность* - умственного, она определяется величиной эмоциональной нагрузки.

На производстве различают четыре уровня воздействия факторов условий труда на человека:

- комфортные условия труда, обеспечивающие оптимальную работоспособность и сохранение здоровья;
- относительно дискомфортные условия труда, обеспечивающие заданную работоспособность и сохранение здоровья, но вызывающие субъективные ощущения и функциональные изменения, не выходящие за пределы нормы;
- экстремальные условия, приводящие к снижению работоспособности, вызывая функциональные изменения, но не приводящие к патологическим изменениям;
- сверхэкстремальные условия труда, приводящие к патологическим изменениям и потере трудоспособности.

При оценке тяжести физического труда используют показатели динамической и статической нагрузки.

Показатели динамической нагрузки:

- масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную;
- расстояние перемещения груза;
- мощность выполняемой работы: при работе с участием мышц нижних конечностей и туловища, с преимущественным участием мышц плечевого пояса;
- мелкие стереотипные движения кистей и пальцев рук (количество за смену);
- перемещение в пространстве (переходы, обусловленные технологическим процессом), км.

Показатели статической нагрузки:

- масса удерживаемого груза, кг;
- продолжительность удерживания груза, с;
- статическая нагрузка за рабочую смену, Н. (при удержании груза одной рукой, двумя руками, с участием мышц корпуса и ног);
- рабочая поза, нахождение в наклонном положении, процент сменного времени;
- вынужденные наклоны корпуса (более 30°), количество за смену;

- линейный пространственный компоновочный параметр рабочего места и производственного оборудования, мм;
- угловой пространственно-компоновочный параметр элементов производственного оборудования и рабочего места (угол обзора);
- сопротивление органов управления, Н (усилия, необходимые для их перемещения).

## 2.2. Работоспособность человека

**Работоспособность** - это поддержание заданного уровня деятельности в течение определенного времени, обусловленная внешними и внутренними факторами.

**Внешние** – количество и форма представления информации, характеристика рабочей среды (удобство рабочего места, освещенность, температура и т.д.), взаимоотношения в коллективе.

**Внутренние** – уровень подготовки, тренированность, эмоциональная устойчивость. Предел работоспособности называют **динамикой**.

Вся трудовая деятельность протекает по фазам (см. рис. 2.2).

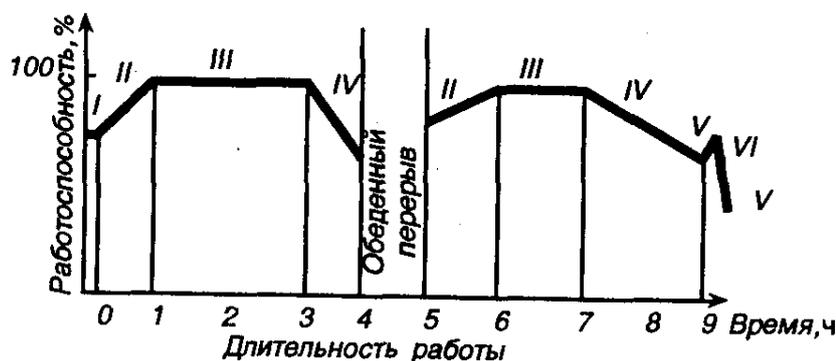


Рис. 2.2. Фазы работоспособности человека в течение рабочего дня

I. Предрабочее состояние (фаза мобилизации).

II. Вrabатываемость или стадия нарастающей трудоспособности. Длительность периода вrabатываемости может быть разной (от нескольких минут до двух - трех часов), в зависимости от опыта, возраста, интенсивности работы, тренированности, отношения к работе.

III. Период устойчивой работоспособности, его длительность составляет 2/3 времени работы. Эффективность труда в это время максимальная.

IV. Период утомления – снижение продуктивности, замедление скорости реакции, появление ошибок, физиологическая усталость.

V. Период возрастания продуктивности за счет эмоционально-волевого напряжения.

VI. Период прогрессивного снижения работоспособности и эмоционально-волевого напряжения.

VII. Период восстановления. Продолжительность его определяется тяжестью проделанной работы, величиной кислородного голодания, величиной сдвигов в нервно-мышечной системе (от 5 минут до нескольких дней).

В течение суток работоспособность также изменяется (рис. 2.3). В ней можно выделить три интервала. 1 - с 6 до 15 ч, во время которого работоспособность постепенно повышается и достигает максимума к 10 - 12 часам; во 2-м - с 15 до 22 часов, работоспособность повышается, достигая максимума к 18 часам, а затем уменьшается до 22 ч. В 3-й интервал (22- 6 ч) работоспособность существенно снижается, достигая минимума около 3 часов утра, затем начинает возрастать, оставаясь при этом ниже среднего уровня.

Работоспособность меняется также и по дням недели. Понедельник - вработывание, вторник, среда, четверг - высокая работоспособность, пятница и особенно суббота - развивающееся утомление (рис 2.4).

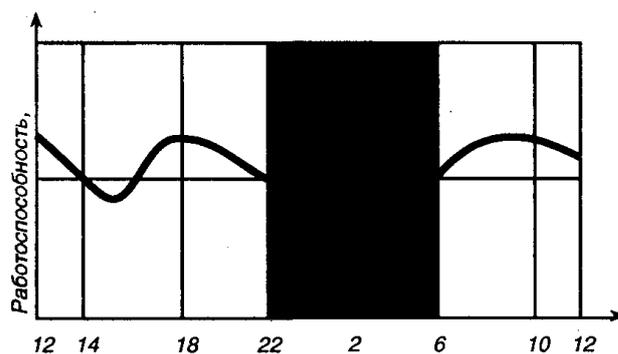


Рис. 2.3. Колебания работоспособности в течение суток

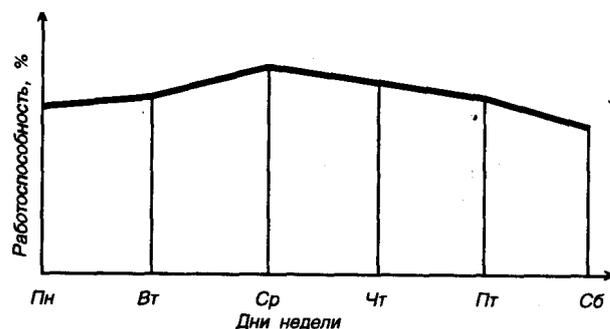


Рис. 2.4. Колебания работоспособности в течение недели

### 2.3. Эргономические основы БЖД

**БЖД** — комплексная дисциплина, опирающаяся на данные смежных наук. Одной из таких наук является *эргономика*. Термин "эргономика"

предложен польским ученым Ястшембовским, опубликовавшим в 1875г. работу "Черты эргономики, то есть науки о труде".

**Эргономика** изучает функциональные возможности человека в процессе деятельности с целью создания таких условий, которые делают деятельность эффективной и обеспечивают комфорт для человека. Другими словами, речь идет об определенных совместимостях характеристик человека, машины и среды.

Специалисты в области эргономики выделяют пять видов совместимостей, обеспечение которых гарантирует успешное функционирование системы: информационную, биофизическую, энергетическую, пространственно-антропометрическую и технико-эстетическую.

**Информационная совместимость.** В сложных системах оператор обычно непосредственно не управляет физическими процессами. Зачастую он удален от места их выполнения на значительные расстояния, и оператор видит показания приборов, экранов, мнемосхем, слышит сигналы, свидетельствующие о ходе процесса. Все эти устройства называют средствами отображения информации (СОИ). При необходимости оператор пользуется рычагами, ручками, кнопками, выключателями и другими органами управления, в совокупности образующими сенсомоторное поле. СОИ и сенсомоторные устройства - так называемая информационная модель машины (комплекса). Через нее оператор и осуществляет управление самыми сложными системами.

Задача эргономики состоит в том, чтобы обеспечить создание такой информационной модели, которая отражала бы все нужные характеристики машины в данный момент и в то же время позволяла бы оператору безошибочно принимать и перерабатывать информацию, не перегружая его внимание и память. Иначе говоря, информационная модель должна соответствовать психофизиологическим возможностям человека.

**Биофизическая совместимость** подразумевает создание такой окружающей среды, которая обеспечивает приемлемую работоспособность и нормальное физиологическое состояние оператора. Предельные значения для многих факторов окружающей среды установлены законодательством, но они не всегда увязаны с функциональными задачами оператора. Поэтому при разработке машин появляется необходимость специального исследования параметров шума, вибрации, освещенности, воздушной среды и т.д.

Силовые и энергетические параметры человека имеют определенные границы. Для приведения в действие сенсомоторных устройств (рычагов, кнопок, переключателей и т.п.) могут потребоваться очень большие или чрезвычайно малые усилия. И то и другое плохо. В первом случае человек будет уставать, что может привести к нежелательным последствиям в

управляемой системе. Во втором случае возможно снижение точности работы системы, так как оператор не почувствует сопротивления рычагов.

**Энергетическая совместимость** предусматривает согласование органов управления машиной с оптимальными возможностями оператора в отношении прилагаемых усилий, затрачиваемой мощности, скорости и точности движения.

**Пространственно-антропометрическая совместимость** предполагает учет размеров тела человека, возможности обзора внешнего пространства, положения (позы) оператора в процессе работы. При решении этой задачи определяют объем рабочего места, зоны досягаемости для конечностей оператора, расстояние от оператора до приборного пульта и др. Некоторая сложность обеспечения этой совместимости заключается в том, что антропометрические показатели у людей разные. Сиденье, удовлетворяющее человека среднего роста, может оказаться крайне неудобным для человека низкого или очень высокого. Как поступать в таких случаях? Ответ на этот вопрос дает эргономика.

**Технико-эстетическая совместимость** заключается в обеспечении удовлетворенности человека от общения с машиной, от процесса труда. Всем знакомо положительное ощущение при пользовании изящно выполненным прибором или устройством. Для решения многочисленных и чрезвычайно важных технико-эстетических задач эргономика привлекает художников-конструкторов, дизайнеров.

## 2.4. Антропометрические характеристики человека

При проектировании безопасных условий труда: пространственную организацию рабочего места, зоны досягаемости и видимости, конструктивные параметры - учитывают размеры тела человека и его отдельных частей.

Антропометрические характеристики (АХ) подразделяются на **динамические и статические** (рис 2.5).

**Динамические АХ** используются для определения объема рабочих движений, зон досягаемости (см. табл. 2.1 и рис. 2.6), по ним рассчитывают пространственную организацию рабочего места.

**Статические АХ** могут быть линейными и дуговыми.

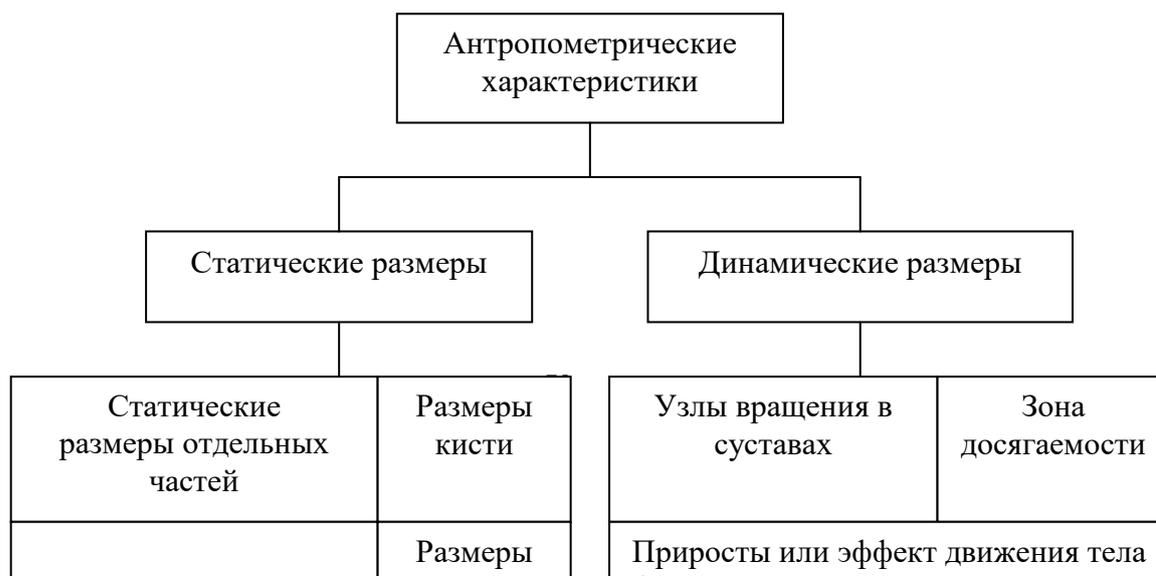
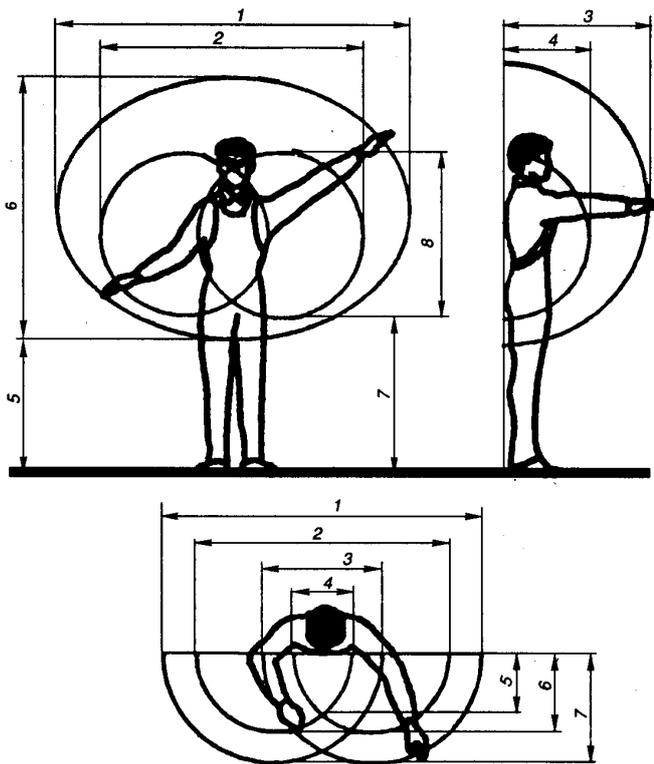


Рис. 2.5. Классификация антропометрических характеристик



б)

Рис. 2.6. Зоны досягаемости (1-8) рук человека в вертикальной (а) и горизонтальной (б) плоскости

Размеры зон досягаемости рук человека Таблица 2.1

Номер позиции на рис. 2.6	В вертикальной плоскости		В горизонтальной плоскости	
	для женщин	для мужчин	для женщин	для мужчин
1	1400	1550	1370	1550
2	1100	1350	1100	1350
3	730	800	660	720
4	430	500	200	240
5	630	700	200	240
6	1260	1400	300	335
7	680	770	480	550

8	720	800	–	–
---	-----	-----	---	---

Известно, что поза "стоя" требует больших энергетических затрат и менее устойчива из-за поднятого центра тяжести, поэтому быстрее наступает утомление (см. рис.2.7).

В позе "сидя" резко уменьшается высота центра тяжести над точкой опоры, поэтому возрастает устойчивость тела и сокращаются энергозатраты для ее поддержания, поэтому она менее утомительна (см. рис.2.7, поза б и г).

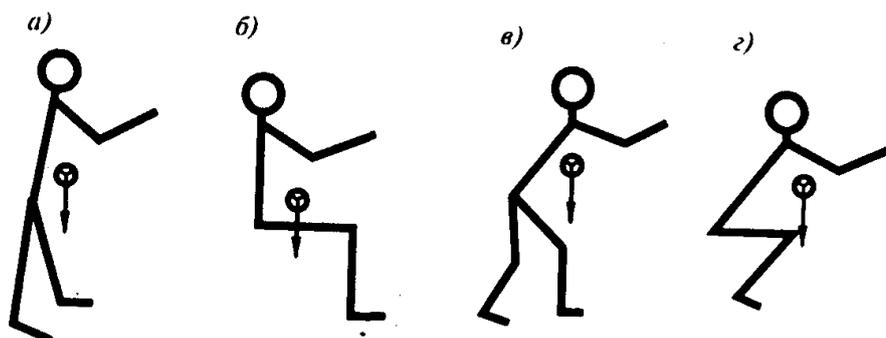


Рис. 2.7. Схема биомеханического анализа устойчивой (а и б) и неустойчивой (в и г) рабочих поз; а, в - стоя; б, г - сидя.

Рабочая поза выбрана правильно, если проекция общего центра тяжести лежит в пределах площади опоры. Если центр тяжести выходит за границы площади опоры, то мышечные усилия возрастают.

Если в процессе работы действует небольшая группа мышц, то предпочтительнее поза "сидя", при работе большой группы мышц - поза "стоя".

Длительные статические напряжения мышц могут вызвать быстрое утомление, снижение работоспособности, профзаболевания (искривление позвоночника, расширение вен, плоскостопие) и травматизм.

Наиболее важными моментами в выборе позы являются:

- применяемые усилия в процессе работы;
- степень подвижности;
- величина рабочей зоны и соотношение антропометрических характеристик и рабочего пространства.

Пространство рабочего места делится на рабочие зоны (см. рис. 2.8, а и б).

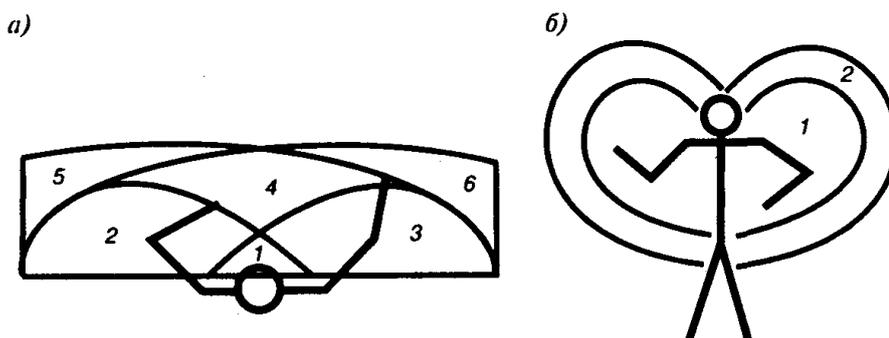


Рис. 2.8. Структурная схема рабочих зон

Конструирование рабочих зон определяется оптимальным полем зрения и дугами, которые может описывать рука, поворачивающаяся в плече или локте на уровне рабочей поверхности. Движением рук управляет мозг в соответствии с коррекцией глаз, поэтому пространство должно быть обозреваемо.

В соответствии с рабочими зонами и антропометрическими данными проектируются рабочие места в любом производственном процессе и любые механизмы и машины, обслуживаемые человеком.

Органы управления могут быть ручными и ножными, но предпочтительнее ручное управление. Движение рук к себе менее точно, но быстрее, от себя - медленнее, но точнее. Если органы управления не требуют усилий, то оператор не чувствует рукоятки и действует неточно. Поэтому момент сопротивления рукоятки должен быть (3,0 – 16,7) Н·м. Для ножных педалей при полном их нажатии момент сопротивления должен составлять (20 – 80) Н·м. Ножные органы управления используют тогда, когда требуются большие усилия и небольшая точность.

При ручном управлении максимальные усилия прилагаются к рычагам, расположенным на уровне плеча стоящим оператором и на уровне локтя - сидящим, поэтому часто используемые органы управления следует располагать между локтем и плечом.

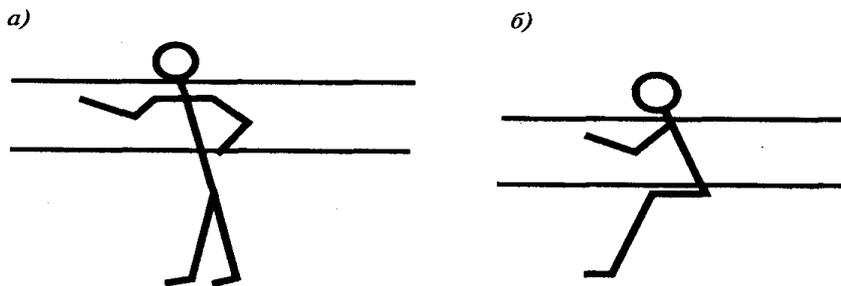


Рис. 2.9. Зона размещения органов управления:  
а - поза "стоя"; б - поза "сидя"

## 2.4. Физиологические характеристики человека

**Анализаторы.** Для поддержания системы "человек - производство" в безопасном состоянии необходим постоянный прием и анализ информации о характеристиках внешней среды и внутренних систем организма, согласованность действий человека с элементами среды. Человек осуществляет непосредственную связь с окружающей средой при помощи анализаторов - подсистем центральной нервной системы (ЦНС), обеспечивающих прием и анализ информационных сигналов. Информация, поступающая через анализаторы, называется *сенсорной* (от

лат. *sensus* – чувство, ощущение), а процесс ее приема и первичной переработки - *сенсорным восприятием*.

Функциональная схема анализатора представлена на рис. 2.10.

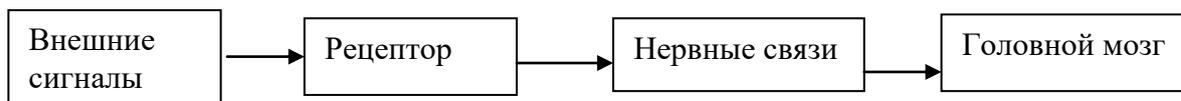


Рис. 2.10. Функциональная схема анализатора

Сигналы воспринимаются рецепторами, находящимися в органах чувств, либо во внутренних системах и органах. Проводящие нервные пути соединяют рецепторы с соответствующими зонами головного мозга.

В зависимости от принимаемых сигналов анализаторы делятся на внешние и внутренние.

**Внешние:** зрительный (рецептор – глаз); слуховой (рецептор – ухо); тактильный, болевой, температурный (рецепторы кожи); обонятельный (рецептор в носовой полости); вкусовой (рецепторы на поверхности языка и неба).

**Внутренние:** анализатор давления; кинестатический (рецепторы в мышцах и сухожилиях; вестибулярный; специальные, расположенные во внутренних органах и полости тела).

Основной характеристикой анализатора является **чувствительность** - это способность живого организма воспринимать действие раздражителей, находящихся во внешней или внутренней среде. Она определяется величиной **порога ощущения** - чем ниже порог, тем выше чувствительность. Различают абсолютную и дифференциальную чувствительность и, соответственно, абсолютный и дифференциальный порог ощущения.

**Абсолютный порог чувствительности** - это минимальная сила раздражения, способная вызвать появление реакции.

**Дифференциальный порог чувствительности** - это минимальная величина, на которую нужно изменить раздражение, чтобы вызвать изменения ощущения. Психофизиологическими опытами установлено, что величина ощущений изменяется медленнее, чем сила раздражителя. Интенсивность ощущений выражается психофизиологическим **законом Вебера-Фехнера**, приближенно выражающимся формулой:

$$E = k \lg J + C, \quad (2.1)$$

где E - интенсивность ощущений;

J - интенсивность раздражителя;

k и C - константы.

Время, проходящее от начала воздействия раздражителя до появления ощущений, называют *латентным периодом*.

Величина латентного периода (сек) для различных анализаторов следующая:

тактильный (прикосновение).....	0,09 – 0,22
слуховой (звук).....	0,12 – 0,18
зрительный (свет).....	0,15 – 0,22
обонятельный (запах).....	0,31 - 0,39
температурный (тепло, холод).....	0,28 - 1,60
вестибулярный аппарат (при вращении) .....	0,40
болевой (рана).....	0,13 – 0,89

Каждому типу анализаторов, в зависимости от времени действия, присуща адаптация (привыкание) и сенсбилизация (повышение чувствительности).

Функционирование разных анализаторов существенно изменяется под влиянием неблагоприятных условий (температура, вибрации, перегрузки, невесомость, утомление и др.).

Чтобы обеспечить надежность деятельности человека при приеме и анализе сигналов в любых условиях, рекомендуется использовать не абсолютные и дифференциальные пороги чувствительности анализаторов, а оперативные, характеризующие оптимальную различимость сигналов (обычно в 10 – 15 раз выше абсолютных и дифференциальных).

**Зрительный анализатор.** 90% информации о внешнем мире человек получает через зрительный анализатор. Прием и анализ информации происходит в световом диапазоне электромагнитных волн – 380 – 760 нм. Цветовое ощущение вызывается действием световых волн различной длины. Система зрения человека состоит из двух глаз, зрительного - нервного пути (нейроны) и центра в зрительной зоне затылочной области коры больших полушарий мозга.

Глаз различает семь основных цветов и более сотни оттенков.

**Поле зрения** состоит из центральной области бинокулярного зрения, обеспечивающего стереоскопичность изображения. Его границы у отдельных индивидуумов зависят от анатомических факторов (расстояния между зрачками). Оно охватывает угол 120 – 180° по горизонтали, по вертикали вверх 55 – 60° и вниз 65 – 72°. Опознание взаимного расположения и форм объектов возможно на границах: вверх – 25, вниз – 35, вправо и влево – по 32° от оси зрения. В поле бинокулярного зрения предметы обнаруживаются, но не распознаются. Точное распознавание предмета и восприятие сигнала возможно только в поле зрения размером 3° от оси во все стороны.

**Чувствительность к яркостному контрасту** является основным показателем зрения. Его порог (наименьшая воспринимаемая яркость)

зависит от среднего уровня яркости в поле зрения и ее равномерности. Оптимальный порог существует при естественном освещении.

**Острота зрения** или минимальная способность раздельного восприятия - это способность различать и воспринимать раздельно мелкие детали. Она характеризуется минимальным углом, под которым две точки видны как раздельные. Острота зрения зависит от освещенности, контрастности, формы объекта и других факторов. При оптимальной освещенности (100 - 700 люкс) порог разрешения составляет от 1° до 5 мин. Зависит от тех же условий, что и контрастное восприятие, и от угла зрения.

**Цветовосприятие** или хроматическое зрительное восприятие является способностью различать цвета предметов. Цветовое зрение - это одновременно физическое, физиологическое и психологическое явление, которые заключаются в способности глаза реагировать на воздействие излучений различной длины волны в специфическом восприятии этих излучений. Различаются **ахроматические цвета** (белый, состоящий из всех видимых длин волн, а также серый и черный) и **хроматические цвета** (включает семь простых цветов спектра).

Различные заболевания зрения или центральной нервной системы могут приводить к **цветовой слепоте**. Цветовое зрение обладает способностью меняться под воздействием применяемых химических веществ. Так, например, употребление табака приводит к дефектам цветоощущения в красно-зеленой зоне, адреналин усиливает чувствительность к зеленому цвету, ослабляет чувствительность к красному и оранжевому, антибиотики приводят к дефектам цветоощущения в синей, а затем зеленой зоне; кофеин, кофе, кока-кола ослабляют чувствительность к синему, усиливают красный цвет; наркотологические анальгетики: опиум, морфин - приводят к дефекту в красно-зеленой зоне, усилению видения синего цвета.

**Слуховой анализатор.** С помощью звукового сигнала человек получает 10 % информации.

Слуховой анализатор способен:

- быть готовым к восприятию информации в любой момент времени;
- воспринимать звуки в широком диапазоне частот и выделять необходимые;
- устанавливать со значительной точностью место расположения звукового источника.

Наиболее часто звуковые сигналы применяются для сосредоточения внимания человека (предупреждение об опасности).

С физической точки зрения звук представляет собой механические колебания упругих тел и акустические колебания при движении частиц твердой, газообразной или жидкой среды относительно занимаемого ими положения равновесия, способные восприниматься органами слуха.

Частоты слышимого звука, находящиеся в диапазоне от 16 до 20000 Гц, т.е. выше верхнего предела восприятия для человека с нормальным слухом, называются ультразвуком, а звук в диапазоне ниже 16 Гц - инфразвуком.

Основными параметрами звуковых сигналов (колебаний) являются:

- интенсивность (амплитуда) - громкость;
- частота и форма, выражаются как высота и тембр.

Интенсивность (сила) звука ( $\text{Вт/м}^2$ ) определяется плотностью звуковой энергии и возникающим при этом давлением, Па.

Для характеристики величин, определяющих восприятие звука, как правило, используется не интенсивность звука ( $J$ ) и звуковое давление  $P$ , а их отношения к пороговым значениям ( $J_0 = 10^{-12} \text{ Вт / м}^2$  или  $P_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Па}$ ). В качестве таких относительных единиц используют децибелы (дБ).

$$L = 10 \lg (J / J_0) = 20 \lg (P / P_0), \quad (2.2)$$

где  $J$  и  $P$  – соответственно интенсивность и уровень звукового давления.

Интенсивность звука уменьшается обратно пропорционально квадрату расстояния; при удвоении расстояния ( $J$ ) снижается на 6 дБ. Пользоваться шкалой децибел удобно, так как весь звуковой диапазон укладывается в шкалу 140 дБ.

Шум может мешать восприятию речи (эффект "маскировки"), вызывать раздражение, ослаблять внимание, способствовать увеличению выделения гормонов, следствием чего является снижение производительности, утомление и другие нарушения здоровья, не относящиеся непосредственно к воздействию на органы слуха (например, физиологическое воздействие шума вызывает нарушение сна и стрессовые реакции). Поэтому по рекомендации Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), для сохранения процесса восстановления слуха, уровень звука не должен превышать 35 дБ(А).

Для характеристик шума используют понятия: **нижний предел чувствительности** - порог слышимости на различных частотах - наименьший уровень звука, ощущаемый слуховым анализатором; **верхний предел слышимости** - порог болевого ощущения, при котором барабанные перепонки ощущают болевой эффект, составляющий 130 - 140 дБ.

Слышимость а следовательно, и обнаруживаемость звукового сигнала зависит от длительности его звучания. Сигнал должен длиться не менее 0,1 с. Важным условием восприятия является различие длительности и интенсивности отдельных звуков и их комбинаций. Восприятие речевых сообщений зависит от темпа их передачи и наличия интервалов между словами и фразами. Оптимальным считается темп 120 слов / мин. Интенсивность речевых сигналов должна превышать интенсивность шумов на

6,5 дБ.

**Кожный анализатор.** На коже расположены рецепторы для восприятия прикосновения, боли, тепла, холода, вибрации. Количество различных рецепторов на каждом участке кожи различно. Так, плотность размещения рецепторов на тыльной стороне кисти составляет: болевых – 188, осязательных – 144, холодовых – 7 и тепловых – 0,5 на см<sup>2</sup> поверхности; на грудной клетке соответственно – 196; 29,9 и 0,3.

**Тактильный анализатор** воспринимает ощущения, возникающие при действии на кожную поверхность различных механических стимулов (*прикосновение, давление*). Абсолютный порог тактильной чувствительности определяется по тому минимальному давлению предмета на кожную поверхность, которое производит едва заметное ощущение прикосновения.

Примерные пороги ощущения: для кончиков пальцев руки - 3, на тыльной стороне пальца - 5, на тыльной стороне кисти - 12, на животе - 26 и на пятке - 250. Порог различения в среднем равен примерно 0,07 исходной величины давления. Наиболее высоко развита чувствительность на дистальных частях тела. Примерные пороги ощущений: для кончиков пальцев руки – 3 г/мм<sup>2</sup>; на тыльной стороне пальца – 5 г/мм<sup>2</sup>; на тыльной стороне кисти – 12 г/мм<sup>2</sup>; на пятке – 250 г/мм<sup>2</sup>.

Тактильный анализатор обладает высокой способностью к пространственной локализации. Временной порог тактильной чувствительности - менее 0,1 с. Характерной особенностью тактильного анализатора является быстрое развитие адаптации, т.е. исчезновение чувства прикосновения или давления. Время адаптации зависит от силы раздражителя и для различных участков тела изменяется в пределах (2 ÷ 20) с. При ритмических прикосновениях к коже каждое из них воспринимается как отдельное, пока не достигает критической частоты в (5 ÷ 20) Гц.

**Вибрационная чувствительность** обусловлена теми же рецепторами, что и тактильная. Вибрация высокой интенсивности при продолжительном воздействии приводит к серьезным изменениям деятельности всех систем организма и при определенных условиях может вызывать тяжелые заболевания. При небольшой интенсивности и длительности воздействия вибрация может быть полезна: уменьшает утомляемость, повышает обмен веществ, увеличивает мышечную силу. Диапазон ощущений вибрации высок: от 1 до 12000 Гц. Наиболее высока чувствительность к частоте

(200-250) Гц. При ее увеличении и уменьшении вибрационная чувствительность снижается. Пороги вибрационной чувствительности различны для различных участков тела. Наибольшей чувствительностью обладают участки тела, которые более удалены от жизненно важных органов (например, кисти рук).

**Болевая чувствительность.** Этот вид чувствительности обусловлен воздействием на поверхность кожи механических, тепловых, электрических и других раздражителей. В эпителиальном слое кожи имеются свободные нервные окончания, которые являются специализированными болевыми рецепторами. Между тактильными и болевыми рецепторами существуют противоречивые отношения. Проявляются они в том, что наименьшая плотность болевых рецепторов приходится на те участки кожи, которые наиболее богаты тактильными рецепторами, и наоборот. Противоречие обусловлено различием функций рецепторов в жизни организма. Болевые ощущения вызывают оборонительные рефлексы, в том числе, рефлекс удаления от раздражителя. Тактильная чувствительность интимно связана с ориентировочными рефлексами, в частности, это вызывает рефлекс сближения с раздражителем.

Биологический смысл боли в том, что она, являясь сигналом опасности, мобилизует организм на борьбу за самосохранение. Под влиянием болевого сигнала перестраивается работа всех систем организма и повышается его реактивность.

Порог болевой чувствительности кожи живота составляет 20, а кончиков пальцев -  $300 \text{ г/мм}^2$ . Латентный период составляет около 370 мс, а критическая частота слияния дискретных болевых раздражителей  $\sim 3 \text{ Гц}$ . В области боли основной психофизический закон не действует. Здесь наблюдается почти прямая зависимость между ощущением и раздражением в диапазоне до порога чувствительности.

Температурная чувствительность свойственна организмам, обладающим постоянной температурой тела, обеспечиваемой внутренней терморегуляцией. Температура кожи несколько ниже температуры тела и различна для отдельных участков (на лбу, например, 34-35; на лице 20-25; на животе – 34; на стопах ног – 25-27) °С. Средняя температура свободных от одежды участков кожи равна (30-32) °С.

В коже человека обнаружено два рода рецепторов. Одни реагируют только на холод, другие - только на тепло. Пространственные пороги зависят от стимулирующих факторов: при контактном воздействии, например, ощущение возникает уже на площади в  $1 \text{ мм}^2$ , при лучевом - начиная с  $700 \text{ мм}^2$ . Латентный период температурного ощущения равен примерно 250 мс. Абсолютный порог температурной области чувствительности определяется по минимальному ощущаемому изменению температуры участков кожи относительно физиологического нуля, т.е. собственной температуры данной области кожи. Для тепловых рецепторов он равен примерно  $0,2 \text{ }^\circ\text{C}$ , для холодных -  $0,4 \text{ }^\circ\text{C}$ . Порог различительной чувствительности - около  $1 \text{ }^\circ\text{C}$ .

**Кинестатический анализатор** обеспечивает ощущение положений и движений тела и его частей. Имеется три вида рецепторов, воспринимающих:

1. Растяжение мышц и их расслабление – "мускульные веретена".
2. Сокращения мышц - сухожилия.
3. Положение суставов.

Возможности двигательного аппарата должны учитываться при конструировании защитных устройств и органов управления. Сила сокращения мышц колеблется от 450 до 650 Н, а при соответствующей тренировке может достигать 900 Н. Сила сжатия, в среднем равная 500 Н, а правой и левой руки 450 Н и может быть увеличена в 2 и более раз. Ниже приведены значения оптимальных усилий на органы управления.

Диапазон скоростей, развиваемых движущимися руками человека, находится в пределах (0,01 – 8000) см/с. Наиболее часто используют скорости порядка (5 – 800) см/с. Скорость зависит от направления движения: вертикальное движение рукой осуществляется быстрее, чем горизонтальное; движение к себе совершается быстрее, чем от себя.

Скорость движения больше сверху вниз, чем снизу вверх; вперед-назад, чем вправо-влево; слева направо для правой руки и справа налево для левой. Вращательные движения в 1,5 раз быстрее поступательных.

<b>Органы управления</b>	<b>Величина усилий, Н</b>
Для рукояток	
оптимальные	20-40
максимальные	100
Для кнопок, тумблеров, переключателей:	
легкого типа	1400-1600
тяжелого типа	6000-12000
Для ножных педалей управления:	
используемых периодически	до 300
используемых часто	10-50
Для рычагов ручного управления машиной:	
используемых редко	120-160
используемых часто	20-40

**Обонятельный анализатор** может воспринимать до 400 наименований запахов. Рецепторы расположены на площади около 2,5 см<sup>2</sup> слизистой оболочки носовой полости.

Условиями восприятия запахов являются: летучесть вещества (выделение его молекул в свободном виде); растворимость вещества в жирах; движение воздуха для его распространения.

Абсолютный порог обоняния у человека измеряется долями миллиграмма вещества на литр воздуха (10<sup>-2</sup> мг/л). Но дифференциальный порог - в среднем 38 %. Запахи могут сигнализировать человеку о нарушениях в ходе технологических процессов и об опасностях.

**Осязательный (вкусовой) анализатор.** В физиологии и психологии распространена четырехкомпонентная теория вкуса, согласно которой существует четыре вида элементарных вкусовых ощущений: сладкого, горького, кислого и соленого. Все остальные вкусовые ощущения представляют их комбинации. Абсолютные пороги вкусового анализатора, выраженные в величинах концентраций раствора, примерно в 10 000 раз выше, чем обонятельного.

Вкусовые и обонятельные ощущения отражают не только свойства веществ, но и состояние самого организма. Различительная чувствительность вкусового анализатора довольно груба, в среднем она составляет 20%. Восстановление вкусовой чувствительности после воздействия различных раздражителей заканчивается через 10 – 15 мин. Под влиянием практической деятельности и специальных знаний чувствительность вкусового и обонятельного анализаторов может быть существенно развита.

**Органическая чувствительность.** Мозг человека получает информацию не только от окружающей среды, но и от самого организма. Чувствительные нервные аппараты имеются во всех внутренних органах, в них под влиянием внешних условий возникают определенные ощущения, которые порождают сигналы, вызывающие регуляцию деятельности внутренних органов. Перечисленные анализаторы функционируют в сложном взаимодействии. Ядром всего механизма взаимодействия анализаторов является рефлекторный путь: постоянные и временные нервные связи между их мозговыми окончаниями. В процессе развития человека на основе взаимодействия анализаторов формируются функциональные системы, являющиеся механизмом перцептивных действий.

Структура этих систем определяется условиями деятельности и жизни человека. Если человек попадает в необычные для него условия, то возможно возникновение конфликта между сложившимися функциональными системами и новыми требованиями. Чтобы предотвратить подобные нарушения, необходимо перестроить сложившиеся функциональные системы или формировать новые путем соответствующих тренировок. Это обстоятельство следует иметь в виду при создании безопасности систем.

В реальных условиях производства на каждый анализатор человека действуют одновременно несколько раздражителей, которые оказывают влияние на всю систему анализаторов. Следовательно, нужно учитывать не только возможности анализатора, но и те условия, в которых будет работать человек. Известно, что сильный шум изменяет чувствительность зрения. Чувствительность зрительного аппарата снижается при действии некоторых запахов, температуры, вибрации.

Определяя оптимальные условия функционирования, необходимо учитывать всю систему раздражителей, действующих на все анализаторы человека. Это требование на практике не всегда может быть реализовано полностью. Однако следует подчеркнуть важную методологическую направленность этого вопроса, сводящуюся к требованию в комплексе учитывать факторы окружающей среды.

## 2.5. Профессиография

Обеспечение безопасности человека в любой профессиональной деятельности требует учета его индивидуальных особенностей. Для ряда массовых профессий разработаны **профессиограммы** - описание социально-экономических, производственно-технических, санитарно-гигиенических, психологических и других особенностей профессии. Важнейшей частью профессиограммы является **психограмма** - характеристика требований, предъявляемых профессией к психике человека.

В соответствии с принципом комплексности профессиограмма должна включать в себя:

- а) производственную характеристику профессии и ее специфику;
- б) указание на экономическое значение профессии;
- в) социологическую и психологическую характеристики (в том числе особенности межличностных отношений, особенности коллектива, престиж трудовой деятельности);
- г) перечень объема знаний и умений, необходимых для успешного и безопасного труда, с особым выделением тех, которые определяют профессиональную безопасность;
- д) гигиеническую характеристику условий труда с особым выделением "профвредностей" и "профопасностей";
- е) перечень физиологических требований, предъявляемых к человеку, медицинских противопоказаний к работе по данной профессии;
- ж) психограмму.

Спецификой профессиограммы является ориентация на изучение относительно устойчивых, стабильных биологических и психических характеристик человека, предъявляемых данной профессией. Например, наиболее значимыми компонентами в структуре требований к водительским профессиям считаются сенсорно-моторные свойства, большие возможности зрительного и двигательного анализаторов, широта распределения и высокая скорость переключения внимания. Диспетчерские профессии предъявляют высокие требования к пространственным представлениям, зрительному и слуховому анализаторам, оперативному мышлению, эмоциональной устойчивости.

Таким образом, разработка профессиограммы и психограммы для рационализации и безопасности взаимодействия системы "человек - среда" требует знания как биологических, так и психологических особенностей человека.

## 2.6. Психологические характеристики человека

Любая деятельность содержит ряд обязательных психических процессов и функций, необходимых для ее успеха.

**Аттенционные свойства (внимание)** – направление психической деятельности на определенные предметы или явления действительности. **Непроизвольное внимание** возникает без всякого намерения и не требует волевых усилий. **Произвольное внимание** возникает вследствие поставленной цели и требует определенных волевых усилий.

Наиболее значимые свойства внимания - **интенсивность его концентрации, устойчивость, быстрота переключения, широта распределения** - по-разному необходимы в различных видах деятельности.

Например, для профессий, связанных с контролем быстропротекающих процессов, необходимы распределения и переключения внимания (оператор-диспетчер на железной дороге); для других профессий, где главная цель - наблюдение, контроль, корректировка - наибольшее значение приобретает устойчивость внимания (оператор газокompрессорной станции).

Все характеристики внимания в той или иной степени определяются типологическими особенностями нервной системы. **Скорость переключения** внимания зависит от подвижности нервных процессов. **Устойчивость** внимания определяется силой возбуждительного процесса. Так, например, лицам со слабым возбуждительным процессом (при прочих равных условиях) труднее, чем "сильным", справляться с задачами, требующими длительной сосредоточенности внимания, постоянного длительного наблюдения. В зависимости от условий труда характеристики внимания могут варьировать в широких пределах. Монотония, например, ослабляет внимание, а содержательность, ответственность, опасность выполнения задачи повышает ее устойчивость. Вместе с тем, никакие специальные тренировки в процессе профессиональной подготовки не могут дать значительного улучшения индивидуальных характеристик внимания, так как лежащие в их основе особенности нервных процессов изменяются чрезвычайно медленно.

В подавляющем большинстве случаев в процессе человеческой деятельности не предъявляются повышенные требования к вниманию для обеспечения безопасности. Однако с развитием техники и технологий высоких скоростей количество объектов наблюдения резко увеличивается, при этом, естественно, повышаются требования и к характеристикам

внимания. Деятельность, протекающая в условиях дефицита времени при обслуживании техники, объектов технологических процессов, в аварийных и чрезвычайных ситуациях, также требует от человека неординарных attentionных свойств.

Большое значение для обеспечения безопасности имеет на какое количество, и какие объекты может быть распределено внимание. Прежде всего, это зависит от того, сколько органов чувств участвуют в процессе восприятия. Чем больше органов чувств принимают участие в восприятии необходимой информации, тем большее количество объектов может находиться в поле внимания. Поэтому при организации деятельности важно определить, с помощью каких органов чувств следует контролировать возможные опасности и находить оптимальный темп переключения внимания в зависимости от значимости этих опасностей. Излишне быстрый темп утомляет человека. При слишком медленном переключении можно упустить важные изменения в обстановке. Например, темп переключения внимания в зависимости от вероятности появления препятствий на автомагистрали за городом один, а в городе другой.

При овладении новыми видами деятельности или изменении условий среды деятельности для обеспечения безопасности должна производиться **перестройка системы организации внимания**.

**Ощущение** - процесс восприятия материального мира в результате воздействия раздражителей на определенные рецепторы (зрительные, слуховые, кожные, кинестатические).

**Восприятие** - процесс отражения в сознании человека предметов или явлений при их непосредственном воздействии на органы чувств, в ходе которого происходит упорядочение и объединение отдельных ощущений в целостные образы предметов и явлений. Восприятие предметов не изменяется при изменении их освещенности, положения в пространстве, расстояния до него (**константность восприятия**). Восприятие зависит от особенностей личности человека, его прошлого опыта, профессии, интереса. Это называется **аперцепцией**. А целостное, планомерное восприятие называется **наблюдением**.

**Мнемические свойства (память)** – процесс запоминания, сохранения, последующего узнавания и воспроизведения того, что было в прошлом опыте.

Виды памяти:

- **двигательная (моторная)** – запоминание и воспроизведение движений;
- **эмоциональная** – память на пережитые в прошлом чувства;
- **словесно-логическая** – запоминание и воспроизведение мыслей, текста, речи;
- **непроизвольная** – без применения специальных усилий;

- **произвольная** – с применением волевых усилий и специальных приемов;
- **кратковременная ( оперативная )** - на несколько минут или секунд, необходимых для выполнения необходимой производственной операции или какого-то действия;
- **долговременная** - направленная на длительное сохранение информации и мгновенное ее повторение или воспроизведение.

Для безопасности трудовой деятельности имеют значение: **объем памяти, скорость запоминания, прочность сохранения полученной информации, точность и скорость воспроизведения, готовность к быстрому извлечению информации.** Профессиональная память может оперировать зрительными образами, слуховыми (гидроакустик), двигательными (наладчик), осязательными (врач), обонятельными и вкусовыми (повар, парфюмер). Это может быть память на лица, графический материал, цифры, художественные образы, слова, понятия, идеи.

Профессиональный опыт хранится в долговременной памяти. В основном же профессиональная деятельность опирается на память оперативную, которая органически включена в эту деятельность. Запоминание в оперативной памяти, будучи производительным, не является вместе с тем заучиванием. Наиболее типично для оперативной памяти удержание информации для использования ее в процессе принятия решения или какой-либо другой операции. Оперативная память использует часть информации, хранящейся в долговременной памяти; с другой стороны, она сама постоянно передает в долговременную память какую-то часть новой информации. По мере усвоения новых способов деятельности происходят изменения и сдвиги в характеристиках оперативной памяти. Успешная и безопасная деятельность, таким образом, возможна только тогда, когда способы запоминания (забывания) оперативной информации становятся автоматизированными.

**Запоминание** – процесс закрепления в сознании образов, впечатлений, понятий.

Существуют следующие способы запоминания:

- а) направленность на прочность, б) преднамеренность, в) осмысленность, г) сочетание образа и слова.**

Например, еще в школе известен способ запоминания цветов в спектре с помощью "волшебной" фразы: "Каждый Охотник Желает Знать, Где Сидит Фазан".

**Воспроизведение** – оживление образов, закрепленных в памяти.

**Узнавание** – процесс памяти, связанный с осознанием того, как данный объект воспринимался в прошлом.

**Забывание** – процесс "выпадения" того или иного материала из памяти.

**Мышление** - активный процесс отражения объективного мира в человеческом мозгу в форме суждений, понятий, умозаключений (процесс обобщенного и опосредованного отражения действительности).

Мышление осуществляется с помощью мыслительных операций: а) анализ, б) синтез, в) сравнение, г) абстрагирование, д) обобщение.

**Анализ** – мысленное расчленение предметов и явлений на образующие их части, выделение из них отдельных признаков и свойств.

**Синтез** – мысленное соединение отдельных элементов, частей и признаков в единое целое.

**Абстрагирование** – отвлечение от несущественных и единичных признаков и сохранение в мышлении признаков существенных и общих для данной группы предметов и явлений.

**Обобщение** - мысленное объединение предметов и явлений по общим и существенным признакам.

Таким образом, благодаря мышлению человек познает не только то, что непосредственно воспринято с помощью наших органов чувств, но и то, что может быть воспринято (познано) лишь в результате анализа, синтеза и т.д. Анализируя и сравнивая отдельные наблюдения, опираясь на результаты прошлого опыта, человек находит общее в отдельных объектах. Абстрагирование общего позволяет объединить эти объекты в различные системы.

Любой акт мышления направлен на решение определенной мыслительной задачи. Решение это происходит в 4 этапа: возникновение проблемы - построение гипотезы возможных решений - выбор гипотезы - осуществление решения.

Мышление подразделяется на: а) наглядно-действенное, б) наглядно-образное, в) словесно-логическое, г) теоретическое, д) оперативное.

Для различных видов деятельности и обеспечения безопасности требуются соответствующие виды мышления, но последовательность операций должна сохраняться.

**Имажинитивные свойства (воображение)** – процесс создания образов-представлений нового, т.е. того, что в прошлом данный человек не воспринимал, с чем не встречался. **Непроизвольное (пассивное) воображение** возникает без всякого намерения со стороны человека (сновидение). **Творческое воображение** позволяет на основе имеющейся информации, хранящейся в памяти, и мышления самостоятельно создавать новые образы. **Воссоздающее (репродуктивное) воображение** возникает на основе описаний или изображений, выполненных другими. Обычно это чертеж, технологическая карта, инструкция или схема процесса. Существует множество профессий, в которых основное содержание - умение оперировать образами воссоздающего воображения. Например, диспетчер аэропорта на основе информации о положении и движении воздушных судов, поступающей к

нему по различным каналам, строит в своем воображении пространственно-временной зрительный образ воздушной ситуации, на основе которого принимаются решения, обеспечивающие безопасность. Кроме того, воздушная обстановка в той или иной мере отличается от графика. Поэтому воссоздающее воображение и способность к зрительно-пространственной экстраполяции образа являются гарантом безопасности людей.

**Коммуникативные свойства (общение)** – способ активного взаимодействия между людьми.

Существуют три вида общения:

1 – *простейшее* – обмен незначающей информацией;

2 – *интерактивное* – общение для совместных действий и получения необходимой информации;

3 – *перцептивное* общение – общение через взаимное восприятие одного другим (рукопожатие, прикосновение, взгляд, жест).

Человека, адресующего информацию, называют **коммуникатором**; человека, воспринимающего информацию – **реципиентом**.

Общение с помощью языка и письма называется **вербальной коммуникацией**. Общение с помощью мимики, жестов, интонации, слез, смеха и др. - **невербальной коммуникацией**.

В процессе общения человек выполняет определенные ролевые функции. Под ролью понимается образец поведения, ожидаемый окружающими. Соответствие поведения ожиданиям окружающих называется **тактом**. Несоответствие ожидания в процессе общения называется **бестактностью**. Конфликтная ситуация называется **фрустрацией**.

**Психомоторные свойства.** В разных видах труда действия имеют различный характер (физический, умственный). Для них характерны: **целесообразность, адекватность текущего построения действия текущему состоянию объекта преобразования, опосредованность действия орудиями труда, полиэффекторность трудовых действий**, означающая возможность выполнения одного и того же действия с помощью различных групп мышц, **общественная обусловленность действий**, выражающаяся в том, что они регулируются не только выполняющим их человеком, но и другими людьми (или продуктами деятельности других людей).

Различают три основных параметра действий: **силовой, пространственный, временной**.

**Индивидуально-типологические свойства.** Основные характеристики нервных процессов: **сила возбуждательного и тормозного процесса, их уравновешенность, лабильность, типы нервной системы** - накладывают свой отпечаток на безопасность деятельности в любой

области, хотя категоричность требований к этим свойствам для каждого вида деятельности различна.

Индивидуально-типологические особенности мало изменяются на протяжении жизненного пути и относятся к наиболее стабильным свойствам. При этом следует помнить, что одно и то же типологическое свойство может быть как положительным, так и отрицательным, с точки зрения безопасности. Слабость нервных процессов (слабый тип нервной системы) определяет высокую чувствительность, большую скорость переключения, высокую реакцию на внешние проявления, но низкий предел работоспособности при однообразной деятельности. Инертность нервных процессов (сильный тип нервной системы) проявляется в малых показателях скорости нервной деятельности, в прочности временных связей, способности к монотонному труду. Таким образом, *различные типы высшей нервной деятельности необходимо рассматривать не как разные типы совершенства нервной деятельности, а как разные способы уравнивания организма со средой.* Это важнейшее положение, сформулированное

Б.М. Тепловым, направлено на выявление именно тех свойств, благодаря которым люди с противоположными типологическими свойствами достигают равной безопасности и успешности в различных видах деятельности. Например, для профессии водителя такси, работающего в условиях быстро меняющейся обстановки, где требуется высокая реакция, наиболее желателен слабый тип нервной системы, а для водителя транспорта на междугородных перевозках, где труд на трассе монотонен и требуется высокая временная стабильность, более приемлем сильный тип нервной системы.

Обусловленная типологическими особенностями система способов, которая складывается у человека, стремящегося к осуществлению данного вида деятельности, получила название *индивидуального стиля деятельности.* С помощью этих способов, приемов человек сознательно или стихийно компенсирует слабые стороны своих типологических особенностей и наилучшим способом использует свои природные преимущества.

Если какого-то уровня безопасности можно добиться благодаря индивидуальному стилю при самых различных типологических свойствах индивидуума, то нередко более высокий уровень достижений становится возможным лишь при определенном специфическом симптомокомплексе свойств личности. Например, в области деятельности, где часто возникают экстремальные ситуации, предъявляющие повышенные требования к эмоциональной устойчивости (профессии, связанные с авиацией, ракетной техникой, работы, связанные с чрезвычайными ситуациями).

**Сенсорные и перцептивные свойства (чувствительность).** В любой деятельности находят применение практически все виды анализаторов - от зрительного и слухового до вкусового и обонятельного. Но было бы неверно подходить к индивиду как к случайному набору различных видов чувствительности, игнорируя **структурный** характер его сенсорной организации. Эта организация, называемая в психологии **сенсетивностью**, входит в структуру темперамента. Несмотря на большое разнообразие видов уровней чувствительности у одного и того же человека, сенсетивность является общей, относительно **устойчивой особенностью** личности, которая является защитной в различных условиях, при действии самых разных по своей природе внешних раздражителей.

Тип нервной системы конкретного человека влияет на общий характер чувствительности всех его анализаторов. **У подвижного типа** - большая скорость ощущений, **у тормозного типа** - более точная дифференцировка. **У возбудимого типа** обостренная чувствительность, **у тормозного** - инертная. При воздействии раздражителей на рецепторы эмоциональная реактивность большая - у слабого типа; наименьшая - у инертного.

Вследствие стабильности рассмотренной характеристики (sensitizing) для профессий, предъявляющих повышенные требования к безопасности, рекомендуется производить профессиональный отбор.

Наименьшей устойчивостью обладает **уровень чувствительности анализаторов**: у одного и того же человека может быть повышенная чувствительность в области речевого слуха и одновременная чувствительность цветового зрения или музыкального слуха. Эти особенности могут быть связаны с природным преобладанием одного из анализаторов или с его ведущей ролью, сформулированной в процессе жизненного опыта. Они определяют не только индивидуальные особенности приема информации, но и преобладание того или иного вида представлений в образном мышлении, памяти. Повышение эффективности решения сенсорных задач в этом случае достигается в процессе специальных тренировок - **профессионального обучения**. Такое получение сенсорных умений и навыков позволяет увеличить защищенность человека. Например, существование сложных перцептивных навыков - "технического слуха" для выявления неисправностей в различных механических устройствах - доказывает возможность их использования для предотвращения аварийных ситуаций и повышения безопасности технических систем.

## 2.7. Практическая работа

### ИССЛЕДОВАНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И ОТНОШЕНИЙ ЛИЧНОСТИ МЕТОДОМ ОБОБЩЕНИЯ НЕЗАВИСИМЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Цель занятия:

1. Овладеть методом обобщенных независимых характеристик; построить психограмму каждого исследуемого субъекта.

2. Исследовать представления субъекта труда о значимости индивидуально-психологических свойств данной профессии, построить психограмму профессии и сравнить ее с психограммой субъекта труда.

"Метод обобщенных независимых характеристик", разработанный К.К. Платоновым, заключается в обобщении суждений о личностных свойствах изучаемого человека. По этому методу ряду лиц, хорошо его знающих – товарищам по работе, учебе ставятся вопросы об особенностях деятельности, поведения, с опорой на типичные случаи из жизни оцениваемого работника. Обобщение оценок позволяет нейтрализовать случайные суждения, в то же время устойчивые формы поведения отражаются в стабильности оценок. В конечном счете здесь имеет место способ оценки свойств "по жизненным показателям", получивший давнее признание в психологии труда.

#### 2.7.1. Определение индивидуально-психологических свойств личности

В исследовании используется "Модифицированная карта личности" (табл. 2.1), построенная по принципу полярных профилей, в которой отражены индивидуально-психологические профессионально важные свойства. Каждое свойство оценивается по десятибалльной шкале.

Проводящий исследование не предлагает эксперту "поставить оценку" за то или иное свойство личности, а выясняет, насколько выражено это свойство, как часто проявляется и на этом основании определяет место по шкале.

Одного человека оценивают несколько хорошо знающих его людей (обычно 5-7 человек). При этом уменьшается роль случайности, усредняются крайние оценки.

Таблица 2.1

Модифицированная карта личности

Подвижный	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Медлительный (2 а)
Ловкий	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Неуклюжий (2 б)
Пластичный	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Резкий, угловатый(2 в)
Движения рассчитаны	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Суетлив (2 г)
Общительный	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Замкнутый (9 а)
Красноречивый	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Косноязычный (9 б)

Продолжение табл. 2.1

Тактичный	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Бестактный (9 в)
Разговорчивый	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Молчаливый (9 г)
Непринужденный	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Скованный (9 д)
Решительный	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Нерешительный (8 а)
Настойчивый	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Уступчивый (8 б)
Стабильный	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Импульсивный (8 г)
Целеустремленный	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Разбросанный (8 д)
Дисциплинированный	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Неорганизованный(8 е)
Мужественный, смелый	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Робкий, малодушный(8 в)
Спорный	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Нетерпеливый (8 ж)
Энергичный	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Вялый (8 з)
Речь содержательная	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Речь малосодержательная (10 а)
Речь выразительная	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Речь бледная (10 б)
Умеет логично доказать	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Нелогичен (10 в)
Жизнерадостный	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Унылый (7 а)
Невозмутимый	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Вспыльчивый (7 б)
Спокойный	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Тревожный (7 в)
"Толстокожий"	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Обидчивый (7 г)
Впечатлительный	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Равнодушный (7 д)
Быстро запоминает	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Медленно запоминает (4 а)
Долго помнит	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Быстро забывает (4 б)
Точно вспоминает	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Вспоминает общий смысл (4в)
Умеет быстро вспоминать	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Не умеет быстро вспоминать (4 г)
Понятливый	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Бестолковый (6 а)
Вдумчивый	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Поверхностный (6 б)
Критический ум	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Некритический ум(6 в)
Сообразительный	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Тупой (6 г)
Рассудительный	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Легкомысленный (6 д)
Гибкое мышление	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Инертное мышление(6 е)
Сосредоточенный	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Рассеянный (3 а)
Внимательный	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Невнимательный (3 б)
Высокое распределение внимания	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Плохое распределение внимания (3 в)
Хорошее переключение внимания	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Плохое переключение внимания (3 г)
Яркое воображение	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Бледное воображение (5 а)
Богатое воображение	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Бедное воображение (5 б)
Мечтательный	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Практичный (5 в)
Хороший глазомер	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Плохой глазомер (1 а)
Острое зрение	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Плохое зрение (1 б)
Острый слух	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Плохой слух (1 в)
Есть музыкальный слух	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Нет музыкального слуха (1 г)
Тонкое обоняние	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Притупленное обоняние (1 д)
Тонкая вкусовая чувствительность	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Притупленный вкус (1 е)
Тонкое осязание	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	Низкая чувствительность осязания (1 ж)

### 2.7.2. Обработка и анализ результатов

Рассчитать средний балл каждого свойства с точностью до десятых долей (сумму баллов данного свойства разделить на число экспертов). Суммировать полученные баллы в данной группе свойств и вычислений, средний балл занести в протокол (табл. 2.2). Построить психограмму личности (рис. 2.11).

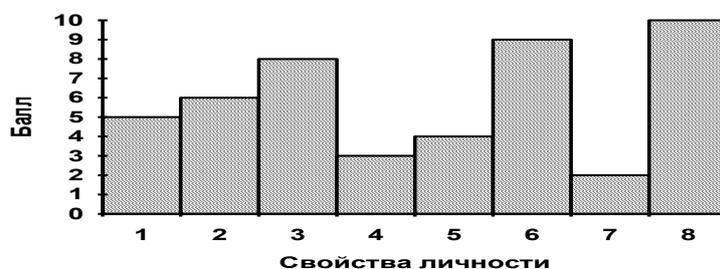


Рис. 2.11. Психограмма личности

Таблица 2.2

Протокол результатов экспертных оценок свойств личности

Пункты по карте	Свойства личности	Средний балл
1 а - 1 ж	Сенсорные свойства	
2 а - 2 г	Психомоторные	
3 а - 3 г	Аттенционные	
4 а - 4 г	Мнемические	
5 а - 5 в	Имажинитивные	
6 а - 6 е	Мыслительные	
7 а - 7 д	Эмоциональные	
8 а - 8 з	Волевые	
9 а - 10 в	Коммуникативные	

### 2.7.3. Оценка профессионально-значимых свойств

Исследовать представления субъекта труда о значимости индивидуально-психологических свойств данной профессии, построить психограмму профессии и сравнить ее с психограммой субъекта труда.

Профессионально значимые свойства субъекта труда - это такие характеристики человека, от которых зависит успешность и безопасность его профессиональной деятельности. В качестве профессионально-значимых свойств могут выступать индивидуально-психологические свойства личности, т.е. свойства индивида, опосредованные отношениями личности.

Группе студентов, выбравших данную специальность, предлагается анкета, в которой перечислен ряд индивидуально-психологических

свойств. Испытуемые должны оценить значение каждого из названных свойств для своего вида деятельности (своей будущей профессии).

На каждый вопрос следует дать ответ при помощи шкалы от 1 до 10 : 10 - если данное свойство совершенно необходимо для работы данной специальности и соответственно 1 - если оно безразлично.

При оценке профессионально необходимых свойств личности следует разбиться на подгруппы по 5-6 человек для ускорения дальнейшей обработки результатов.

### **Анкета**

1. Способность длительное время сохранять устойчивое внимание, несмотря на усталость и посторонние раздражители.
2. Умение распределять внимание при выполнении нескольких действий, функций, задач.
3. Способность сосредоточить в течение достаточно длительного периода времени внимание на одном предмете.
4. Способность быстро переключать внимание с одного вида деятельности на другой.
5. Способность вести наблюдения за большим количеством переменных исследуемого объекта одновременно.
6. Умение подмечать незначительные изменения в исследуемом объекте.
7. Умение выбирать при наблюдении материал, необходимый для решения данной проблемы.
8. Тонкая наблюдательность по отношению к душевной жизни человека.
9. Способность к самонаблюдению.
10. Способность подмечать изменения в окружающей обстановке, не сосредотачивая сознательно на них внимание.
11. Способность тут же точно передать раз услышанное.
13. Способность легко запоминать словесно-логический материал (термины, даты, цифры).
14. Способность легко запоминать наглядно-образный материал (планы, схемы, изображения, графики).
15. Способность к произвольному запоминанию материала.
16. Способность в течение длительного времени удерживать в памяти большое количество материала.
17. Общая память на внешность и поведение человека.
18. Способность точно воспроизводить материал в нужный момент.
19. Способность к узнаванию факта, явления по малому количеству признаков.
20. Способность к избирательному воспроизведению нужного в данный момент материала.
21. Согласованность движений с процессами восприятия.
22. Устойчивость к статическим нагрузкам.
23. Способность к быстрдействию в условиях дефицита времени.

24. Быстрая реакция на неожиданное слуховое впечатление посредством определенных движений.
25. Красивый почерк.
26. Согласованность одновременных движений рук и ног в различных сочетаниях (синхронные, последовательные, разнотипные).
27. Быстрая реакция на внезапные зрительные впечатления посредством определенных движений.
28. Быстрота и точность пальцев рук.
29. Пластичность и выразительность движений.
30. Умение быстро записывать.
31. Умение узнавать и отличать различные цвета.
32. Глазомерное определение расстояний, углов, размеров.
33. Способность к различению звуков по громкости, высоте, тембру.
34. Способность к различению перепадов температуры.
35. Способность к быстрому распознаванию небольших отклонений от заданной формы.
36. Способность наглядно представить себе новое, ранее не встречающееся в опыте, или старое, но в новых условиях.
37. Способность прогнозировать исход событий с учетом их вероятности.
38. Способность находить новые и необычные решения.
39. Способность видеть несколько возможных путей и мысленно выбирать наиболее эффективный.
40. Способность к переводу образа из одной модальности в другую, к воссозданию образа по словесному описанию.
41. Способность рассматривать проблему с нескольких различных точек зрения.
42. Аргументированность критического анализа.
43. Способность схватить суть основных взаимосвязей, присущих проблеме.
44. Способность отбросить обычные, стандартные методы и решения, ставшие негодными, и искать новые, оригинальные решения.
45. Умение выбирать из большого объема информации ту, которая необходима для решения данной задачи.
46. Чутье к наличию проблемы там, где кажется, что все уже решено.
48. Способность видеть дальше непосредственно данного и очевидного.
49. Умение определять характер информации, недостающий для принятия решения.
50. Способность принять правильное решение при недостатке необходимой информации или отсутствии времени на ее осмысление.
51. Постоянство хорошего настроения.
52. Эмоциональная устойчивость при принятии ответственных решений.
53. Умение найти привлекательные стороны в любой работе.
54. Увлеченность поиском решения вопроса.

55. Способность переживать то, что переживают и чувствуют другие.
56. Уравновешенность, самообладание при конфликтах.
57. Способность передавать другим людям свое настроение, эмоциональный заряд.
58. Быстрая адаптация к новым условиям.
59. Умение заставить себя делать неинтересную, но необходимую работу.
60. Умение отстаивать свою точку зрения.
61. Умение повиноваться, в точности исполнять предписания.
62. Способность к длительной умственной работе без ухудшения качества и снижения темпа.
63. Упорство в преодолении возникающих трудностей.
64. Способность к длительному сохранению высокой активности (энергичность).
65. Малая внушаемость, способность не поддаваться влиянию, особенно со стороны авторитетных лиц.
66. Способность брать на себя ответственность в сложных ситуациях.
67. Способность объективно оценивать свои достижения, силы и возможности.
68. Сохранение собранности в условиях, стимулирующих возбуждение.
69. Умение давать четкие, ясные формулировки при сжатом изложении мысли (при ответах и постановке вопроса).
70. Умение связно и логично излагать свои мысли в развернутой форме (отчет, доклад, выступление).
71. Умение вести научную беседу, спор, диалог, аргументировать, доказывать свою точку зрения.
72. Сильный, звучный и выносливый голос.
73. Отсутствие дефектов речи, хорошая дикция.
74. Способность произвольной передачи своих представлений или чувств с помощью жестов, мимики, изменения голоса.
75. Способность понимать подтекст речи (иронию, шутку).
76. Умение вести деловую беседу, переговоры.
77. Умение доходчиво довести до слушателя свои мысли и намерения.
78. Способность быстро найти нужный тон, целесообразную форму общения в зависимости от психологического состояния индивидуальных особенностей собеседника.
79. Способность к быстрому установлению контактов с новыми людьми.
80. Способность располагать к себе людей, вызывать у них доверие.
81. Способность разумно сочетать деловые и личные контакты с окружающими.
82. Умение согласовывать свои действия с действиями других лиц.
83. Умение дать объективную оценку действиям других людей.

#### 2.7.4. Обработка и анализ результатов

1. Рассчитать среднюю оценку каждого свойства для группы испытуемых.

2. Найти средний балл для всех групп испытуемых по каждому свойству.

3. Сгруппировать все свойства по таблице, вычислить средний балл для перечисленных групп свойств, занести в табл. 2.3.

Таблица 2.3

№№ вопросов	Свойства личности	Средний балл
31 - 35	Сенсорные	
21 - 30	Психомоторные	
1 - 10	Аттенционные	
11 - 20	Мнемические	
36 - 40	Имажинитивные	
41 - 50	Мыслительные	
51 - 58	Эмоциональные	
59 - 68	Волевые	
69 - 83	Коммуникативные	

4. Построить психограмму профессии на одном графике с психограммой личности (рис. 2.11) и провести сравнительный анализ соответствия свойств личности и требований к этим свойствам профессии.

#### Контрольные вопросы

1. Что такое профессиограмма?
2. Что такое психограмма?
3. Назовите основные психологические свойства личности.
4. Назовите профессионально-значимые свойства для Вашей профессии.
5. Соответствуют ли свойства Вашей личности профессионально необходимым?

### 3. ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ БЖД

#### 3.1. Основные законодательные нормативные акты по охране труда (ОТ)

*Конституция (Основной Закон) РФ.*

*Гражданский кодекс РФ.*

*Уголовный кодекс РФ.*

*Кодекс РФ "Об административных правонарушениях".*

*Кодекс законов о труде РФ.*

*Об основах Охраны труда в РФ (2.7.99).*

*Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» 20.06.97.*

*Постановления правительства РФ.*

Постановления министерства труда РФ.

*Указы Президента РФ.*

*Положения Рострудинспекции.*

*ГОСТ РФ* – Государственные стандарты (Госстандарт РФ)

*ГОСТы ССБТ* – Системы стандартов безопасности труда

*ОСТ ССБТ*

*СП* – Санитарные правила (Госсанэпиднадзор)

*СН* – Санитарные нормы

*ГН* – Гигиенические нормативы

*СанПИН* – Санитарные правила и нормы

*СНиП* – Строительные нормы и правила (Минстрой РФ)

*ПБ* – Правила безопасности (Федеральные органы)

*ПУБЭ* – Правила устройства и безопасной эксплуатации

*ИБ* – Инструкции по безопасности

*ПОТ М* – Правила по охране труда (ОТ) межотраслевые

*ПОТ О* – Правила по ОТ отраслевые

*ТОИ* – Типовые отраслевые инструкции по ОТ (Федеральные органы исполнительной власти).

**Конституция РФ (12.12.93)**

**Ст.7 (пункт 2).** В РФ охраняется труд и здоровье людей, устанавливается гарантированный минимальный размер оплаты труда.

**Ст. 37 (пункт 3).** Каждый имеет право на труд в условиях отвечающих требованиям безопасности и гигиены, на вознаграждение за труд..., а также защиту от безработицы.

**Ст. 41 (пункт 3).** Соккрытие должностными лицами фактов и обстоятельств, создающих угрозу для жизни и здоровья людей, влечет ответственность в соответствии с федеральным законом.

### **Об основах ОТ в РФ (2.7.99)**

**ОТ** – система сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая: правовые, социально - экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и др. мероприятия.

**Ст.8.** Каждый работник имеет право на:

- обязательное социальное страхование от несчастных случаев и профзаболеваний;
- получение достоверной информации об условиях и охране труда на рабочем месте, о существующем риске повреждения здоровья, о мерах защиты от ОВПФ;
- отказ от выполнения работы, опасной для жизни и здоровья;
- обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты;
- обучение безопасным методам и приемам труда за счет средств работодателя;
- профессиональную переподготовку за счет средств работодателя;
- запрос о проведении проверки условий и ОТ;
- внеочередной медицинский осмотр;
- компенсации..., если он занят на тяжелых или во вредных и опасных условиях труда.

**Ст.12.** В организациях с численностью более 100 работников создается служба или вводится должность специалиста по ОТ.

**Ст.13.** В организациях с численностью более 10 работников создается комитет (комиссия) по ОТ.

**Ст. 14.** Работодатель обязан обеспечить:

- безопасность работников при эксплуатации зданий, сооружений, оборудования, сырья и материалов;
- приобретение и применение средств индивидуальной и коллективной защиты;
- обучение безопасным методам и приемам труда;
- проведение аттестации рабочих мест по условиям труда с последующей сертификацией работ по ОТ;
- расследование НС и профзаболеваний;

- обязательное социальное страхование работников от НС и профзаболеваний.

**Кодекс РСФСР об административных правонарушениях  
( 25 ноября 1996)**

**Ст. 41.** Нарушение должностным лицом законодательства о труде и ОТ влечет наложение штрафа в размере до 100 минимальных размеров оплаты труда.

**Правила возмещения работодателем вреда, причиненного работнику увечьем, профзаболеванием, либо иным повреждением здоровья, связанным с выполнением работником трудовых обязанностей**

**Ст. 2.** Работодатель несет материальную ответственность за вред, причиненный здоровью рабочих на производстве.

**Ст.8.** Возмещение вреда состоит:

- 1) в выплате потерпевшему денежных сумм в размере заработка (или соответствующей его части) в зависимости от степени утраты профессиональной трудоспособности;
- 2) компенсации дополнительных расходов;
- 3) в выплате единовременного пособия;
- 4) в возмещении морального ущерба.

**Ст.26.** Право на возмещение вреда в связи с утерей кормильца имеют нетрудоспособные граждане, состоявшие на иждивении умершего..., ребенок умершего, родившийся после его смерти, а также один из родителей, супруг или другой член семьи, если он не работает и занят уходом за детьми, братьями, сестрами или внуками умершего, не достигшими 14 лет.

### **3.2. Система стандартов безопасности труда**

***Стандарты ССБТ имеют шифр 12, подсистемы от 0 до 5:***

- 0 - организационно-методические стандарты;
- 1 - стандарты требований и норм по видам опасных и вредных производственных факторов;
- 2 - стандарты требований безопасности к производственному оборудованию;
- 3 - стандарты требований безопасности к производственным процессам;
- 4 - стандарты требований безопасности к средствам защиты;
- 5 - стандарты требований безопасности к зданиям и сооружениям.

Последующее трехзначное число - номер ГОСТа, а последнее число - год издания. Например, ГОСТ 12.1.005 - 88 - "Воздух рабочей зоны. Требования безопасности".

### 3.3. Государственный надзор за безопасностью в промышленности

1. Прокуратура РФ.
2. Федеральный горный и промышленный надзор России (Госгортехнадзор России).
3. Федеральный санитарно-эпидемиологический надзор России (госэпидемнадзор России).
4. Федеральный надзор России по ядерной и радиационной безопасности (госатомнадзор).
5. Энергонадзор.
6. Пожарный надзор (МВД РФ).
7. ГИБДД.
8. Государственная инспекция по охране труда (Министерство труда), кроме госинспекций по охране труда на авиационном, железнодорожном и водном транспорте, которые подчинены своим департаментам.
9. Комитет природных ресурсов.
10. Территориальные центры министерства по делам ГО и ЧС, штабы области, города, района и предприятия.

### 3.6. Ответственность за нарушение законодательства по охране труда

**Дисциплинарная** – в порядке подчинения (замечание, выговор, строгий выговор, увольнение).

**Административная** – наложение штрафов органами государственного надзора.

**Материальная.**

**Уголовная** (ст. 143, 216, 217, 219, 220 УК РФ).

**Ст. 143, п.1.** Нарушение правил ТБ или иных правил ОТ, совершенное лицом на котором лежит обязанности по соблюдением этих правил, если это повлекло по неосторожности причинение тяжкого или средней тяжести вреда здоровью человека, наказывается штрафом в размере от 200 до 500 минимальных размеров оплаты труда, либо исправительными работами на срок до 2 лет.

**П.2.** То же деяние, повлекшее по неосторожности смерть человека, наказывается лишением свободы на срок до 5 лет с лишением права занимать определенные должности или заниматься определенной деятельностью на срок до 3 лет или без такового.

**Ст. 216, п.1.** Нарушение правил безопасности при ведении горных, строительных или иных видов работ...если это повлекло по неосторожности причинение тяжкого или средней тяжести вреда здоровью человека, -

наказывается штрафом в размере от 100 до 200 минимальных размеров оплаты труда, либо ограничением свободы на срок до 3 лет, либо лишением свободы на срок до 3 лет с лишением права занимать определенные должности ...на срок до 3 лет.

**П.2.** То же деяние, повлекшее по неосторожности смерть человека или иные тяжкие последствия, - наказывается ограничением свободы на срок до 5 лет, либо лишением свободы на срок до 10 лет с лишением права занимать определенные должности или заниматься определенной деятельностью на срок до 3 лет или без такового.

**Ст. 217.** Нарушение правил безопасности на взрывоопасных объектах.

**П. 1.** Если это могло повлечь смерть человека или иные тяжкие последствия, - наказывается штрафом в размере от 100 до 200 минимальных размеров оплаты труда, либо ограничением свободы на срок до 3 лет, либо лишением свободы на срок до 2 лет с лишением права занимать определенные должности ... на срок до 3 лет.

**П. 2.** То же деяние, повлекшее по неосторожности смерть человека или иные тяжкие последствия, -наказывается ограничением свободы на срок до 5 лет, либо лишением свобода на срок до 10 лет с лишением права занимать определенные должности или заниматься определенной деятельностью на срок до 3 лет или без такового.

**Ст. 219.** Нарушение правил пожарной безопасности (как ст. 217).

**Ст. 220.** Незаконное обращение с радиоактивными веществами влечет за собой лишение свободы до 2 лет, в случае смерти - лишение свободы до 10 лет.

### **3.4. Инструктажи и обучение по охране труда**

С целью предупреждения травматизма одним из основных организационных мероприятий является обучение безопасным методам работы рабочих и служащих. Обучение работающих безопасности труда проводится на всех предприятиях и в организациях, независимо от форм собственности, от характера и степени опасности производства при:

- подготовке новых рабочих, переподготовке и обучении вторым профессиям;
- проведении различных видов инструктажа;
- повышении квалификации.

**В соответствии с ГОСТ 12.0.004-90 по охране труда необходимо проводить: вводный, первичный на рабочем месте, повторный, внеплановый и целевой инструктажи.**

**Первичный инструктаж** проводит инженер по охране труда со всеми принимаемыми на работу, независимо от их образования, стажа работы по данной профессии или должности, а также с

командировочными, учащимися и студентами, прибывшими на производственное обучение или практику.

**Вводный инструктаж** проводят по программе, разработанной с учетом требований стандартов ССБТ, а также всех особенностей производства, утвержденной руководителем (главным инженером) предприятия по согласованию с профсоюзным комитетом. О проведении вводного инструктажа и проверке знаний делают запись в журнале регистрации вводного инструктажа (личной карточке инструктажа) с обязательной подписью инструктируемого и инструктирующего.

**Первичный инструктаж на рабочем месте** проводят со всеми вновь принятыми на предприятие, переводимыми из одного подразделения в другое, командированными, учащимися и студентами, прибывшими на производственное обучение или практику, а также со строителями при выполнении строительно-монтажных работ на территории действующего предприятия.

Первичный инструктаж на рабочем месте проводят с каждым работником индивидуально с практическим показом безопасных приемов и методов труда по инструкциям по охране труда, разработанным для отдельных профессий или видов работ с учетом требований стандартов ССБТ и основных вопросов инструктажа на рабочем месте и проверки знаний. В течение первых 2-14 смен (в зависимости от характера работы и квалификации) работники должны пройти стажировку под руководством лиц, назначенных приказом. Рабочие допускаются к самостоятельной работе после стажировки и проверки теоретических знаний и приобретенных навыков.

**Повторный инструктаж** проходят все работающие, независимо от квалификации, образования, стажа работы не реже одного раза в полугодие с целью проверки и закрепления знаний правил и инструкций по охране труда индивидуально или с группой работников одной профессии, бригады, по программе первичного инструктажа на рабочем месте в полном объеме.

**Внеплановый инструктаж** проводят индивидуально или с группой одной профессии при:

- введении в действие новых или переработанных правил, стандартов, инструкций по ОТ, а также изменений к ним;
- изменении техпроцессов, замене или модернизации оборудования, влияющих на безопасность труда;
- нарушении работниками требований безопасности труда, которые могут привести или привели к травме, аварии, взрыву или пожару, отравлению, перерывах в работе более чем на 60 дней (при повышенных требованиях безопасности более 30 дней).

**Целевой инструктаж** проводят при выполнении разовых работ, не связанных с прямыми обязанностями по специальности (погрузка,

выгрузка, уборка территории); ликвидации последствий аварий, на которые оформляется наряд-допуск, разрешение или другие документы; при проведении экскурсий на предприятие и др.

Все виды инструктажей, кроме вводного, проводит непосредственный руководитель работ.

Инструктажи завершаются проверкой знаний в виде устного опроса или с помощью технических средств обучения работником, проводившим инструктаж.

Лица, показавшие неудовлетворительные знания, к работе не допускаются и обязаны пройти его вновь.

О проведении инструктажей делаются записи в журнале регистрации инструктажей и в карточке с обязательной подписью инструктируемого и инструктирующего.

### **Примерный перечень основных вопросов вводного инструктажа**

1. Общие сведения о предприятии, характерные особенности производства.

2. Основные положения законодательства об охране труда.

2.1. Трудовой договор, рабочее время и время отдыха, охрана труда женщин и лиц моложе 18 лет. Льготы и компенсации.

2.2. Правила внутреннего трудового распорядка предприятия, организации, ответственность за нарушение правил.

2.3. Организация работы по охране труда на предприятии. Ведомственный, государственный надзор и общественный контроль за состоянием охраны труда.

3. Общие правила поведения работающих на территории предприятия, в производственных и вспомогательных помещениях. Расположение основных цехов, служб, вспомогательных помещений.

4. Основные опасные и вредные производственные факторы, характерные для данного производства. Методы и средства предупреждения несчастных случаев и профессиональных заболеваний: средства коллективной защиты, плакаты, знаки безопасности, сигнализация, основные требования по предупреждению электротравматизма.

5. Основные требования производственной санитарии и личной гигиены.

6. Средства индивидуальной защиты. Порядок и нормы выдачи средств индивидуальной защиты (СИЗ), сроки носки.

7. Обстоятельства и причины отдельных нехарактерных несчастных случаев, аварий, пожаров, происшедших на предприятии и других аналогичных производствах из-за нарушения требований безопасности.

8. Порядок расследования и оформления несчастных и профессиональных заболеваний.

9. Пожарная безопасность. Способы и средства предотвращения пожаров, взрывов, аварий. Действия персонала при их возникновении.

10. Первая помощь пострадавшим. Действия работающих при возникновении несчастного случая на участке, в цехе.

### **Примерный перечень основных вопросов первичного инструктажа на рабочем месте**

1. Общие сведения о технологическом процессе и оборудовании на данном рабочем месте, производственном участке, в цехе. Основные опасные и вредные производственные факторы, возникающие при данном технологическом процессе.

2. Безопасная организация и содержание рабочего места.

3. Опасные зоны машины, механизма, прибора. Средства безопасности оборудования (предохранительные, тормозные устройства и ограждения, системы блокировки и сигнализации, знаки безопасности).

4. Порядок подготовки к работе (проверка исправности оборудования, пусковых приборов, инструмента и приспособлений, блокировок, заземления и других средств защиты).

5. Безопасные приемы и методы работы; действия при возникновении опасной ситуации.

6. Средства индивидуальной защиты на данном рабочем месте и правила пользования ими.

7. Схема безопасного передвижения работающих на территории цеха, участка.

8. Внутрицеховые транспортные и грузоподъемные средства и механизмы. Требования безопасности при погрузочно-разгрузочных работах и транспортировке грузов.

9. Характерные причины аварий, взрывов, пожаров, случаев производственных травм.

10. Меры предупреждения аварий, взрывов, пожаров. Обязанность и действия при аварии, взрыве, пожаре. Способы применения имеющихся на участке средств пожаротушения, противоаварийной защиты и сигнализации, места их расположения.

### **3.5. Практическая работа**

#### **РАССЛЕДОВАНИЕ И УЧЕТ НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ НА ПРОИЗВОДСТВЕ**

Цель работы:

1. Познакомить студентов с «Положением о расследовании и учете несчастных случаев на производстве»;

2. Дать практические навыки по анализу производственного травматизма и составлению актов о несчастных случаях по форме Н-1.

Согласно ГОСТ 12.0.003-88 производственная опасность - возможное воздействие на работающих опасных и вредных производственных факторов. **Опасными называются факторы, приводящие к травме, вредными – факторы, приводящие к заболеванию** (см. раздел 1.1.).

Опасные и вредные производственные факторы (ОВПФ) подразделяются на: **физические, химические, биологические и психофизиологические.**

Все травмы на производстве именуется как **несчастный случай (НС). Несчастный случай на производстве является страховым случаем, если он произошел с работником, подлежащим обязательному социальному страхованию от НС и профессиональных заболеваний (застрахованный).**

**Расследованию и учету подлежат НС,** происшедшие на производстве с работниками или другими лицами при выполнении ими трудовых обязанностей и работы по заданию организации или индивидуального предпринимателя. К ним относятся:

- работники, выполняющие работу по трудовому договору (контракту);
- граждане, выполняющие работу по гражданско-правовому договору;
- студенты, проходящие производственную практику в организациях;
- лица, осужденные к лишению свободы и привлекаемые к труду администрацией организации;
- другие лица, участвующие в производственной деятельности организации или индивидуального предприятия.

**Расследованию и учету подлежат НС на производстве:** травма, в том числе полученная при нанесении телесных повреждений другим лицом, острое отравление, утопление, повреждение электрическим током, молнией, ионизирующим излучением, укусы насекомых, пресмыкающихся, телесные повреждения, нанесенные животными, повреждения, полученные в результате взрывов, аварий, стихийных бедствий и других ЧС, повлекшие за собой необходимость перевода работника на другую работу, временную или стойкую утрату трудоспособности либо его смерть, если они произошли:

а) в течение рабочего времени на территории организации или вне ее (включая установленные перерывы), а также перед началом и по окончании работы во время, необходимое для приведения в порядок орудий производства, одежды и т.п., при выполнении работы в сверхурочное время, праздничные и выходные дни;

б) при следовании на работу или с работы на представленном работодателем транспорте либо на личном транспорте при соответствующем договоре с работодателем;

в) при следовании к месту командировки и обратно;

г) при следовании на транспортном средстве в качестве сменщика;

д) при нахождении на вахте;

е) при ликвидации аварий, катастроф и др. ЧС.

ж) при действиях, совершаемых в интересах работодателя или направленных на предотвращение аварий или НС.

**О каждом НС пострадавший или очевидец извещает непосредственного руководителя работ, который обязан:**

- немедленно организовать первую помощь пострадавшему, при необходимости доставку в учреждение здравоохранения;
- сообщить работодателю или лицу, им уполномоченному, о происшедшем НС;
- принять неотложные меры по предотвращению развития аварии и воздействия травмирующего фактора на других лиц;
- сохранить до начала расследования обстановку, какой она была на момент происшествия. В случае невозможности ее сохранения - зафиксировать сложившуюся обстановку (схемы, фотографии и т.п.).

**При групповом (2 и более человек), тяжелом или смертельном НС работодатель в течение суток обязан сообщить:**

- в государственную инспекцию труда по субъекту Российской Федерации;
- в прокуратуру по месту происшествия НС;
- в орган исполнительной власти субъекта Российской Федерации;
- в федеральный орган исполнительной власти по ведомственной принадлежности;
- в организацию, направившую работника, с которым произошел НС;
- в территориальное объединение профсоюзов;
- в территориальный орган государственного надзора, если несчастный случай произошел в организации (на объекте), подконтрольной этому органу;
- в исполнительный орган Фонда социального страхования РФ.

В случае острого отравления работодатель сообщает также в территориальный орган санитарно-эпидемиологической службы РФ.

О НС со смертельным исходом государственная инспекция по субъекту РФ направляет сообщение в Федеральную инспекцию труда при Министерстве труда и социального развития РФ.

### **Порядок расследования несчастных случаев**

**Для расследования обстоятельств и причин несчастных случаев, не относящихся к категории тяжелых, смертельных и**

**групповых, работодатель незамедлительно создает комиссию в составе не менее 3 человек. В состав комиссии включается специалист по ОТ, представители работодателя, профсоюзного органа. Комиссию возглавляет работодатель или уполномоченное им лицо. Состав комиссии утверждается приказом работодателя. Руководитель, непосредственно отвечающий за безопасность труда на участке, где произошел НС, в состав комиссии не включается.**

Каждый работник имеет право на личное участие в расследовании произошедшего с ним НС на производстве.

**Расследование проводится в течение 3 дней.**

Для расследования тяжелого, группового или смертельного НС в комиссию, кроме вышеуказанных лиц, включаются: государственный инспектор по ОТ, представители органа исполнительной власти субъекта Российской Федерации или органа местного самоуправления, представитель территориального объединения профсоюзов. Работодатель образует и утверждает комиссию, а возглавляет ее инспектор по ОТ:

- по требованию пострадавшего (в случае смерти пострадавшего - его родственников) в расследовании может принимать участие его доверенное лицо. Если доверенное лицо не участвует в расследовании, по его требованию председатель комиссии обязан ознакомить его с материалами расследования;
- в случае острого отравления или радиационного воздействия, в состав комиссии включается также представитель санитарно-эпидемиологической службы РФ;
- при НС на объектах, подконтрольных Госгортехнадзору, в комиссию включается и возглавляет ее представитель этого органа;
- при групповом НС с числом погибших 5 и более человек в состав комиссии включается также представитель Федеральной инспекции труда, федерального органа исполнительной власти по ведомственной принадлежности и общероссийского объединения профсоюзов.

При крупных авариях с человеческими жертвами 15 и более человек расследование проводится комиссией, назначенной Правительством РФ.

**Расследование проводится в течение 15 дней.**

Несчастный случай, о котором не было своевременно сообщено работодателю или в результате которых нетрудоспособность наступила не сразу, расследуются по заявлению пострадавшего или его доверенного лица в течение месяца со дня поступления этого заявления.

При расследовании комиссия выявляет и опрашивает очевидцев и лиц, допустивших нарушение нормативных требований по охране труда, получает необходимую дополнительную информацию от работодателя и по возможности объяснения пострадавшего.

По требованию комиссии, проводящей расследование, работодатель за счет собственных средств обязан обеспечить:

а) выполнение технических расчетов, лабораторных исследований, испытаний, других экспертных работ и привлечение в этих целях специалистов-экспертов;

б) фотографирование места несчастного случая и поврежденных объектов;

в) предоставление транспорта, служебного помещения, средств связи, специальной одежды, обуви и других средств индивидуальной защиты, необходимых для проведения расследования.

На основании собранных материалов комиссия устанавливает обстоятельства и причины НС, определяет, был ли пострадавший в момент НС связан с производственной деятельностью организации или индивидуального предпринимателя и объяснялось ли его нахождение в месте происшествия исполнением им трудовых обязанностей, и квалифицирует **как НС на производстве или несчастный случай, не связанный с производством**. Если при расследовании НС на производстве, происшедшего с застрахованным, комиссией установлено, что грубая неосторожность застрахованного содействовала возникновению или увеличению вреда, причиненного его здоровью, то с учетом заключения профсоюзного комитета комиссия определяет степень вины застрахованного в процентах.

По результатам расследования тяжелого, группового и смертельного НС на производстве комиссия составляет акт расследования по форме Н-1.

Расследованию подлежат и классифицируются как НС, не связанные с производством, с оформлением акта произвольной формы:

а) смерть вследствие общего заболевания или самоубийства, подтвержденная учреждением здравоохранения и следственными органами;

б) смерть или повреждение здоровья, единственной причиной которой явилось алкогольное или наркотическое опьянение (отравление) работника техническими спиртами, ароматическими, наркотическими и другими аналогичными веществами, применяемыми на производстве, не связанное с нарушением технологического процесса. А при страховом случае указанные документы и акты по форме Н-1 направляет также в исполнительный орган Фонда социального страхования РФ;

в) НС, происшедший при совершении пострадавшим поступка, содержащего, по заключению представителей правоохранительных органов, признаки уголовно наказуемого деяния.

Результаты расследования каждого несчастного случая рассматриваются работодателями с участием профсоюзного органа для принятия соответствующих решений, направленных на профилактику и предупреждение НС на производстве.

## **Оформление материалов расследования несчастных случаев**

Каждый несчастный случай, вызвавший необходимость перевода работника в соответствии с медицинским заключением на другую работу на один рабочий день и более, потерю им трудоспособности не менее чем на один рабочий день или его смерть, оформляется актом о несчастном случае на производстве по форме Н-1 в 3-х экземплярах на русском языке либо на русском языке и государственном языке субъекта Российской Федерации согласно приложению № 2.

При групповом несчастном случае акт по форме Н-1 составляется на каждого пострадавшего отдельно.

Если несчастный случай произошел с работником сторонней организации (индивидуального предпринимателя), то акт по форме Н-1 составляется в 4-х экземплярах, 2 из которых вместе с остальными материалами расследования направляются работодателю, работником которой является (являлся) пострадавший. Третий экземпляр акта формы Н-1 и материалы расследования остаются у работодателя, где произошел несчастный случай.

В акте по форме Н-1 должны быть подробно изложены обстоятельства и причины несчастного случая, а также указаны лица, допустившие нарушения нормативных требований по охране труда.

Акт по форме Н-1 должен быть оформлен и подписан членами комиссии, утвержден работодателем и заверен печатью организации.

Работодатель в 3-дневный срок после утверждения акта по форме Н-1 обязан выдать один экземпляр пострадавшему, а при смертельном исходе - родственникам погибшего либо его доверенному лицу. 2-й экземпляр акта вместе с материалами расследования хранится в течение 45 лет в организации по основному месту работы пострадавшего. При страховых случаях 3-й экземпляр акта Н-1 с материалами расследования работодатель направляет в исполнительный орган Фонда социального страхования РФ (по месту регистрации в качестве страхователя).

Акты по форме Н-1 регистрируются работодателем в журнале регистрации НС на производстве по форме, установленной Министерством труда и социального развития РФ.

Каждый НС, оформленный актом по форме Н-1 включается в статистический отчет о временной нетрудоспособности и травматизме на производстве.

Акт о расследовании группового, тяжелого и смертельного случая с документами и материалами расследования и копией акта формы Н-1 на каждого пострадавшего в трехдневный срок после их утверждения направляют в прокуратуру, в которую сообщалось о НС. Копии указанных документов направляются также в государственную инспекцию труда по субъекту РФ и территориальный орган государственного надзора по НС, происшедшим в подконтрольных им объектах.

Копии актов о расследовании группового, тяжелого и смертельного случая с документами и материалами расследования и копией акта формы Н-1 на каждого пострадавшего направляются председателем комиссии в Федеральную инспекцию труда при Министерстве труда и социального развития РФ и федеральный орган исполнительной власти по ведомственной принадлежности для анализа состояния и причин производственного травматизма в РФ и разработки предложений по его профилактике.

### **Заключительные положения**

По окончании временной нетрудоспособности пострадавшего работодатель обязан направить в государственную инспекцию труда по субъекту Российской Федерации, а в соответствующих случаях и в территориальный орган государственного надзора, информацию по формам, установленным Министерством труда и социального развития Российской Федерации, о последствиях несчастного случая на производстве и мероприятиях, выполненных в целях предупреждения несчастных случаев.

О несчастных случаях (НС) на производстве, которые по прошествии времени перешли в категорию тяжелых или со смертельным исходом, работодатель сообщает в государственную инспекцию по субъекту РФ, в соответствующий профсоюзный орган, если они произошли на объектах, подконтрольных территориальным органам государственного надзора, - в эти органы.

Государственный инспектор по ОТ при выявлении сокрытого НС на производстве, поступлении жалобы пострадавшего или его доверенного лица, или родственников погибшего при несогласии с выводами комиссии по расследованию, проведенному без его участия, самостоятельно или с привлечением профсоюзной инспекции труда, а при необходимости органов государственного надзора, проводит расследование несчастного случая. По результатам расследования государственный инспектор по ОТ составляет заключение по форме № 3, которое является обязательным для работодателя.

Государственный инспектор по ОТ вправе потребовать от работодателя составления нового акта по форме Н-1, если имеющийся акт оформлен с нарушениями или не соответствует материалам расследования НС.

Разногласия по вопросам расследования, оформления и учета несчастных случаев, непризнание работодателем несчастного случая, отказ в проведении расследования и составлении акта по форме Н-1, несогласие пострадавшего или его доверенного лица с содержанием этого акта рассматриваются государственными инспекциями труда по субъектам РФ, Федеральной инспекцией труда при Министерстве труда и социального

развития Российской Федерации или судом. В этих случаях подача жалобы не является основанием для неисполнения работодателем решений государственного инспектора по охране труда.

Лица, виновные в нарушении требований настоящего положения, привлекаются к ответственности в соответствии с законодательством РФ.

На основании актов формы Н-1 администрация составляет отчет о пострадавших по установленным ЦСУ РФ формам и представляет его в соответствующие организации.

Для оценки уровня травматизма пользуются относительными статистическими его показателями. **Показатель частоты травматизма**, характеризующий число несчастных случаев ( $K_{\text{ч}}$ ), приходящихся на 1000 работающих за определенный период:

$$K_{\text{ч}} = H \cdot 1000 / P,$$

где  $H$  - число несчастных случаев за данный период,

$P$  - среднесписочное число работающих за тот же период.

**Показатель тяжести травматизма ( $K_{\text{т}}$ )** - средняя длительность нетрудоспособности, приходящаяся на один несчастный случай:

$$K_{\text{т}} = D / H,$$

где  $D$  - суммарное число дней нетрудоспособности по всем несчастным случаям за данный период.

Если выздоровление наступило не в данном году, а в последующем, то сам несчастный случай учитывается (при подсчете  $K_{\text{ч}}$ ) за тот год, когда он произошел, а число дней нетрудоспособности (при подсчете  $K_{\text{т}}$ ) учитывается за тот год, когда наступило выздоровление (или летальный исход).

### 3.5.1. Экспериментальная часть

1. Провести расследование несчастного случая и составить акт по форме Н-1.

#### Описание обстоятельств НС

Звено рабочих цеха капитального ремонта электрооборудования (КРПО) ноябрьской центральной базы производственного обслуживания (НЦБПО) в составе Богдана В.В. и Байназарова Р.С. было командировано без инженерно-технического работника в УЭЭС и ЭО (управление по эксплуатации электрических сетей и электрооборудования) НГДУ "Муравленковскнефть" для ремонта котла "ИМПАК" котельной на базе "Стартовая".

По прибытии к месту работы мастер цеха пароводоснабжения УЭЭС и ЭО Недопас А.А. выдал 30 мая 1997 г. вышеуказанному звену наряд

№ 181 на выполнение работ повышенной опасности - замене дымогарных труб котла № 1 с применением газосварочных работ.

В 15-30, при вырезке труб в верхней части котла, обнаружив недорезанный участок шестой трубы, Богдан В.В. стал разжигать горелку, чтобы завершить работу. Байназаров Р.С. находился с обратной стороны котла и поддерживал вырезаемую трубу.

При розжиге горелки произошел хлопок и выброс пыли, находящейся внутри трубы, в лицо Богдану В.В., в результате которого он получил травму глаз, т.к. был без защитных очков.

Первая помощь пострадавшему была оказана в медпункте УТТ-7 на базе "Стартовая" и поликлинике г. Муравленко. Далее, в сопровождении мастера цеха КРЭО Хруща Г.Г., он был отправлен для обследования по месту жительства в г. Ноябрьск.

27.06.97. от Богдана В.В. поступило заявление с просьбой расследовать обстоятельства данного происшествия.

2. На основании данных табл.3.1 рассчитать  $K_T$  и  $K_Ч$  и показать на графике динамику производственного травматизма за 5 лет.

Таблица 3.1

Сведения о производственных травмах за 1995-1999 гг.

Порядковый номер несчастных случаев	Среднесписочное число работающих (по годам) и число потерянных дней нетрудоспособности при каждом несчастном случае				
	1995 г. 889 чел.	1996 г. 909 чел.	1997 г. 965 чел.	1998 г. 916 чел.	1999 г. 929 чел.
1.	3	28	2	3	15
2.	21	3	3	2	3
3.	2	5	2	4	12
4.	8	2	16	2	2
5.	3	8	3	3	2
6.	14	3	3	17	3
7.	3	6	17 (переход.)	3	14
8.	3	1	2	2	1
9.	4	12	1	4	3
10.	смерт. случ.	3	9	3	1
11.	8	3	3	15	5
12.	12	2	8	3	3
13.	3	11	3	8	7
14.	5	1	7	смерт. случ.	12
15.	2	14	2	3	3
16.	6	2	24	13	1
17.	2	5	1	2	4
18.	3	3	5	10	19
19.	1	13	7	1	6
20.	31	2	5	16	2
21.	3	1	32	2	1
22.	18	2	3	2	17
23.	3	1	3	3	3
24.	1	6	2	11	1

25.	2	6	2	10	1
26.	2	12	2	4	4
27.	2	—	1	3	1
28.	5	—	3	8	2
29.	—	—	3	2	—
30.	—	—	—	1	—

### Контрольные вопросы

1. Виды инструктажей и порядок их проведения.
2. Цели, преследуемые при проведении вводного инструктажа. Кто его проводит? Перечень основных вопросов.
3. Виды инструктажей, проводимых на рабочем месте. Кто их проводит?
4. Сроки проведения инструктажей.
5. Что понимается под несчастным случаем?
6. Кем и в какой срок проводится расследование легких несчастных случаев, связанных с производством?
7. Кем и в какой срок проводится расследование смертельных, групповых и тяжелых несчастных случаев?
8. Кто принимает участие в расследовании?
9. Куда направляются материалы расследования?
10. Что учитывают коэффициенты частоты и тяжести травматизма?

Приложение  
к Положению о расследовании  
и учете НС на производстве

**УТВЕРЖДАЮ**

\_\_\_\_\_  
(подпись, Ф.И.О. работодателя)

"    "                    199    г.

(дата)

Печать предприятия

**Форма Н-1**

Один экземпляр направляется  
пострадавшему или его доверенному  
лицу

**АКТ № \_\_\_\_\_**

о несчастном случае на производстве

1. Дата и время несчастного случая

\_\_\_\_\_ (число, месяц, год и время происшествия)  
несчастного случая, количество полных часов от начала работы)

2. Организация, где произошел несчастный случай \_\_\_\_\_

(наименование и адрес, отрасль)

Наименование цеха, участка \_\_\_\_\_

3. Комиссия, проводившая расследование \_\_\_\_\_

(Ф.И.О., должности и место работы членов комиссии)

4. Организация, направившая работника \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (наименование, адрес)

5. Сведения о пострадавшем:

Фамилия, имя, отчество \_\_\_\_\_

Пол: мужской, женский \_\_\_\_\_

Возраст \_\_\_\_\_

Профессия( должность) \_\_\_\_\_

Стаж работы, при выполнении которой произошел несчастный случай \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (число полных лет и месяцев)

6. Проведение инструктажей и обучения по охране труда:

Вводный инструктаж \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (число, месяц, год)

Инструктаж на рабочем месте (первичный, вторичный, целевой)

по профессии или виду работы, при выполнении которого произошел несчастный случай \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (число, месяц, год)

Обучение по виду работы, при выполнении которого произошел несчастный случай \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (число, месяц, год)

Проверка знаний по профессии или виду работы, при выполнении которого произошел несчастный случай \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (число, месяц, год)

7. Описание обстоятельств несчастного случая \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Вид происшествия \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Причины несчастного случая \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Оборудование, использование которого привело к травме \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (наименование, тип, марка, год выпуска, предприятие-изготовитель)

Нахождение пострадавшего в состоянии алкогольного или наркотического опьянения \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (да, нет, указать степень опьянения)

Медицинское заключение о диагнозе повреждения здоровья \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

8. Лица, допустившие нарушение государственных нормативных требований по охране труда: \_\_\_\_\_

(Ф.И.О. лиц с указанием нарушенных ими требований)

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
Организация, работниками которой являются данные лица \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
(наименование, адрес)

\_\_\_\_\_  
9. Очевидцы несчастного случая \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
(Ф.И.О., их постоянное местожительство, домашний телефон)

10. Мероприятия и сроки по устранению причин несчастного случая

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
Председатель комиссии

\_\_\_\_\_  
(подпись, дата)

Члены комиссии

\_\_\_\_\_  
(подпись, дата)

\_\_\_\_\_  
(подпись, дата)

## 4. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ СРЕДА И ЕЕ ОПАСНОСТИ

**Производственная среда** – это пространство, в котором осуществляется трудовая деятельность человека. К элементам производственной среды относятся: предметы труда, средства труда, машины и др., продукты труда, энергия, природно-климатические факторы, растения, животные, персонал.

**Производственные помещения** – это замкнутые пространства производственной среды, в которых постоянно (в течение смены) или периодически осуществляется трудовая деятельность людей.

**Рабочая зона** - пространство высотой до 2 м над уровнем пола или площадки, на которых находятся места постоянного или временного пребывания работающих.

**Рабочее место** - место постоянного или временного пребывания работающих в процессе трудовой деятельности.

### 4.1. Производственный микроклимат

**Микроклимат производственных помещений** – это климат внутренней среды помещений, который определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности, скорости движения воздуха и температуры окружающих поверхностей.

**Высокая температура воздуха** способствует быстрому утомлению работающего, может привести к перегреву, тепловому удару или профзаболеванию. **Низкая температура** может вызвать местное или общее охлаждение организма, стать причиной простудного заболевания или обморожения. **Высокая относительная влажность** (отношение содержания водяных паров в 1 м<sup>3</sup> воздуха к их максимально возможному содержанию в этом объеме) при высокой температуре воздуха способствует перегреву организма, при низкой - усиливает теплоотдачу с поверхности кожи, что ведет к переохлаждению организма. **Низкая влажность** вызывает пересыхание слизистых оболочек дыхательных путей. **Подвижность воздуха** эффективно способствует теплоотдаче организма человека. Она положительна при высоких температурах и отрицательна - при низких.

Субъективные ощущения человека меняются в зависимости от изменения параметров микроклимата (табл. 4.1.).

ГОСТ 12.1.005-88 и СанПиН 2.2.4.548-96 устанавливает общие санитарно-гигиенические требования к температуре, относительной влажности, скорости движения воздуха в рабочей зоне с учетом избытков явного тепла, тяжести выполняемой работы и сезона года (табл. 4.2).

Таблица 4.1

Зависимость субъективных ощущений человека от параметров рабочей среды

Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Субъективные ощущения
21	40	Наиболее приятное состояние
	75	Хорошее, спокойное состояние
	85	Отсутствие неприятных ощущений
	90	Усталость, подавленное состояние
24	20	Отсутствие неприятных ощущений
	65	Неприятные ощущения
	80	Потребность в покое
	100	Невозможность выполнения тяжелой работы
30	25	Неприятные ощущения отсутствуют
	50	Нормальная работоспособность
	65	Невозможность выполнения тяжелой работы
	80	Повышение температуры тела
	90	Опасность для здоровья

**Явное тепло** - тепло, поступающее в рабочее помещение от оборудования, отопительных приборов, нагретых материалов, людей, в результате инсоляции и от других источников тепла, воздействующее на температуру воздуха в этом помещении.

В зависимости от количества выделяющегося явного тепла помещения разделяют на 2 группы:

- А) помещения с незначительными избытками явного тепла - избытки не превышают или равны  $23 \text{ Дж}/(\text{м}^3 \cdot \text{с})$  с учетом тепла от инсоляции;
- Б) помещения со значительными избытками явного тепла - избытки явного тепла, превышающие  $30 \text{ Дж}/(\text{м}^3 \cdot \text{с})$ .

В зависимости от температуры наружного воздуха весь год разделен на два периода:

- а) холодный переходный период года, характеризуемый среднесуточной температурой наружного воздуха  $+10^\circ\text{C}$  и ниже;
- б) теплый период года, характеризуемый среднесуточной температурой наружного воздуха  $+10^\circ\text{C}$  и выше.

По тяжести работы подразделяются на категории: Ia, Ib, Pa, Pb, III.

**Категории работ** - это разграничение работ на основе общих энергозатрат организма (Дж/с).

Легкие физические работы (категория Ia и Ib) - работы, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой, но не требующие систематического физического напряжения или поднятия тяжести; энергозатраты: Ia 139 Вт; Ib – 140 – 174 Вт.

Физические работы средней тяжести (категория Pa, Pb) охватывают виды деятельности, при которых расход энергии составляет 172 - 232 Вт, категория Pa и 232 - 293 Вт - категория Pb. К **категории Pa** относятся работы, связанные с постоянной ходьбой, выполняемые стоя или сидя, не требующие перемещения тяжестей. К **категории Pb** относятся работы, связанные с ходьбой и переноской небольших (до 10 кг) тяжестей.

Тяжелые физические работы (категория III) - работы, связанные с систематическим физическим напряжением, в частности, с постоянными передвижениями и переноской значительных (свыше 10 кг) тяжестей. Энергозатраты при этом составляют более 293 Дж/с.

**Оптимальные микроклиматические условия** - это сочетание количественных показателей микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают сохранение нормального теплового состояния организма без напряжения механизмов терморегуляции. Они обеспечивают ощущение теплового комфорта и создают предпосылки для высокого уровня работоспособности.

**Допустимые микроклиматические условия** - это сочетание показателей микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека могут вызвать напряжение механизмов терморегуляции, не выходящих за пределы физиологических приспособительных возможностей. При этом не возникает повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут наблюдаться дискомфортные теплоощущения, ухудшение самочувствия и понижение работоспособности.

Оптимальные и допустимые параметры температуры, относительной влажности, скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений даны в табл. 4.2.

В отапливаемых производственных помещениях, а также в помещениях со значительными избытками явного тепла, где на каждого работающего приходится площади пола от 5 до 100 м<sup>2</sup>, допускается в холодный и переходный периоды года понижение температуры воздуха вне постоянных рабочих мест против нормированных: до 12°С - при легких работах, до 10°С - при работах средней тяжести и до 8°С - при тяжелых работах.

При этом на рабочих местах поддерживаются метеорологические условия для холодного и переходного периодов согласно табл. 4.2.

В производственных помещениях с площадью пола на одного работающего больше 100 м<sup>2</sup> температура, относительная влажность, скорость движения воздуха должны быть обеспечены только на постоянных рабочих местах.



Таблица 4.2

Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений

Период года	Категория работ	Температура, °С					Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
		Оптимальная	Допустимая граница				оптимальная	допустимая на рабочих местах постоянных и непостоянных	оптимальная, не более	допустимая на рабочих местах постоянных и непостоянных
			верхняя		нижняя					
			на рабочих местах							
постоянных	непостоянных	постоянных	непостоянных							
Холодный	Легкая - Ia	22-24	25	26	21	18	40-60	15-75	0,1	Не бол.0,1
	Легкая - Ib	21-23	24	25	20	17	40-60	15-75	0,1	“-” 0,2
	Средней тяжести - Pa	18-20	23	24	17	15	40-60	15-75	0,2	“-” 0,3

	Средней тяжести - Pb	17-19	21	23	15	13	40-60	15-75	0,2	“-” 0,4
	Тяжелая - III	16-18	19	20	13	12	40-60	15-75	0,3	“-” 0,5
Теплый	Легкая - Ia	23-25	28	30	22	20	40-60	55-при 28°С	0,1	0,1-0,2
	Легкая - Ib	22-24	28	30	21	19	40-60	60-при 27°С	0,2	0,1-0,3
	Средней тяжести - Pa	21-23	27	29	18	17	40-60	65-при 26°С	0,3	0,2-0,4
	Средней тяжести - Pb	20-22	27	29	16	15	40-60	70-при 25°С	0,3	0,2-0,5

	Тяжелая - III	18-20	26	28	15	13	40-60	75-при 24°C и ниже	0,4	0,2-0,6
--	---------------	-------	----	----	----	----	-------	-----------------------	-----	---------

## 4.2. Влияние химических веществ

В современном производстве находится более 50 тысяч химических соединений, большая часть которых вредны для человека. Изучением их опасности занимается наука - токсикология.

В промышленности вредные вещества находятся в газообразном, жидком и твердом состояниях. Вредные вещества могут **поступать** в организм работающих **тремя путями**: ингаляционным (через дыхательные пути), через пищевод и через кожу.

Вредные вещества можно **вывести** из организма с выдыхаемым воздухом, со слюной, через почки, молочные железы и др.

**Действие** ядовитых веществ на человека **зависит** от:

- физико-химических свойств веществ (растворимость, летучесть, агрегатное состояние);
- путей проникновения в организм (наиболее частый - ингаляционный);
- концентрации воздействующего на человека ядовитого вещества;
- продолжительности его воздействия на организм;
- тяжести выполняемых работ.

Отравления бывают **острыми** и **хроническими**.

Отравления считаются **острыми**, если они наступают при действии яда на протяжении более одной рабочей смены. **Хронические** отравления являются следствием воздействия малых доз ядовитых веществ в течение продолжительного срока (более одной смены). Они развиваются постепенно и на начальных стадиях их трудно распознать из-за отсутствия ярких, специфических признаков отравления.

По токсическому воздействию химические вещества разделяют на:

**общетоксические** (углеводороды, спирты, сероводород, синильная кислота и ее соли, соли ртути, хлорированные углеводороды, оксид углерода) – вызывают расстройство нервной системы, мышечные судороги, нарушают структуру ферментов, влияют на кроветворные органы, взаимодействуют с гемоглобином;

**раздражающие** (хлор, аммиак, диоксид серы, туманы кислот, оксиды азота и др.) – воздействуют на слизистые оболочки, верхние и глубокие дыхательные пути;

**сенсibiliзирующие** (органические азокрасители, фенолоформальдегидные смолы и др.) – повышают чувствительность организма к химическим веществам, приводят к аллергическим заболеваниям;

**канцерогенные** (бенз(а)пирен, асбест, нитроазосоединения, бензол и др.) вызывают развитие раковых заболеваний. Этот процесс может быть отделен от момента воздействия вещества на годы, и даже десятилетия.

**мутагенные вещества** (этиламин, окись этилена, хлорированные углеводороды, соединения свинца и др.) – оказывают воздействие на

клетки (соматические и половые). Воздействие на соматические клетки вызывают изменения в геноипе человека и проявляются в преждевременном старении, повышении заболеваемости, злокачественных новообразованиях. Воздействие на половые клетки оказывает влияние на последующие поколения, иногда в очень отдаленные сроки;

**влияющие на репродуктивную функцию** (борная кислота, аммиак, многие химические вещества в больших количествах), вызывают развитие врожденных пороков, влияют на развитие плода в матке, послеродовое развитие и здоровье потомства.

Биологическое действие химических веществ на организм человека нарушает его гомеостаз (постоянство состава и свойств внутренней среды).

Вредное воздействие химических веществ начинается с определенной пороговой концентрации.

Для количественной оценки вредного воздействия химических веществ на человека используются показатели, характеризующие степень его токсичности.

**Средняя смертельная концентрация в воздухе (ЛК<sub>50</sub>)** – концентрация вещества, вызывающая гибель 50% животных при двух-, четырехчасовом ингаляционном воздействии на мышей и крыс.

**Средняя смертельная доза (ЛД<sub>50</sub>) при введении в желудок**, вызывающая гибель 50% животных при однократном введении.

**Средняя смертельная доза (ЛД<sub>50</sub>) при нанесении на кожу** - доза, вызывающая гибель 50% животных при однократном нанесении.

**Порог хронического действия (Lim<sub>cr</sub>)** – минимальная концентрация, вызывающая вредное действие в хроническом эксперименте на животных по 4 часа 5 раз в неделю на протяжении не менее 4 месяцев.

**Порог острого действия (Lim<sub>ac</sub>)** – минимальная концентрация, вызывающая острые отравления.

**Зона острого действия (Z<sub>ac</sub>)** - отношение среднесмертельной концентрации (ЛК<sub>50</sub> к порогу острого действия Lim<sub>ac</sub>)

$$Z_{ac} = ЛК_{50} / Lim_{ac}.$$

**Зона хронического действия Z<sub>cr</sub>** – отношение порога острого действия Lim<sub>ac</sub> к порогу хронического действия Lim<sub>cr</sub>.

$$Z_{cr} = Lim_{ac} / Lim_{cr}.$$

**Коэффициент возможного ингаляционного отравления (КВИО)**– отношение максимально достижимой концентрации вредного вещества при 20°С к среднесмертельной концентрации для мышей.

$$КВИО = \frac{C^{20}}{ЛК_{50}^{120}}.$$

**Предельно допустимая концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны (ПДКр.з.)** – это такая концентрация, которая при

ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 часов или при другой продолжительности (но не более 40 часов в неделю) в течение всего рабочего стажа не может вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений (по ГОСТ 12.1.005-88).

ПДК р.з. устанавливается в 2–3 раза ниже, чем порог хронического действия ( $Lim_{cr}$ ). Это снижение называется коэффициентом запаса.

В ГОСТе приводятся ПДК более 1500 вредных веществ и 57 аэрозолей.

По степени опасности ядовитые вещества делятся на 4 класса: чрезвычайно опасные, высокоопасные, умеренно опасные, мало опасные (табл.4.3).

Таблица 4.3

Показатели и нормы класса опасности вредных веществ (ГОСТ 12.1.007-76)

Показатели	Нормы для класса опасности			
	1	2	3	4
Предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м <sup>3</sup>	менее 0,1	0,1 - 1,0	1,1 - 10	более 10
Средняя смертельная доза при попадании в желудок, мг/кг	менее 15	15 - 150	151 - 5000	менее 5000
Средняя смертельная доза при нанесении на кожу, мг/кг	менее 100	100 - 500	501 - 2500	более 2500
Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/м <sup>3</sup>	менее 500	500 - 5000	5001 - 50000	более 50000
Коэффициент возможного ингаляционного отравления (КВИО)	более 300	300 - 30	29 - 3	менее 3
Зона острого действия	менее 6	6 - 18	18,1 - 54	более 54
Зона хронического действия	более 10	10 - 5	4,9 - 2,5	менее 2,5

В табл. 4.4 приведены ПДК и классы опасности некоторых из них.

Таблица 4.4

**Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны**

Вещества	Величина ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности	Агрегатное состояние
1	2	3	4
1. Азота окислы (в пересчете на O <sub>2</sub> )	5	2	п
2. Аммиак	20	4	п
3. Анилин	0,1+	2	п

4. Ацетон	200	4	п
5. Бензин - растворитель (в пересчете на С)	300	4	п
6. Бензин топливный	100	4	п

Продолжение табл. 4.4.

1	2	3	4
7. Ксилол	50	3	п
8. Ртуть металлическая	0,01	1	п
9. Свинец и его неорганические соединения	0,01	1	а
10. Сероводород	10+	2	п
11. Сероводород в смеси с углеводородами С <sub>1</sub> - С <sub>5</sub>	3	3	п
12. Спирт метиловый (метанол)	5+	3	п
13. Спирт этиловый	1000	4	п
14. Тетраэтилсвинец	0,005+	1	п
15. Толуол	50	3	п
16. Углерода окись	20	4	п
17. Углероды алифатические предельные С <sub>1</sub> - С <sub>10</sub> (в пересчете на С)	300	4	п
18. Щелочи едкие (растворы) (в пересчете на ОН)	0,5	2	а
19. Этиловый, диэтиловый эфир	300	4	п

ПРИМЕЧАНИЕ: В табл. 4.4 приведены преимущественно агрегатные состояния веществ в условиях производства: п - пары или газы; а - аэрозоли; "+" - опасны также при поступлении через кожу.

Для определения **содержания** вредных газов и паров существует **три метода**: лабораторный, экспресс-метод и автоматический.

При **лабораторном** методе проба воздуха, взятая в помещении, доставляется в химическую лабораторию, где подвергается тщательному анализу. При этом точность определения может достигать десятых и сотых долей процента. Недостаток метода - большие затраты времени, что затрудняет осуществление оперативного контроля.

Наиболее распространенными методами для определения содержания вредных газов и паров в воздухе рабочих помещений являются **экспресс-методы**, которые, хотя и с меньшей точностью, но с большей скоростью позволяют вести контроль за состоянием воздушной среды. Этот контроль осуществляется с помощью специальных приборов - газоанализаторов различных типов.

### 4.3. Лабораторная работа

*ИССЛЕДОВАНИЕ* *ПАРАМЕТРОВ*  
*МИКРОКЛИМАТА И*  
*КОНЦЕНТРАЦИИ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В*  
*ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ПОМЕЩЕНИИ*

Цель работы:

1. Ознакомиться с требованиями ГОСТ 12.1.005-88. “Воздух рабочей зоны”.
2. Ознакомиться с устройством и принципом работы приборов, применяемых для определения параметров микроклимата и загрязненности воздушной среды.
3. Измерить параметры микроклимата и концентрацию вредного вещества экспресс-методом (по заданию преподавателя).
4. Установить соответствие полученных результатов требованиям ГОСТа 12.1.005-88 “Воздух рабочей зоны”.
5. Рассчитать на основе полученных данных по концентрации вредного вещества степень его взрывоопасности.
6. Сделать выводы.

#### **4.3.1. Описание приборов**

Приборы для измерения метеорологических параметров делятся на два вида: - метры (измеряющие показания параметра) и -графы (записывающие изменение параметра во времени).

##### **Приборы для измерения температуры**

Для определения температуры в обычных условиях используются термометры (ртутные или спиртовые) и термографы.

Определение температуры по термометру производится через 10 -15 минут после установки термометра в зоне постоянного рабочего места не ближе 25 см от работающего.

**Термограф** (рис.4.1) предназначен для записи температуры во времени. Состоит из датчика в виде изогнутой биметаллической пластинки, системы рычагов и записывающего устройства. При изменении температуры воздуха меняется радиус изгиба биметаллической пластинки. Это изменение через систему рычагов передается на стрелку с укрепленным на ней пером. Перо касается ленты, закрепленной на внешней стороне барабана со встроенным часовым механизмом, и пишет спецчернилами кривую изменения температуры во времени. Перед пуском в работу термографа показания температуры устанавливаются с помощью регулировочного винта по термометру.

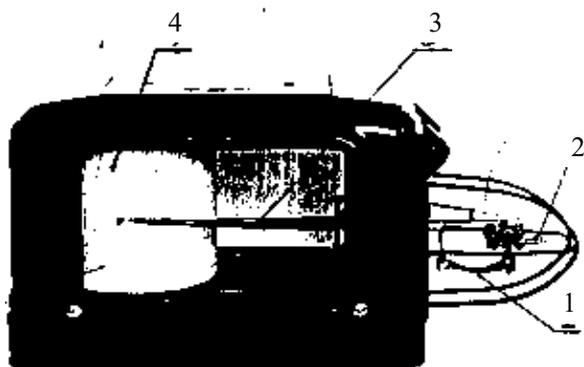


Рис. 4.1. Термограф:  
 1 - датчик - биметаллическая пластина;  
 2 - регулировочный винт;  
 3 - записывающее устройство;  
 4 - вращающийся барабан с диаграммной лентой

### Приборы для определения относительной влажности

Относительная влажность воздуха определяется с помощью психрометров, гигрометров, гигрографов.

Аспирационный психрометр (рис. 4.2) состоит из 2-х термометров. Шарик одного из термометров покрыт батистовым чулком. Резервуары термометров помещены в двойные металлические трубки, через которые вентилятором, расположенным в верхней части прибора, прогоняется воздух. Перед началом работы батистовый чулок смачивают водой при помощи пипетки. После смачивания чулка заводится пружина вентилятора (1) и через 4 - 5 мин на основании показаний сухого и влажного термометров по табл. 4.5 определяется относительная влажность.

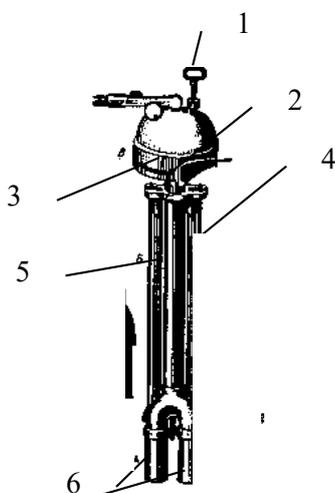


Рис. 4.2. Аспирационный психрометр Ассмана:  
 1- рукоятка для заводки вентилятора;  
 2 - корпус вентилятора;  
 3 - вентилятор;  
 4 - сухой термометр;  
 5 - смачиваемый термометр;  
 6 - направляющие колпачки

**Гигрограф** (рис. 4.3). У гигрографов типа М-21 датчиком, регулирующим изменение влажности, является пучок обезжиренных волос. Изменение длины пучка волос при изменении влажности преобразуется с помощью рычажков системы в движение стрелки, снабженной пером. Точность прибора  $\pm 1\%$ .

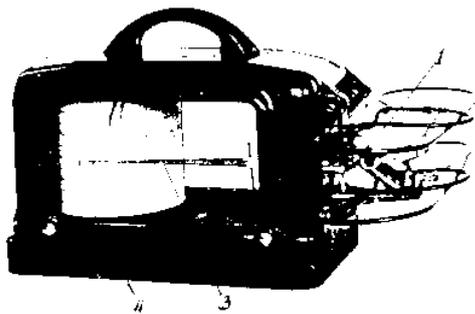


Рис. 4.3. Волосяной гигрограф:

- 1 - датчик влажности ( пучок обезжиренных волос);
- 2 - регулировочный винт;
- 3 - записывающее устройство;
- 4 - вращающийся барабан с диаграммной лентой

Таблица 4.5

## Психрометрическая таблица

Сухо й термо- метр, (°C)	ВЛАЖНЫЙ ТЕРМОМЕТР (°C)																										
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
8	29	40	51	63	75	87	100																				
9	21	31	42	53	64	67	88	100																			
10	14	24	34	44	54	75	76	88	100																		
11		17	26	36	46	56	66	77	88	100																	
12			20	29	38	48	57	68	78	89	100																
13			14	23	31	40	49	59	69	79	89	100															
14				17	25	33	42	51	60	70	79	90	100														
15					20	27	36	44	52	61	71	80	90	100													
16					15	22	30	37	46	54	63	71	81	90	100												
17						17	24	32	39	47	55	64	72	81	90	100											
18						31	20	27	34	41	49	56	65	73	82	91	100										
19							15	22	29	36	43	50	58	66	74	82	91	100									
20								18	24	30	37	44	52	56	66	74	83	91	100								
21								14	20	26	32	39	46	53	60	67	75	83	91	100							
22									16	22	28	34	40	47	54	61	68	76	84	92	100						
23									13	18	24	30	36	42	48	55	62	69	76	84	92	100					
24										15	20	26	31	37	43	49	56	63	70	77	84	92	100				
25											17	22	27	33	38	44	50	57	63	70	77	84	92	100			
26												14	19	24	29	34	40	46	52	57	64	71	77	85	92	100	
27													16	21	25	30	36	41	47	52	58	65	71	78	85	92	100

## Приборы для измерения степени подвижности воздуха

Для определения скорости движения воздуха используют анемометры (крыльчатые и чашечные), кататермометры.

Анемометры представляют собой сочетание крыльчатки, вращающейся под действием движущегося воздуха, со счетчиком оборотов.

**Крыльчатые анемометры** (рис. 4.4) имеют ветроприемник, выполненный из тонких пластинок легкого сплава. Прибор применяется для измерения скорости движения воздуха от 0,3 до 5 м/с.

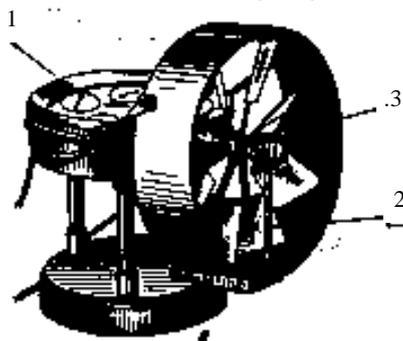


Рис. 4.4. Крыльчатый анемометр:

- 1 - счетчик оборотов;
- 2 - крыльчатка (ветроприемник);
- 3 - обечайка

**Чашечный анемометр** (рис. 4.5) рекомендуется применять для измерения скорости движения воздуха до 20 м/сек. Приемная часть у этих анемометров выполнена из металлических или пластмассовых чашечек. Анемометры имеют счетчик числа оборотов.

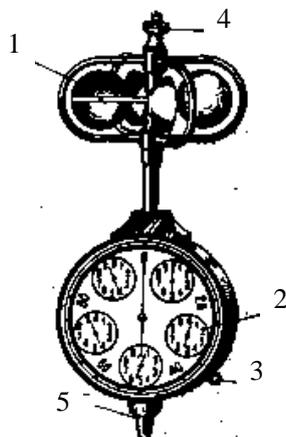


Рис. 4.5. Чашечный анемометр:

- 1 - метеорологическая вертушка (ветроприемник);
- 2 - счетчик оборотов;
- 3 - арретир;
- 4 - ушки для пропускания шнура;
- 5 - винт для крепления прибора

До начала измерения скорости движения воздуха записывают исходное положение стрелки на циферблатах ( $C_1$ ), затем прибор помещают в поток воздуха таким образом, чтобы ось вращения крыльчатки крыльчатого анемометра была направлена параллельно потоку воздуха, а чашечного – перпендикулярно. После преодоления инерции и установки постоянной скорости поворотом рычажка, находящегося на боковой стороне прибора, включают счетчик оборотов и отмечают время начала замера. Через 1 ми-

нуту выключают счетчик и записывают показания  $C_2$ . Затем определяют число оборотов в сек:

$$V = \frac{C_2 - C_1}{\tau}, \text{ об/с,}$$

где  $\tau$  - время замера (60 сек.).

Для перевода об/с в м/с в паспорте прибора имеется график.

**Кататермометр** (рис. 5.6) представляет собой спиртовой термометр с цилиндрическим или шаровым резервуаром большого объема и дополнительным расширением в верхнем конусе капилляра.



Рис. 4.6. Кататермометр:  
а) цилиндрический;  
б) шаровой

Кататермометр с цилиндрическим резервуаром имеет гравировку от 35 до 38°C, а с широким резервуаром - от 33 до 40°C.

Определение скорости движения воздуха производится в следующем порядке: нижний резервуар кататермометра погружается в нагретую до 65 - 75°C воду и выдерживается до тех пор, пока спирт не заполнит половину верхнего расширения капилляра. Затем прибор извлекают из воды, тщательно вытирают досуха и подвешивают вертикально в точке замера так, чтобы он не качался. Секундомером засекают время охлаждения кататермометра с 38°C до 35°C, в течение которого кататермометр теряет постоянное количество тепла.

Для выполнения дальнейших расчетов необходимо знать величину фактора  $F$ , определяющего теплоотдачу в микалориях с 1 см<sup>2</sup> поверхности нижнего резервуара при охлаждении кататермометра с 38°C до 35°C. Величина фактора определяется предварительным тарированием и гравировается на обратной стороне шкалы прибора  $F$ . Константа кататермометра  $\Phi$ , определяющая величину теплоотдачи при охлаждении на 1°C, измеряемая в мкал/см<sup>2</sup>·град, равна:

$$\Phi = \frac{F}{3} .$$

Зная константу кататермометра и время, в течение которого произошло охлаждение ( $\tau$ ), можно найти охлаждающую способность окружающего воздуха ( $H$ ), выраженную в катаградусах:

$$H = \frac{\Phi(T_1 - T_2)}{\tau}, \text{ мкал}/(\text{с.см}^2\text{град.}),$$

где  $T_1$  и  $T_2$  - начальная и конечная температуры охлаждения ( К );

$\tau$  - время охлаждения кататермометра от  $T_1$  до  $T_2$ .

Для определения скорости движения воздуха необходимо знать отношение  $\frac{H}{C}$ , где  $C$  - разность между средней температурой кататермометра в период испытания ( $36,5^\circ\text{C}$ ) и температурой окружающей воздушной среды ( $t_c$ ), т.е.  $C = (36,5 - t_c) ^\circ\text{C}$ .

Скорость движения воздуха по цилиндрическому и шаровому кататермометрам определяется по формулам:

$$\text{при } \frac{H}{C} \leq 0,6 \quad V = \left( \frac{H/C - 0,20}{0,40} \right)^2, \text{ м/с};$$

$$\text{при } \frac{H}{C} \geq 0,6 \quad V = \left( \frac{H/C - 13}{0,47} \right)^2, \text{ м/с}.$$

### Приборы для определения атмосферного давления

Для измерения атмосферного давления используются барометры и барографы.

**Барометры** бывают ртутные, пружинные и aneroidные. Последние нашли большое применение. Датчиком барометра-анероида является набор из последовательно соединенных между собой 5 - 6 aneroidных коробок. В aneroidной коробке создан вакуум, а для предотвращения ее сжатия под действием атмосферного давления внутри коробки укреплен рессорная пружина. При повышении давления коробки сжимаются, при уменьшении - расширяются, что через систему рычагов отмечается стрелкой прибора. Точность прибора 0,1 мм.рт.ст.

**Барограф** (рис. 4.7) предназначен для записи на ленту изменения атмосферного давления. Датчиком барографа является набор aneroidных коробок. Через систему рычагов aneroidные коробки связаны с пером самописца. Устройство барографа подобно устройству термографа и гигрографа.

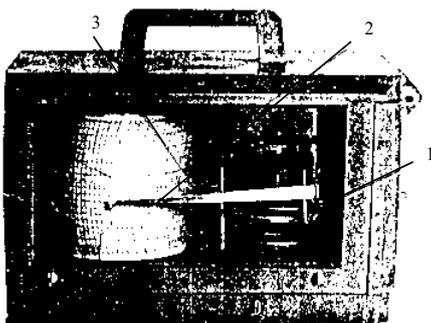


Рис. 4.7. Барограф:

- 1 - aneroidные коробки;
- 2 - записывающее устройство;
- 3 - барабан с диаграммной лентой

Определение метеорологических параметров производится на экспериментальной установке (см. рис.4.8), в которую помещены описанные выше приборы.

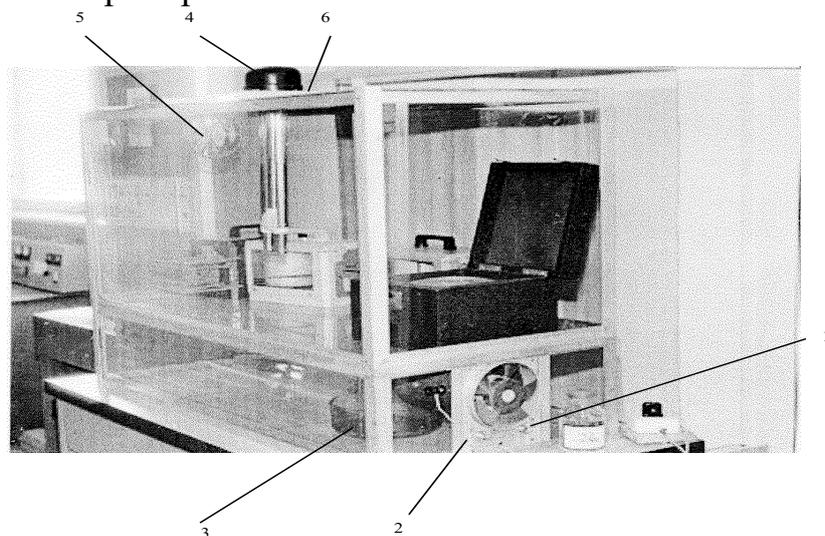


Рис. 4.8. Камера для исследования метеорологических условий:

- 1 - тумблер для включения вентилятора;
- 2 - тумблер для включения нагревателя;
- 3 - емкость с водой;
- 4 - аспирационный психрометр;
- 5 - крыльчатый анемометр;
- 6 - фрамуга для регулирования скорости движения воздуха

Для измерения метеопараметров используются и более современные приборы, например, "метеометр МЭС -2" (ЯВША 416311.000 ПС), рис. 4.9.

Прибор служит для определения всех необходимых параметров (температуры, влажности, скорости движения воздуха и атмосферного давления).

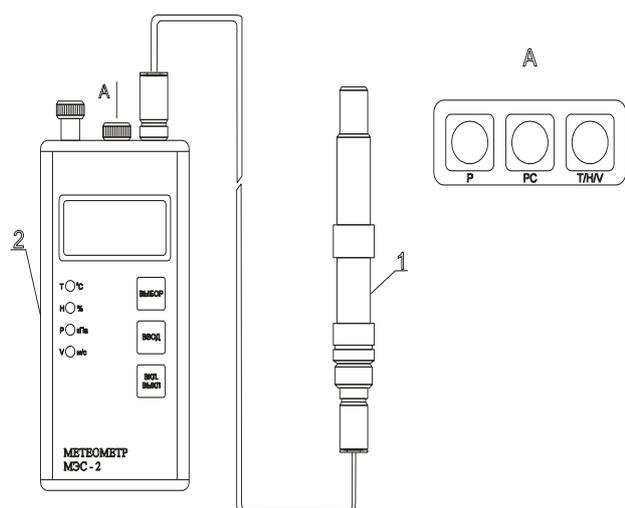


Рис. 4.9. Метеометр МЭС – 2:

- 1 - измерительный щуп с датчиками: скорости, температуры и влажности;
- 2 - измерительный индикатор

### Порядок проведения измерений

МЭС работает в режимах тестирования, измерения, чтения и управления от компьютеров.

В режиме "тестирование" при нажатии кнопки ВКЛ - ВЫКЛ в течение 10 сек на индикаторе высвечиваются нули, а затем последовательно все возможные символы.

После окончания тестирования на индикаторе устанавливается номер включения А-XXX, а все светодиоды начинают мигать.

В режиме "измерение" происходит измерение параметров. Вход в режим "измерение" осуществляется нажатием кнопки ВЫБОР. При этом высвечивается светодиод "Т °С", а на индикаторе устанавливается измеренное значение температуры.

Последовательным нажатием кнопки ВЫБОР осуществляется переход к измерению других параметров. При этом на индикаторе устанавливается значение соответствующего параметра.

### Приборы для определения концентрации

Для определения концентрации загрязнения применяется универсальный газоанализатор УГ-2 (рис. 4. 10).

Принцип работы газоанализатора основан на способности некоторых веществ, нанесенных на твердые сорбенты (силикагель, фарфоровый порошок), менять свой цвет при протягивании через них воздуха, содержащего соответствующий вредный газ или пары вредного вещества.

Длина окрашенного столбика пропорциональна концентрации опасного газа в воздухе.

Газоанализатор УГ-2 состоит из корпуса, внутри которого расположен сильфон (1). Сильфон представляет собой гофрированную резиновую трубку, закрепленную между нижним и верхним фланцами корпуса.

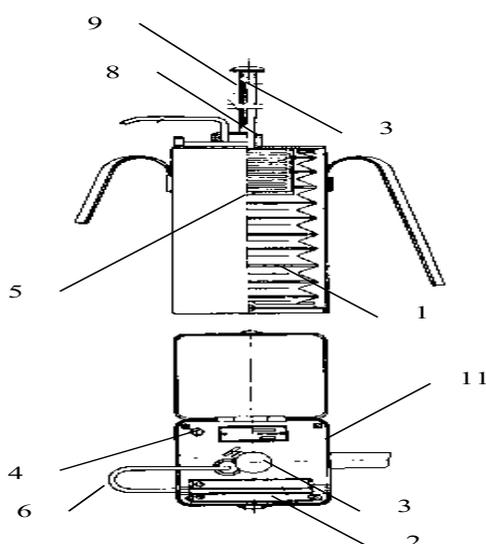


Рис. 4.10. Газоанализатор УГ-2:

- 1 - резиновый сильфон;
- 2 - подставка со шкалами;
- 3 - шток;
- 4 - отверстия для хранения штока;
- 5 - пружина сильфона;
- 6 - резиновая трубка от штуцера;
- 7 - стопор;
- 8 - направляющая втулка;
- 9 - канавка с углублениями;
- 10- штуцер;
- 11- корпус

Внутри сильфона находится пружина (5), которая держит сильфон в растянутом положении, а для сохранения формы гофрированных поверхностей с внутренней стороны сильфона установлены распорные кольца. На верхней плате корпуса имеется штуцер (10), соединяемый резиновой трубкой (6) со стеклянной индикаторной трубочкой (9). Втулка (8) в центре верхней платы корпуса служит направляющей для штока (3) при сжатии сильфона. Во втулке смонтировано стопорное устройство (7), предназначенное для фиксации штока в нижнем и верхнем положениях. На гранях под головкой штока обозначены объемы анализируемого воздуха.

На цилиндрической поверхности штока имеются четыре продольные канавки, каждая с двумя углублениями, служащими для фиксации объема воздуха, проходящего через трубку с индикатором. Расстояние между углублениями на канавках подобрано таким образом, чтобы при ходе штока от одного углубления до другого сильфон забирал необходимое для анализа данного газа количество исследуемого воздуха.

### **Определением концентрации загрязняющего вещества**

1. Проверяется на герметичность воздухозаборное устройство газоанализатора УГ-2. Для этого необходимо сжать сильфон штоком до фиксации его стопорным устройством в верхнем углублении, перегнуть резиновую трубку, зажать ее зажимом и отвести стопор. При герметичности системы шток после начального рывка не должен двигаться.

2. Готовятся индикаторные трубки для определения концентрации вредных газов или паров. Для этого в один конец индикаторной стеклянной трубки вставляется кусочек ваты. Ватный тампон с длинной стороны трубки выравнивается шомполом. Индикаторную трубку заполняют порошком через воронку. Порошок в трубке по всей ее длине должен быть одинаковой плотности, для чего после заполнения трубочки легкими постукиваниями шомпола по трубке, вращаемой между большим и указательными пальцами, уплотняют индикаторный порошок. Если трубка будет неполной, то ее дополняют порошком.

После заполнения другой конец трубки закрывают ватным тампоном. Подготовленная таким способом трубка готова для определения содержания вредных газов.

3. По условиям анализа выбирается соответствующий шток, который вставляется во втулку газоанализатора. Нажимая шток, необходимо зафиксировать его в верхнем углублении канавки.

4. Приготовленную для анализа индикаторную трубку соединяют одним концом с резиновой трубкой, идущей к штуцеру, помещают в загазованную камеру. Стопор опускается и начинается всасывание воздуха в сильфон. После остановки штока в нижнем углублении стопорным устройством необходимо выждать некоторое время (общее время

просасывания приведено в табл. 4) и извлечь индикаторную трубку с фильтрующим патроном из камеры.

5. По верхней границе окрашенного в трубке порошка, по соответствующей пропущенному количеству воздуха в шкале, определяется концентрация газов или паров вредного вещества в камере.

### **Определение метеорологических параметров**

1. Включить стенд для определения метеорологических условий (рис. 4.8) в электрическую сеть. Включить тумблер 1. Открыть фрамугу 6 и задать скорость движения воздуха в камере.

2. Замерить относительную влажность и температуру при помощи аспирационного психрометра, а скорость воздуха - при помощи крыльчатого анемометра.

3. Включить тумблер 2 и провести те же замеры.

4. По номограмме (рис. 4.12) определить эффективную и эффективно-эквивалентную температуры на рабочем месте. (Под эффективной температурой (ЭТ) понимают температуру насыщенного подвижного воздуха, обладающего такой же охлаждающей способностью, как воздух с заданными значениями температуры и влажности. При любом сочетании температуры, влажности и скорости движения воздуха можно найти температуру (t) неподвижного воздуха, который создает то же тепловое ощущение, т.е. обладает той же охлаждающей способностью. Эта температура называется эквивалентно-эффективной (ЭЭТ)).

5. Записать показания влажного и сухого термометров при неподвижном воздухе.

6. Создать различные скорости движения воздуха, записав при них показания обоих термометров и скорости воздуха. При каждой скорости воздушного потока обдув психрометра производить не менее 4 мин. до снятия показаний.

7. Определить по номограмме рис. 4.11 эффективную температуру, которой соответствует точка пересечения прямой, соединяющей показания сухого и влажного термометров с нижней кривой, где скорость движения воздуха равна 0.

8. Определить по номограмме рис. 4.11 эффективноэквивалентную температуру (с учетом скорости движения воздуха), которая позволяет оценить охлаждающее действие воздуха с учетом скорости его движения и влажности, что с физиологической точки зрения является более обоснованным.

9. Все замеры занести в табл. 4.12 и 4.13.

10. Определить концентрацию загрязняющего вещества в экспериментальной камере.

11. Определить степень взрывоопасности газовой смеси при найденной концентрации вредных газов и паров.

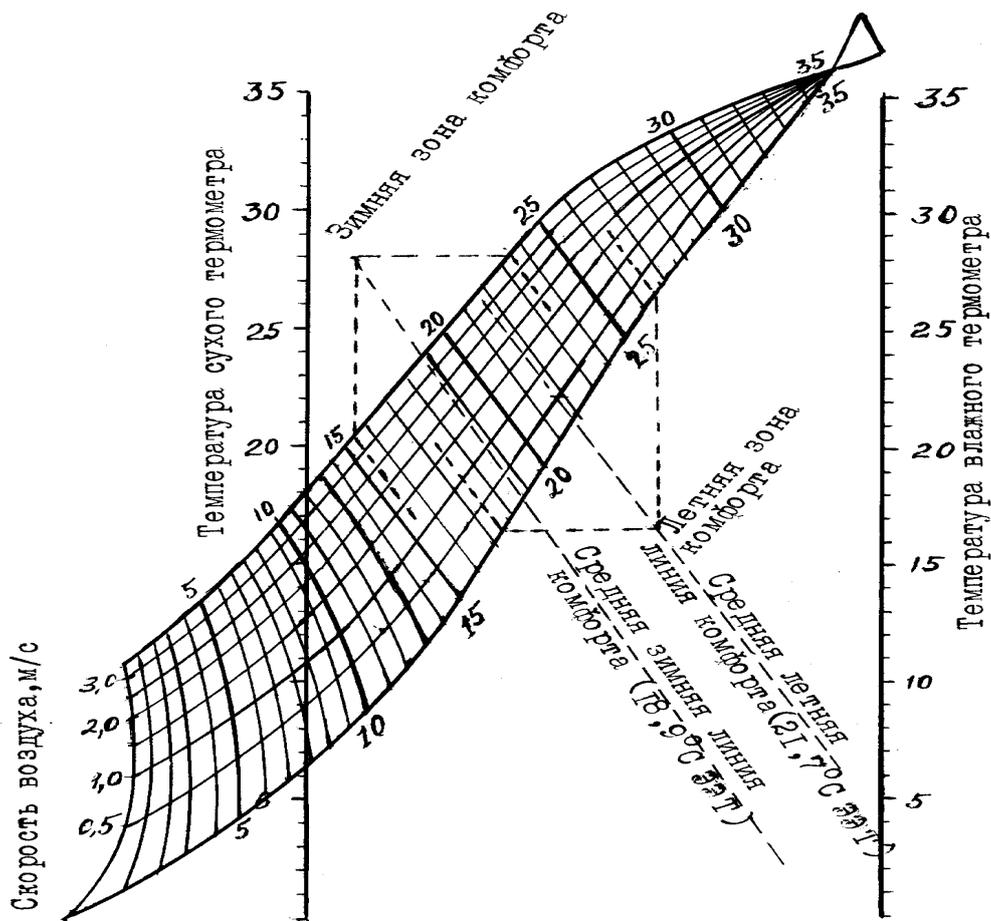


Рис. 4.11. Номограмма эффективно-эквивалентных температур

Степень взрывоопасности газозвушной смеси определяется по процентному содержанию исследуемого газа в воздухе.

Процентная концентрация взрывоопасного газа в воздухе определяется по формуле:

$$V = \frac{V_t \sigma 100\%}{M},$$

где  $V_t$  - объем 1 грамм-молекулы газа в условиях опыта, л;

$\sigma$  - концентрация взрывоопасного газа, г/л;

$M$  - молекулярный вес исследуемого газа, гр/моль.

Объем 1 грамм-молекулы газа в условиях опыта можно рассчитать по формуле:

$$V_t = \frac{V_0 P_0 (273 + t)}{P_t T_0},$$

где  $V_0 = 22,4$  - объем одной грам-молекулы при давлении 760 мм.рт.ст;

$P_0 = 760$  - давление при нормальных условиях, мм.рт.ст;

$t$  - температура в условиях опыта, °С;

$P_t$  - давление в условиях опыта, мм.рт.ст;

$T_0 = 273^\circ \text{K}$  - нормальная температура, °К.

При вычислении процентного содержания взрывоопасного газа необходимо помнить, что по газоанализатору УГ-2 концентрация газа ( $\sigma$ ) определяется в мг/м<sup>3</sup>.

Вычисленное процентное содержание вредного компонента в воздухе сравнивается с пределами взрываемости этого вещества, указанного в табл. 4.6.

Таблица 4.6

Наименование газа (пара)	Молекулярный вес	Пределы взрываемости (% объемный)		Прокачиваемый объем, мл	Время прокачивания, мин.	Цвет индикаторного порошка после анализа
		нижний	верхний			
Этиловый эфир	74	1,71	48,0	400	10	зеленый
Сероводород	34	4,3	45,5	300 30	5 2	коричневый
Бензин	36	2,0	4,8	300 60	7 4	светло-коричневый
Бензол	78	1,71	7,45	350 100	7 4	серо-зеленый
Толуол	92	1,27	6,75	300 100	7 4	темно-коричневый
Ксилол	106	1,2	6,2	300 100	4 3	красно-фиолетовый
Ацетон	58	2,89	13,0	300	7	желтый
Углеводороды нефти				300	7	светло-коричневый
Аммиак	17	15,5	27,0	250 30	4 2	синий

## СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Краткое описание приборов и принципа их работы.
4. Результаты определений микроклимата эффективно-эквивалентной температуры занести в табл. 4.7 и 4.8.
5. Результаты замеров загазованности занести в табл. 4.9 и 4.10.
6. Выводы о соответствии замеренных параметров ГОСТу 12.1.005-88 и пожарной опасности замеренной концентрации.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое терморегуляция?
2. За счет чего осуществляется терморегуляция?
3. Что считается рабочей зоной?
4. Каким ГОСТом нормируются метеоусловия?
5. На какие периоды делится год?
6. Какие параметры называются оптимальными?
7. Какие параметры называются допустимыми?
8. Как нормируются метеоусловия?
9. Какими приборами измеряется температура воздуха?
10. Какие приборы используются для измерения влажности воздуха?
11. Какие приборы используются для определения скорости движения воздуха?
12. Чем различаются острые и хронические отравления?
13. Что такое ПДК?
14. Чем определяется класс опасности?
15. Как работает газоанализатор?

Таблица 4.7

## Результаты определения метеорологических параметров

Период года	Характеристика производственных помещений	Категория работы	Оптимальные параметры по ГОСТ 12.1.005-88			Допустимые параметры по ГОСТ 12.1.005-88			Фактические параметры			
			Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/сек	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/сек	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/сек	Атмосферное давление мм.рт.ст.

Таблица 4.8

## Результаты определения эффективной и эффективно-эквивалентной температур

Условия	Показания психрометра	Показания аниометра	Эффективная температура (ЭТ)	Эффективно-эквивалентная температура (ЭЭТ)
Неподвижный воздух				
Подвижный воздух				

Таблица 4.9

## Результаты определения концентрации загрязнителя в воздухе

№ № опыта	Наименование газа (пара)	Объем прокачиваемого воздуха по прибору в мл.	Количество прокачиваний	Цвет индикаторного порошка		Фактическая концентрация исследуемого газа в воздухе, мг/м <sup>3</sup>
				до анализа	после анализа	

Таблица 4.10

## Результаты определения степени взрывоопасности исследуемой смеси

Наименование	Концентрация газа в воздухе, определяемая в:		Пределы взрыва (процент об)	
	мг/м <sup>3</sup>	объемных процентах	нижний	

## 5. ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

### 5.1. Основные светотехнические единицы

**Видимый свет** – это электромагнитные излучения длиной волны от 380 до 780 нм. Он обеспечивает восприятие 90 % информации, влияет на тонус, на обмен веществ, на иммунные и аллергические реакции, на работоспособность и самочувствие человека.

Недостаточное освещение затрудняет длительную работу, вызывает повышенное утомление, увеличивает опасность травм и способствует развитию близорукости.

Излишне яркий свет слепит, приводит к перевозбуждению нервной системы, уменьшает работоспособность. Чрезмерная яркость может вызвать фотоожоги глаз и кожи, катаракты и др. нарушения.

Освещение характеризуется количественными и качественными показателями. К количественным относятся:

**Лучистый поток ( $\Phi$ )** – это мощность лучистой энергии электромагнитного поля в оптическом диапазоне волн, Вт.

**Световой поток ( $F$ )** – это мощность световой энергии, оцениваемой по зрительному восприятию, измеряется в люменах (лм).

**Сила света ( $J$ )** – это пространственная плотность светового потока, определяется как отношение светового потока  $dF$  к величине телесного угла  $d\Omega$ , кандела (кд):

$$J = dF / d\Omega .$$

**Освещенность ( $E$ )** – поверхностная плотность светового потока, определяется как отношение светового потока  $dF$  к площади освещаемой поверхности, люкс (лк):

$$dS: E = dF / dS .$$

**Яркость ( $L$ )** поверхности под углом  $\alpha$  к нормали – это отношение силы света  $dJ_\alpha$ , излучаемой поверхностью в этом направлении, к проекции светящейся поверхности на плоскость, перпендикулярную данному направлению, кд/м<sup>2</sup>:

$$L_\alpha = dJ_\alpha / dS \cos \alpha .$$

Для качественной оценки условий зрительной работы используют ряд показателей.

**Фон** – это поверхность, на которой происходит различение объекта. Под объектом различения понимается минимальный элемент рассматриваемого предмета. Фон характеризуется **коэффициентом отражения ( $\rho$ )** – способностью отражать падающий на него свет, он определяется как отношение отраженного светового потока  $F_{отр}$  к падающему  $F_{пад}$ ;

$$\rho = F_{отр} / F_{пад} .$$

Коэффициент отражения меняется от **0,02 до 0,95**. При  $\rho < 0,2$  фон считается **темным**, при  $\rho = 0,2 - 0,4$  – **средним**;  $F_a$  при  $\rho > 0,4$  - **светлым**.

**Контраст объекта с фоном (К)** – степень различения объекта и фона– определяется из соотношения яркостей или коэффициентов отражения объекта и фона:

$$K = (L_{\phi} - L_o) / L_{\phi} = (\rho_{\phi} - \rho_o) / \rho_{\phi}.$$

Контраст считается **большим при  $K > 0,5$**  (объект резко выделяется на фоне) ; при  $K = 0,2 - 0,5$  - **средним** (объект и фон заметно отличаются); при  $K < 0,2$  - **малым** (объект слабо заметен на фоне).

**Коэффициент пульсации ( $k_{\Pi}$ )** - изменение освещенности поверхности вследствие периодического изменения во времени светового потока источника света:

$$k_{\Pi} = [(E_{\text{MAX}} - E_{\text{MIN}}) / 2E_{\text{CP}}] 100\%,$$

где  $E_{\text{max}}$ ,  $E_{\text{min}}$  и  $E_{\text{cp}}$  – максимальное, минимальное и среднее значение освещенности за период колебаний; для газоразрядных ламп  $k_{\Pi} = (25-65) \%$ , для ламп накаливания -  $k_{\Pi} = 7 \%$ , для галогенных ламп-  $k_{\Pi} = 1 \%$ .

**Показатель ослепленности ( $P_o$ )** - критерий оценки слепящего действия, создаваемого осветительной установкой:

$$P_o = 1000 (V_1 / V_2 - 1),$$

где  $V_1$  и  $V_2$  – видимость объекта различения соответственно при экранированном и разэкранированном источнике света.

**Видимость (V)** – характеризует способность глаза воспринимать объект. Она зависит от освещенности, размера объекта, его яркости, контраста объекта с фоном, длительности экспозиции. Видимость оценивается числом пороговых контрастов ( $K_{\text{пор}}$ ), содержащихся в действительном контрасте ( $K_d$ ):

$$V = K_d / K_{\text{пор}}.$$

**Пороговый контраст ( $K_{\text{пор}}$ )** - наименьший различимый глазом контраст, при небольшом уменьшении которого объект становится неразличимым на этом фоне.

## 5.2. Системы производственного освещения

При освещении производственных помещений используется естественное – за счет солнечного излучения (прямого и диффузного рассеянного света небосвода), искусственное – за счет источников искусственного света, и совмещенное освещение.

**Естественное освещение** имеет широкий спектральный состав, включая ультрафиолетовый, высокую диффузность, однако, оно зависит от погодных условий, изменяется по времени, возможно тенеобразование и ослепление при ярком свете.

Естественное освещение подразделяют на **боковое** (одно- и двухстороннее), осуществляемое через световые проемы в наружных стенах; **верхнее** – через световые фонари, проемы в кровле и перекрытиях; комбинированное – сочетание верхнего и бокового освещения.

Искусственное освещение может быть общим (равномерным или локализованным) и комбинированным (общее и местное).

По функциональному назначению искусственное освещение подразделяется на рабочее, аварийное и специальное, которое может быть охранным, дежурным, эвакуационным, эритемным, бактерицидным и др.

**Рабочее освещение** предназначено для обеспечения нормальной работы и является обязательным для всех производственных помещений.

**Аварийное освещение** устраивается для продолжения работы в помещениях, где отключение рабочего освещения может привести к пожарам, взрывам, отравлениям и др. Минимальная освещенность рабочих поверхностей должна составлять 5% от нормируемой рабочей освещенности, но не менее 2 лк.

**Эвакуационное освещение** предназначено для эвакуации людей из производственных помещений при авариях или отключении рабочего освещения. Оно организуется в опасных для прохода людей: на лестничных клетках, вдоль основных проходов производственных помещений, в которых работают более 50 человек. Минимальная освещенность на полу должна составлять в помещениях не менее 0,5 лк, на открытых территориях – не менее 0,2 лк.

**Охранный свет** устраивают вдоль границ территорий, охраняемых специальным персоналом. Наименьшая освещенность 0,5 лк.

**Сигнальный свет** применяется для фиксации границ опасных зон; оно указывает на наличие опасности, либо на безопасный путь эвакуации.

**Бактерицидное облучение** (освещение) создается для обеззараживания воздуха, питьевой воды, продуктов питания. Наибольшей бактерицидной способностью обладают ультрафиолетовые лучи длиной волны (254 – 257) нм.

**Эритемное облучение** создается в помещениях, где недостаточно солнечного света (северные районы, подземные сооружения). Максимальное эритемное воздействие оказывают электромагнитные лучи с длиной волны 297 нм. Они стимулируют обмен веществ, кровообращение, дыхание и другие функции организма.

### 5.3. Источники света и осветительные приборы

Источники света, применяемые для искусственного освещения, делят на **газоразрядные и лампы накаливания**. В лампах накаливания видимое излучение получается за счет нагрева электрическим током

вольфрамовой нити. В газоразрядных лампах свечение люминофора возникает в результате электрического разряда в атмосфере инертных газов и паров металлов.

При выборе источника света учитывают номинальное напряжение (В), мощность лампы (Вт), максимальную силу света (кд), световую отдачу (лм/Вт), спектральный состав.

Лампы накаливания имеют широкое распространение в промышленности. Они просты в изготовлении, удобны в эксплуатации, надежны при колебаниях напряжения и метеорологических условий. Их недостатками являются низкая светоотдача (7 – 20 лм / Вт), малым сроком службы (до 2,5 тыс.ч), в их спектре преобладают желтые и красные лучи, что сильно отличается от солнечного света.

В последние годы широко распространены **галогеновые лампы** - лампы накаливания с йодным циклом, светоотдачей до 40 лм/Вт. Пары вольфрама, испаряющиеся с нити накала, соединяются с йодом, превращаясь в йодистый вольфрам, вновь оседают на вольфрамовую спираль, восстанавливая ее, увеличивая срок службы до 3 тыс. ч. Спектр галогеновых ламп близок к естественному.

Газоразрядные лампы имеют преимущества по сравнению с лампами накаливания. У них большая светоотдача (40 - 100 лм/Вт), срок службы 8 - 12 тыс. ч. Газоразрядные лампы бывают низкого давления - люминесцентные и высокого давления. С помощью люминесцентных ламп, подбирая люминофор, инертные газы и металл, можно получить желаемый спектр. По спектральному составу различают лампы дневного света (ЛД), холодного белого (ЛХБ), теплого белого (ЛТБ), белого (ЛБ), дневного света с улучшенной светоотдачей (ЛДЦ).

Основным недостатком газоразрядных ламп является пульсация светового потока, что может привести к появлению стробоскопического эффекта - искажения зрительного восприятия, когда вместо одного предмета видны несколько. К недостаткам газоразрядных ламп относят длительный период их разгорания, необходимость применения специальных пусковых приспособлений, зависимость работоспособности от температуры окружающей среды.

Газоразрядные лампы высокого давления: **ДРЛ** (дуговые ртутные люминесцентные); **ДРИ** (дуговые ртутные с йодидами); **ЛКСТ** (дуговые ксеноновые трубчатые) - в основном применяются для освещения территорий предприятий; **ДНСТ** (дуговые натриевые трубчатые) используются для освещения высоких цехов.

**Светильники** - специальные устройства для перераспределения светового потока и защиты ламп от воздействия окружающей среды.

Важной характеристикой светильника является коэффициент полезного действия - отношение светового потока светильника к световому потоку лампы.

По конструктивному исполнению светильники делятся на открытые, закрытые, пыленепроницаемые, влагозащищенные, взрывозащищенные и взрывобезопасные.

По распределению светового потока - прямого, преимущественно прямого, рассеянного и отраженного света.

Основные типы светильников приведены на рис. 5.1.

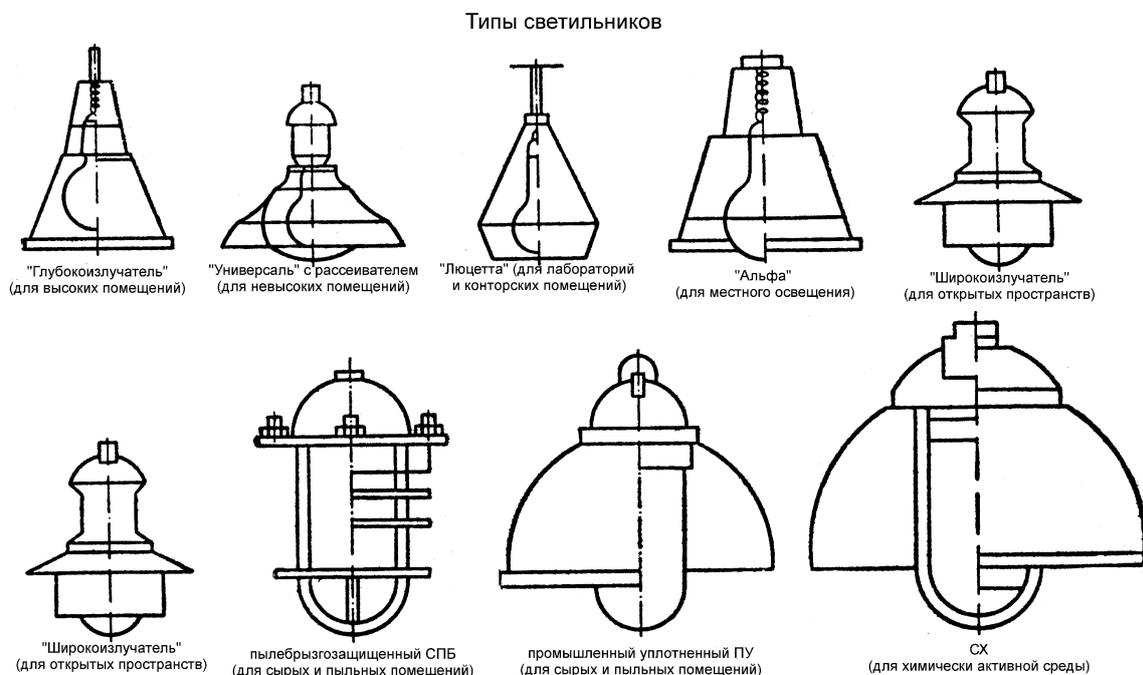


Рис. 5.1. Промышленные типы светильников с лампами накаливания

#### 5.4. Нормирование освещения

Освещенность нормируется СНиП 23-05-95 (см. табл. 5.1.) Для искусственного освещения нормируемым параметром является минимальная освещенность ( $E_{\text{мин}}$ ) на рабочей поверхности в горизонтальной плоскости на расстоянии 0,8 м от пола. Все работы делятся на VIII разрядов, а I – V разряды делятся на подразряды.  $E_{\text{мин}}$  выбирается в зависимости от точности зрительной работы, коэффициента отражения зрительной поверхности и контраста объекта с фоном.

В нормах приведены значения освещенности для газоразрядных ламп. Для ламп накаливания нормы снижаются по шкале освещенности на одну ступень: 0,2; 0,3; 0,5; 1; 2; 4; 5; 6; 7; 10; 15; 20; 30; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 500; 600; 750; 1000; 1250; 1500; 2000; 2500; 3000; 3500; 4500; 5000.



Таблица 5.1

## Нормируемая освещенность по СНиП 23.05-95

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение					Естественное освещение		Совмещенное освещение	
						Освещенность, лк		Сочетание показателя ослепленности и коэф. пульсации			КЕО, (ε <sub>н</sub> ,)%			
						при системе комбинированного освещения		при системе общего освещения	Р	К <sub>п,5</sub>	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении
						всего	в т. ч. от общего							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Наивысшей точности	Менее 0,15	I	а	Малый	Темный	5000	500	-	20	10	-	-	6	2
						4500	500	-	10	10				
			б	Малый	Средн.	4000	400	1250	20	10				
					Средн.	3500	400	1000	10	10				
			в	Малый	Средн.	2500	300	750	20	10				
					Средн.									
					Больш.									
г	Средн.	Средн.	1500	200	400	20	10							
		Больш.						Средн.	1250	200	300	10	10	
		Больш.						Средн.						
Очень высокой точности	От 0,15 до 0,30	II	а	Малый	Темн.	4000	400	-	20	10			4,2	1,5
						3500	400	-	10	10				

Продолжение табл. 5.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15					
			б	Малый	Средн.	3000	300	750	20	10									
				Средн.	Темн.	2500	300	600	10	10									
			в	Малый	Светл.	2000	200	500	20	10									
				Средн.	Средн.														
				Больш.	Темн.	1500	200	400	10	10									
			г	Средн.	Светл.	1000	200	300	20	10									
Больш.	Средн.	750		200	200	10	10												
Высоко й точнос ти	От 0,3 до 0,5	III	а	Малый	Темный	2000	200	500	40	15			3	1,2 0,9					
				Больш.	Средн.	1500	200	400	20	15									
			б	Малый	Средн.	1000	200	300	40	15									
				Средн.	Темн.	750	200	200	20	15									
			в	Малый	Светл.	750	200	300	40	15									
				Средн.	Средн.														
				Больш.	Темн.	600	200	200	20	15									
			г	Средн.	Светл.	400	200	200	40	15									
				Больш.	Светл.														
				Больш.	Средн.														
Средне й точнос ти	свыше 0,5 до 1,0	IV	а	Малый	Темн.	750	200	300	40	20	4	1,5	2,4						
				Больш.	Средн.	500	200	200	40	20									
			б	Малый	Средн.														
				Средн.	Темн.														
				Больш.	Средн.														
			в	Малый	Светл.	400	200	200	40	20									
				Средн.	Светл.														
				Больш.	Темн.														
			г	Средн.	Светл.	-	-	200	40	20									
Больш.	Светл.																		
Больш.	Средн.																		

Продолжение табл. 5.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
Малой точности	свыше 1,0 до 5,0	V	a	Малый	Темн.	400	200	300	40	20	3	1	1,8	0,6		
			б	Малый	Средн.	-	-	200	40	20						
				Средн.	Темн.											
			в	Малый	Светл.	-	-	200	40	20						
				Средн.	Средн.											
				Больш.	Темн.											
			г	Средн.	Светл.	-	-	200	40	20						
				Больш.	Светл.											
Больш.	Средн.															
Грубая (очень малой точности)	Более 5,0	VI		Независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном		-	-	200	40	20	3	1	1,8	0,6		
Работа со светящимися материалами в горячих цехах	Более 0,5	VII		То же		-	-	200	40	20	3	1	1,8	0,6		

Общее наблюдение за ходом производственного процесса: постоянное периодическое при постоянном пребывании людей Периодическое при периодическом пребывании людей Общее наблюдение за инженерными коммуникациями	VIII	То же										
			а	-	-	200	40	20	3	1	1,8	0,6
			б	-	-	75	-	-	1	0,3	0,7	0,2
			в	-	-	50	-	-	0,7	0,2	0,5	0,2
			г	-	-	30	-	-	0,3	0,1	0,2	0,1
				95								

Для систем естественного освещения нормируемым параметром является коэффициент естественного освещения КЕО ( $e_H$ ), %.

$$KEO = e_H = ( E_{ВН} / E_{НАР} ) 100\%,$$

где  $E_{ВН}$  и  $E_{НАР}$  - соответственно освещенность внутри помещения и снаружи здания рассеянным светом небосвода.

При боковом одностороннем освещении КЕО нормируется по наиболее удаленной точке рабочей поверхности на расстоянии 1 м от противостоящей окну стены, при двухстороннем освещении - в середине помещения.

Россия делится на 5 районов по ресурсам светового климата табл.5.2.

Таблица 5.2

Группы административных районов по ресурсам светового климата

Номер группы	Административные районы
1	Московская, Смоленская, Свердловская, Пермская, Челябинская, Курганская, Новосибирская, Кемеровская области, Татарстан, Красноярский край (севернее 63° с.ш), Хабаровский край (сев 55° с.ш), Башкортостан, Чукотский нац. округ, Удмуртия.
2	Брянская, Курская, Оренбургская, Саратовская, Читинская область, Ханты-Мансийский национальный округ, Алтайский край .
3	Калининградская, Псковская, Ленинградская, Кировская области, Ямало-Ненецкий национальный округ.
4	Архангельская, Мурманская области.
5	Астраханская, Ростовская области, Ставропольский край, Приморский край.

Таблица 5.3

Коэффициент светового климата

Световые проемы	Ориентация световых проемов по сторонам горизонта	Коэффициент светового климата, m				
		Номер группы административных районов, N				
		1	2	3	4	5
В наружных стенах	С	1	0,90	1,1	1,2	0,80
	СВ, СЗ	1	0,90	1,1	1,2	0,80
	З, В	1	0,90	1,1	1,1	0,80
	ЮВ, ЮЗ	1	0,85	1,0	1,1	0,80
	Ю	1	0,85	1,0	1,1	0,75
В прямоугольных и трапециевидных фонарях	С - Ю		0,90	1,1	1,2	0,75
	СВ - ЮЗ	1	0,90	1,1	1,2	0,70
	ЮВ - СЗ	1	0,90	1,1	1,2	0,70
	В - З					
В фонарях типа "Шед"	С	1	0,90	1,2	1,2	0,70
В зенитных фонарях	-	1	0,90	1,2	1,2	0,75

В СНиП 23-05-95 нормативные значения КЕО приведены для зданий, расположенных в первой группе светового климата (Москва, Свердловск, Тюмень, Якутск и др.). Для зданий, расположенных во 2 - 5 группах светового климата КЕО определяется по формуле:

$$e_N = e_H m_N,$$

где  $m$  - коэффициент светового климата (см. табл. 5.3);  $N$  - номер группы обеспеченности естественным светом для административного района.

## 5.5. Практическая работа

### РАСЧЕТ ЕСТЕСТВЕННОГО И ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ПОМЕЩЕНИИ

Цель работы:

1. Рассчитать КЕО для помещения аудитории и сравнить с нормируемым по СНиП 23-05-95 значением.
2. Подобрать по СНиП 23-05-95 нормируемое значение освещенности для помещения лаборатории, рассчитать световой поток и подобрать лампы для нормального освещения.

#### 5.5.1. Расчет естественного освещения

При естественном боковом освещении требуемая площадь световых проемов  $S_o^{TP}$  ( $m^2$ ) определяется из выражения:

$$S_o^{TP} = S_{п} e_H \eta_{ок} k_{зд} k_3 / (100 r_1 \tau_0),$$

где  $S_{п}$  - площадь пола помещения;

$e_H$  - КЕО по СНиП 23-05-95;

$\eta_{ок}$  - световая характеристика окна (см. табл. 5.4);

$k_{зд}$  - коэффициент, учитывающий затенение окон противостоящими зданиями (см. табл. 5.5), определяется в зависимости от отношения расстояния между рассматриваемым и противостоящим зданием ( $P$ ) к высоте расположения карниза противостоящего здания над подоконником рассматриваемого окна ( $H_{зд}$ );

$\tau_0$  - общий коэффициент светопропускания оконных проемов, определяемый по формуле:

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5,$$

$\tau_1$  - коэффициент светопропускания остекления (см.табл. 5.6 );  
 $\tau_2$  - коэффициент, учитывающий потери света в переплетах световых проемов (см.табл. 5.6);  
 $\tau_3$  - коэффициент, учитывающий потери света в несущих конструкциях (см. табл. 5.6); (при боковом освещении  $\tau_3=1$ );  
 $\tau_4$  - коэффициент, учитывающий потери света в солнцезащитных устройствах (табл. 5.7);  
 $\tau_5$  - коэффициент, учитывающий потери света в защитной сетке, устанавливаемой под фонарями  $\tau_5 = 1$ ;  
 $r_1$  - коэффициент, учитывающий повышение КЕО при боковом освещении благодаря свету, отраженному от внутренних поверхностей и подстилающего слоя к зданию (см. табл. 5.8).

Таблица 5.4

Значения световой характеристики ( $\eta_0$ ) окон при боковом освещении

Отношение длины помещения $L_n$ к его глубине	Значения световой характеристики $\eta_0$ при отношении глубины помещения В к высоте от уровня условной рабочей поверхности до верха окна							
	1,00	1,5	2,0	3,0	4,0	5	7,5	10,0
4 и более	6,50	7,0	7,5	8,0	9,0	10	11,0	12,5
3	7,50	8,0	8,5	9,6	10,0	11	12,5	14,0
2	8,50	9,0	9,5	10,5	11,5	13	15,0	17,0
1,5	9,50	10,5	13,0	15,0	17,0	19	21,0	23,0
1	11,00	15,0	16,0	18,0	21,0	23	26,5	29,0
0,5	18,00	23,0	31,0	37,0	45,0	54	66,0	-

Таблица 5.5

Значение коэффициента  $K_{зд}$ , учитывающего затенение окон противостоящими зданиями

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

Таблица 5.6

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

Вид светопропускающего материала	$\tau_1$	Вид переплета	$\tau_2$	Несущие конструкции покрытий	$\tau_3$
Стекло оконное листовое: - одинарное; - двойное; - тройное	0,90 0,80 0,75	Переплеты для окон и фонарей промышленных зданий: а) деревянные: - одинарные; - спаренные; - двойные раздельные б) стальные: - одинарные открывающиеся; - одинарные глухие; - двойные открывающиеся; - двойные глухие	0,75 0,70 0,60	Стальные фермы Железобетонные и деревянные фермы и арки	0,90 0,80
Стекло внутреннее толщиной 6-8 мм	0,80				
Стекло листовое армированное	0,60			Балки и рамы сплошные при высоте сечения: - 50 см и более; - менее 50 см	0,80 0,90
Стекло листовое узорчатое	0,65	Переплеты для окон жилых общественных и вспомогательных зданий: а) деревянные: - одинарные; - спаренные; - двойные раздельные; с тройным остеклением	0,80 0,75 0,65 0,50		
Стекло листовое со специальными свойствами: - солнезащитное; - контрастное	0,65 0,75	б) металлические: - одинарные; - спаренные; - двойные раздельные; с тройным остеклением	0,90 0,85 0,80 0,70		
Органическое стекло: - прозрачное; - молочное	0,90 0,60				
Пустотелые стеклянные блоки: - светорассеивающие; - светопрозрачные	0,50 0,55	Стеклобетонные панели с пустотелыми стеклянными блоками при толщине шва: - 20 мм и менее; - более 20 мм	0,90 0,85		
Стеклопакеты	0,80				

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 конструкций из профильного стекла.

Таблица 5.7

Значения коэффициента  $\tau_4$ 

№ п/п	Солнцезащитные устройства, изделия и материалы	Коэффициент, учитывающий потери света в солнцезащитных устройствах, $\tau_4$
1	Убирающиеся регулируемые жалюзи и шторы (межстекольные, внутренние, наружные)	1
2	Стационарные жалюзи и экран с защитным углом не более $45^0$ при расположении пластин жалюзи или экранов под углом $90^0$ к плоскости окна: - горизонтальные; - вертикальные	0,65 0,75
3	Горизонтальные козырьки: - с защитным углом не более $90^0$ ; - с защитным углом от $15^0$ до $45^0$ (многоступенчатые)	0,8 0,9 - 0,6

Таблица 5.8

Значение коэффициента  $r_1$ 

Отношение глубины помещения В к высоте от уровня условной рабочей поверхности до ( $h_1$ ) верха окна	Отношение расстояния L расчетной точки от наружной стены к глубине помещения (В)	Значения $r_1$ при боковом освещении								
		Средневзвешенный коэффициент отражения $\rho_{cp}$ потолка, стен и пола								
		0,5			0,4			0,3		
		Отношение длины помещения $L_n$ к его глубине								
		0,5	1	2 и более	0,5	1	2 и более	0,5	1	2 и более
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
От 1 до 1,5	0,1	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,00	1,05	1,00	1,00
	0,5	1,40	1,30	1,20	1,20	1,15	1,10	1,20	1,10	1,10
	1,0	2,10	1,90	1,50	1,80	1,60	1,30	1,40	1,30	1,20
Более 1,5 до 2,5	0,0	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,00	1,00
	0,3	1,30	1,20	1,10	1,20	1,15	1,10	1,15	1,10	1,05
	0,5	1,85	1,60	1,30	1,50	1,35	1,20	1,30	1,20	1,10
	0,7	2,25	2,00	1,70	1,70	1,60	1,30	1,55	1,35	1,20
	1,0	3,80	3,30	2,40	2,80	2,40	1,80	2,00	1,80	1,50

Более 2,5 до 3,5	0,1	1,10	1,05	1,05	1,05	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	0,2	1,15	1,10	1,05	1,10	1,10	1,05	1,05	1,05	1,05
	0,3	1,20	1,15	1,10	1,15	1,10	1,10	1,10	1,10	1,05
	0,4	1,35	1,25	1,20	1,20	1,15	1,10	1,50	1,10	1,10
	0,5	1,60	1,45	1,30	1,35	1,25	1,20	1,25	1,15	1,10
	0,6	2,00	1,75	1,45	1,60	1,45	1,30	1,40	1,30	1,20
	0,7	2,60	2,20	1,70	1,90	1,70	1,40	1,60	1,50	1,30
	0,8	3,60	3,10	2,40	2,40	2,20	1,55	1,90	1,70	1,40
	0,9	5,30	4,20	3,00	2,90	2,45	1,90	2,20	1,85	1,50
	1,0	7,20	5,40	4,30	3,60	3,10	2,40	2,60	2,20	1,70
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Более 3,5	0,1	1,20	1,15	1,10	1,10	1,10	1,05	1,05	1,05	1,00
	0,2	1,40	1,30	1,20	1,20	1,15	1,10	1,10	1,05	1,05
	0,3	1,75	1,50	1,30	1,40	1,30	1,20	1,25	1,20	1,10
	0,4	2,40	2,10	1,80	1,60	1,40	1,30	1,40	1,30	1,20
Более 3,5	0,5	3,40	2,90	2,50	2,00	1,80	1,50	1,7	1,5	1,30
	0,6	4,60	3,80	3,10	2,40	2,10	1,80	2,00	1,80	1,50
	0,7	6,00	4,70	3,70	2,90	2,60	2,10	2,30	2,00	1,70
	0,8	7,40	5,80	4,70	3,40	2,90	2,40	2,60	2,30	1,90
	0,9	9,00	7,10	5,60	4,30	3,60	3,00	3,00	2,60	2,10
	1,0	10,00	7,30	5,70	5,00	4,10	3,50	3,50	3,00	2,50

### 5.5.2. Расчет искусственного освещения

Существует два метода расчета:

1. С помощью коэффициента использования светового потока рассчитывают равномерное освещение горизонтальных поверхностей при отсутствии крупных затеняющих предметов;

2. Точечным методом при расчете общего локализованного и местного освещения.

В методе "коэффициента использования" определяется световой поток лампы (или ламп) в светильнике (F), лм:

$$F = E \cdot S \cdot k_z \cdot z / n \cdot N \cdot \eta,$$

где E - нормируемая освещенность, лк (см. табл. 5.1 );

$k_z$  - коэффициент запаса, (см. табл. 5.9 );

S - площадь освещаемой поверхности, м<sup>2</sup>;

z - коэффициент неравномерности освещения (принимается для люминесцентных ламп равным 1,1; для ламп накаливания - 1,15);

n - число ламп в светильнике;

N - число светильников;

$\eta$  - коэффициент использования светового потока, в долях единицы (см. табл.5.10 и 5.11).

Для определения коэффициента использования светового потока ( $\eta$ ) находится индекс помещения (i) по формуле:

$$i = A \cdot B / h \cdot (A+B),$$

где А и В - длина и ширина помещения, м;

h - высота подвеса светильников над рабочей поверхностью, м.

Коэффициент  $\eta$  определяется по табл. 5.10 и 5.11, с учетом коэффициентов отражения потолка ( $\rho_{п}$ ) и стен ( $\rho_{ст}$ ), (см. табл. 5.12).

По рассчитанному световому потоку выбирается ближайшая стандартная лампа накаливания (см. табл. 5.14) или люминесцентная (см. табл. 5.15). Допускается отклонение величины светового потока выбранной лампы не более чем на (-10 ...+20%). При невозможности выбора лампы с таким приближением, корректируется число светильников.

Если требуется определить необходимое число светильников, то используют следующую формулу:

$$N = E \cdot k_3 \cdot S \cdot z / n \cdot F_{л} \cdot \eta .$$

Таблица 5.9

Коэффициент запаса ( $k_3$ )

Освещаемые объекты	Светильники	
	С газоразрядными лампами	С лампами накаливания
1.Производственные помещения с воздушной средой, содержащие 10мг/м <sup>3</sup> и более пыли, дыма, копоти:		
При темной пыли	2	1,7
При светлой пыли	1,8	1,5
2. Производственные помещения с воздушной средой, содержащей от 5 до 10 мг/м <sup>3</sup> пыли, дыма, копоти:		
При темной пыли	1,8	1,5
При светлой пыли	1,6	1,4
3. Производственные помещения с воздушной средой, содержащей не более 5 мг/м <sup>3</sup> пыли, дыма, копоти. Вспомогательные помещения с нормальной воздушной средой	1,5	1,3
4.Территории промышленных предприятий	1,5	1,3
5.Помещения общественных зданий	1,5	1,3

Таблица 5.10

Коэффициент использования светового потока для светильников с лампами накаливания

Индекс помещения, $i$	Глубоко излучатель эмалированных ( $\Gamma_3$ )			"Универсаль" с матированным заменителем ( $У_6$ )			"Универсаль" с опаловым затемнителем ( $У_6$ )			"Универсаль" без затемнителя ( $У_6$ )			"Люцетта" прямого света ( $Л_{п}$ )			Шар из молочного стекла ( $Ш_{м}$ )				
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	При коэффициенте отражения ( $\rho$ ) потолка и стен																			
	30	50	70	30	50	70	30	50	70	30	50	70	50	70	50	70	50	70	50	70
	10	30	50	10	30	50	10	30	50	10	30	50	30	50	50	70	30	50	50	70
0,5	19	21	25	25	14	21	12	15	19	21	24	28	16	20	22	29	9	12	13	20
0,8	32	34	37	37	26	32	23	26	30	35	38	41	26	31	33	41	16	20	21	28
1,0	36	38	40	40	30	35	27	30	33	40	42	45	31	34	37	44	19	22	24	31
1,5	41	43	46	46	35	40	32	34	38	46	48	51	37	41	44	51	23	27	30	36

Продолжение табл. 5.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
2,0	44	46	49	49	39	43	36	38	41	50	52	55	41	45	48	55	27	30	34	40
3,0	49	51	53	53	43	47	41	43	46	55	57	60	47	51	54	60	31	35	39	45
4,0	51	52	55	55	45	49	44	46	48	57	59	62	50	54	59	64	35	38	43	48
5,0	52	54	57	57	46	51	45	47	50	58	60	63	52	56	61	65	37	40	46	49

Таблица 5.11

Коэффициент использования светового потока для светильников с люминесцентными лампами

Индекс помещения, $i$	Светильник с диффузно рассеивающим отражателем и с двумя лампами по 220В, 30 Вт, тип ЦНИПС-ОД-9, ЦНИПС-ЛД-10										Светильник с мотивированными стеклом снизу и двумя лампами по 220 В, 30Вт						Светильник полуцилиндрический из молочного стекла или пластмассы с двумя лампами по 220 В, 30 Вт										
	При коэффициенте отражения потолка и стен																										
	70			50			30			70			50			30			70			50			30		
	50	30	10	50	30	10	30	10	50	30	10	50	30	10	30	10	50	30	10	50	30	10	30	10			
0,6	37	32	28	37	32	32	31	28	23	19	16	21	17	16	16	14	22	18	15	20	17	14	15	14			
0,8	46	41	38	45	40	40	41	37	28	24	22	26	22	22	21	19	27	23	20	25	21	19	20	18			
1,0	50	46	43	49	46	46	45	43	31	27	25	29	25	25	23	21	30	26	24	28	25	22	23	21			
1,5	58	54	50	56	52	52	52	50	38	34	30	34	30	30	28	26	36	32	29	32	29	27	27	25			
2,0	62	59	56	61	58	58	57	56	42	38	34	37	34	34	31	29	40	36	33	36	33	30	30	28			
3,0	69	66	63	67	64	64	64	62	48	43	40	42	39	40	35	33	45	41	38	40	37	34	34	33			
4,0	72	69	67	70	68	68	67	65	51	47	44	45	41	44	39	36	48	45	42	43	40	37	37	35			
5,0	74	71	69	72	69	69	68	67	53	49	47	47	43	47	41	38	50	46	44	45	42	38	38	37			

Таблица 5.12

Ориентировочные значения коэффициентов отражения потолка ( $\rho_{п}$ ) и стен ( $\rho_{ст}$ ) производственных помещений

Состояние потолка	$\rho_{п.}$ %	Состояние стен	$\rho_{ст.}$ %
Свежепобеленный	70	Свежепобеленные с окнами, закрытыми белыми шторами	70
Побеленные в серых помещениях	50	Свежепобеленные с окнами без штор	50
Чистый бетонный	50	Бетонные с окнами	30
Светлый деревянный (окрашенный)	50	Оклеенные светлыми обоями	30
Бетонный грязный	30	Грязные	10
Деревянный неокрашенный	30	Кирпичные неоштукатуренные	10
Грязный	10	С темными обоями	10

Таблица 5. 13

Коэффициент отражения некоторых материалов ( $\rho$ )

Наименование материала	$\rho$ , %
Стекло прозрачное бесцветное	8
Стекло матовое	14
Стекло молочное	50
Зеркало стеклянное, серебряное	36
Алюминий оксидированный	82
Серебро	92
Золото	82
Хром	65
Никель	62
Сталь	55
Медь	48
Бумага писчая	70
Бумага светотехническая	31-40
Калька	48
Батист белый	35
Эмаль белая	70
Белая клеевая краска	70
Алюминиевая краска	53
Чугун, железо (необработанная)	15
Светлые породы дерева	40
Темные породы дерева	10
Мел, гипс, известь	85
Обои светлые	50
Обои темные	6
Бархат черный	0,2
Чернила	2

Таблица 5.14

Технические данные для ламп накаливания общего назначения

Тип ламп	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт
В 215-225-25	25	220	8,8
Б 215-225-40	40	415	10,4
Б 215-225-60	60	715	11,9
Б 215-225-75	75	950	12,7
Б 215-225-100	100	1350	13,5
Б 215-225-150	150	2100	14,0
Б 215-225-200	200	2920	14,6
Г 215-225-300	300	4610	15,5
Г 215-225-500	500	8300	16,6

Таблица 5.15

Технические данные для люминесцентных ламп

Тип ламп	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт
ЛБ 20	20	1180	59,0
ЛТБ 20	20	975	48,7
ЛХБ 20	20	950	47,5
ЛД 20	20	920	46,0
ЛДЦ 20	20	820	41,0
ЛБ 40	40	3000	75,0
ЛТБ 40	40	2780	69,5
ЛХБ 40	40	2780	69,5
ЛД 40	40	2340	58,5
ЛДЦ 40	40	2100	52,5
ЛБ 65	65	4550	70,0
ЛТБ 65	65	4200	64,5
ЛХБ 65	65	4100	63,1
ЛД 65	65	3570	54,9
ЛДЦ 65	65	3050	46,9
ЛБ 80	80	5220	65,2
ЛТБ 80	80	4720	59,0
ЛХБ 80	80	4600	57,5
ЛД 80	80	4070	50,9
ЛДЦ 80	80	3560	44,5

## 5.6. Лабораторная работа

### ИССЛЕДОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Цель работы:

1. Ознакомиться с приборами и методикой измерения освещенности;
2. Измерить освещенность от разных источников света;
3. Сравнить измеренную освещенность с нормируемой.

### 5.6.1. Оборудование для проведения измерений

Для измерения освещенности в данной работе применяются люкметры Ю 116 и 117 (см. рис. 5.2).

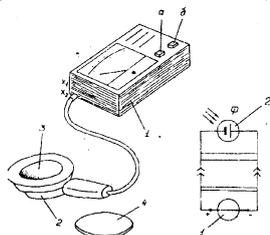


Рис. 5.2. Люкметр Ю 117:

а) общий вид; б) принципиальная схема;  
1-гальванометр; 2 - селеновый фотоэлемент;  
3 - светорассеивающая насадка; 4- светофильтр;  
а- кнопка включения нижней шкалы прибора с диапазоном измерения 0÷30 люкс; б- кнопка включения верхней шкалы с диапазоном измерения 0- 100 люкс.

Прибор состоит из гальванометра (1), фотоэлемента (2), светорассеивающей насадки (3) и набора светофильтров (4). Прибор имеет шкалы, одна из которых отградуирована на 100 люкс, вторая на 30. Фотоэлемент люкметра закрыт полусферической насадкой, выполненной из белой светорассеивающей пластмассы, удерживаемой на нем пластмассовым кольцом с резьбой. Под рассеивающую насадку устанавливается один из трех светофильтров, имеющих маркировку "М", "Р" и "Т". Каждый из них совместно с насадкой "К" ослабляет световой поток соответственно в 10, 100 и 1000 раз и применяется для расширения диапазонов измерения. При использовании светофильтра показания люкметра умножается на соответствующий коэффициент ослабления. Люкметр без насадок имеет наименьшую допускаемую погрешность измерения  $\pm 10\%$ , когда стрелка гальванометра находится в середине шкалы. Светорассеивающая насадка (3) применяется только при использовании светофильтра.

**Стробоскоп** –полусферическая камера (см. рис.5.3) служит для изучения влияния угла наклона светового потока на освещенность, а также демонстрации стробоскопического эффекта.

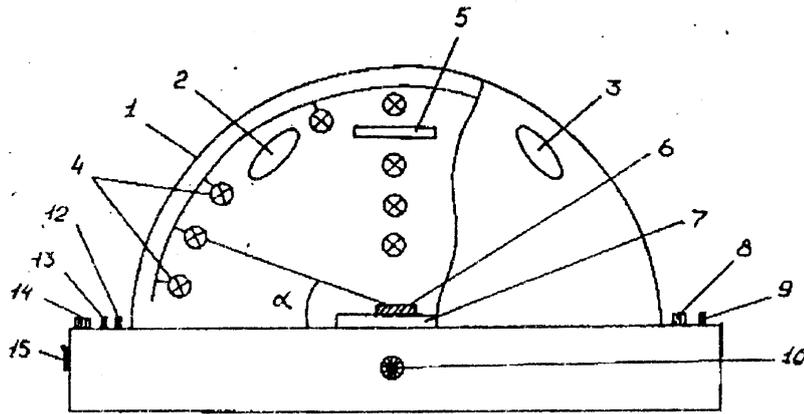


Рис. 5.3. Разрез стробоскопа:

1-полусфера; 2- люк для доступа внутрь полусферы; 3- смотровой люк; 4- светильник поперечного расположения; 5- люминесцентная лампа; 6- предметный столик;  
7- стробоскопический диск; 8 - переключатель угла наклона; 9- тумблер включения ламп подвески фона; 11- светильники поперечного расположения; 12- тумблер включения двигателя; 13- тумблер включения люминесцентной лампы; 14- маховичок для регулирования скорости вращения диска; 15- общий выключатель установки;  $\alpha$ -угол наклона светильника, определяющий направление светового потока

**Осветительная стойка** (см. рис.5.4) служит для изучения влияния кабельного напряжения в электрической сети, высоты подвеса светильников на освещенность и построение линий равной освещенности (изолюкс).

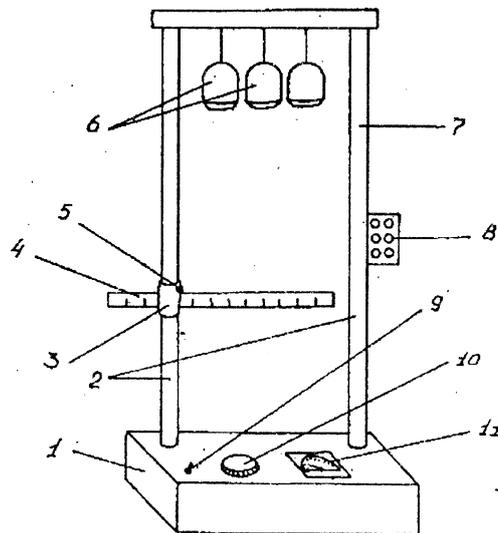


Рис. 5.4. Осветительная стойка:

1-основание; 2- стойки; 3- передвижная рабочая поверхность; 4- горизонтальная линейка; 5- тормозная собачка; 6- светильники; 7- вертикальная линейка; 8- тумблер включения установки; 10-маховик регулировки напряжения; 11- вольтметр

### **5.6.2. Исследование параметров искусственного освещения** (Работа выполняется на осветительной стойке)

1. Подготовить люксметр к измерению (подсоединить фотоэлемент, закрытый насадкой, с миллиамперметром; установить максимальный предел измерения согласно типу насадки).
2. Установить передвижной предметный столик осветительной стойки на уровне рабочей поверхности (стол для выполнения лабораторных работ), поместить на него фотоэлемент люксметра (см. рис.5.4).
3. Поместить фотоэлемент в точку, где будут проводиться замеры.
4. Включить освещение. Закрыть шторы (при проведении работы в светлое время суток),
5. Исследовать влияние высоты подвеса светильника на освещенность при включенных 1,2,3 светильниках (напряжение в сети 220 вольт). Построить графики изменения освещенности от высоты подвеса.
6. Исследовать влияние изменения напряжения в сети на освещенность рабочей поверхности при отклонении напряжения от номинального на 2,- 4,-6,- 10 и 40 % ( номинальное напряжение в сети 220 вольт). Построить график изменения освещенности от напряжения в сети. В опыте используется два светильника.
7. Построить линий равной освещенности (изолюксы) на уровне рабочей поверхности. Для этого при освещении от нескольких включенных светильников (по желанию), перемещая фотоэлемент люксметра на уровне рабочей поверхности, определить точки равной освещенности, которые соединить линиями.
8. Установить вращением ручки подъема светильники на высоту, указанную преподавателем (1,25; 1,5; 1,75 и 2 м) и провести замеры освещенности, создаваемой различными источниками света. Для этого поочередно включать лампы накаливания, люминесцентные лампы и взрывозащищенный светильник.
9. По табл.5.1 определить нормированное значение освещенности для выполняемой Вами работе.
10. Сделать вывод о соответствии искусственного освещения нормам. Полученные данные занести в табл. 5.16.

### **5.6.3. Наблюдение стробоскопического эффекта**

При использовании в качестве источника освещения люминесцентных ламп может наблюдаться искажение зрительного восприятия движущихся предметов, в обратном направлении, например, вращение колес

автомобиля и т.д. Такое искажение может вводить в заблуждение работающего, создавать аварийную ситуацию и опасность травмирования.

Работа выполняется на стробоскопе и предполагает наблюдение стробоскопического эффекта при вращении диска с нанесенными на него черными полосами (для выполнения работы люксметра не требуется).

Тумблером "включить двигатель, вращающий диск", люминесцентную лампу. С помощью маховичка постепенно увеличивать скорость вращения диска. Наблюдение вести через смотровые люки. Определить, на каких скоростях наблюдаются следующие явления:

- при вращении диска кажется, что он стоит на месте;
- при вращении диска по часовой стрелке кажется, что он вращается в обратную сторону;
- при быстром вращении диска кажется, что он вращается медленно.

Таблица 5.16

### Результаты измерений

Характеристика зрительной работы	Наименьший объект различения, мм	Разряд зрительной работы	Полудразряд зрительной работы	Контраст объекта различения с фоном	Характеристика фона	Нормируемое значение освещенности

### Содержание отчета

Отчет должен содержать:

1. Тему и цель работы.
2. Название используемых приборов.
3. Результаты замеров освещенности.
4. Выводы.

### Контрольные вопросы

1. Какие существуют источники света ?
2. Назовите системы искусственного освещения.
3. Назовите основные светотехнические параметры.
4. Какой нормативный документ нормирует освещенность?
5. Укажите нормируемые параметры при искусственном освещении.
6. От чего зависит конкретное значение нормируемой величины параметра при искусственном освещении.
7. Назначение и устройство люксметра.
8. Каков порядок измерения с помощью люксметра ?
9. Зачем нужны светофильтры ?
10. Назовите виды ламп, используемых для искусственного освещения.

11.Что такое КЕО и от чего он зависит ?

12.Найдите в табл. 5.1. значения освещенности и КЕО для помещения лаборатории, для производственных помещений по Вашей специальности.

## 6. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ШУМ И МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ОТ НЕГО

**Звук**ом называется волнообразно распространяющиеся продольные колебательные движения упругой среды: твердой, жидкой, газообразной.

**Звуковое поле** - это область пространства, в котором распространяются звуковые волны.

Частотный диапазон слухового восприятия человеком звуковых колебаний находится в пределах от 16 до 20000 Гц.

Всякий нежелательный для человека звук называется **шумом**.

Шум нарушает прием информации, что влияет на ошибки и травматизм. Он вызывает усталость. При длительном воздействии шума снижается острота слуха, изменяется кровяное давление, ослабляется внимание, ухудшается зрение, происходят изменения в дыхательных центрах, возможно изменение координации движения, значительно увеличивается расход энергии при одинаковой физической нагрузке.

Интенсивный шум является причиной сердечно-сосудистых заболеваний, нарушения нормальной функции желудка и ряда других функциональных нарушений организма человека. В шумных цехах наиболее часты случаи производственного травматизма.

Воздействие шума отражается, прежде всего, на органах слуха. Различают три формы воздействия - утомление слуха, шумовую травму и профессиональную тугоухость. Первая характеризуется острым утомлением клеток уха и может стать причиной развития профессиональной тугоухости. Шумовая травма может возникнуть при воздействии высокого звукового давления - при взрывах, испытаниях мощных реактивных двигателей и т.п. При этом у пострадавших наблюдается головокружение, шум и боль в ушах, а также поражение барабанной перепонки. Профессиональная тугоухость ведет к снижению слуха вплоть до его полной потери.

В каждой точке звукового поля давление и скорость распространения волны изменяется во времени. **Разность** между мгновенным значением полного давления и средним давлением, которое наблюдается в невозмущенной среде, называется **звуковым давлением** ( $P$ , Па).

Звуковое давление обозначается буквой  $P$  и измеряется в Паскалях (Па).

При распространении звуковой волны происходит перенос энергии. Средний поток энергии в какой-либо точке среды в единицу времени, отнесенный к единице поверхности, нормальной к направлению распространения волн, называется **интенсивностью звука**  $I$  ( $Вт/м^2$ ) в данной точке.

Интенсивность звука связана со звуковым давлением зависимостью

$$I = \frac{P^2}{\rho c}, \quad (6.1)$$

где  $\rho$  - плотность среды, кг/м<sup>3</sup>;

$c$  - скорость звука в этой среде, м/с.

Величины звукового давления и интенсивность звука, с которыми приходится иметь дело, находятся в широких пределах.

Так, минимальная величина интенсивности звука, воспринимаемая человеком на частоте  $f = 1000$  Гц, равна  $I_0 = 10^{-12}$  Вт/м<sup>2</sup> и называется **порогом слышимости**. Максимальная величина интенсивности, воспринимаемая человеком, называется **порогом болевого ощущения** и равна  $I_{\max} = 10^2$  Вт/м<sup>2</sup>. При этом диапазон звукового давления изменяется от  $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$  Па до  $P_{\max} = 2 \cdot 10^2$  Па.

В практике измерений абсолютными значениями уровня звука и звукового давления не пользуются, а применяют только логарифмическую (децибеловую) шкалу. Это вызвано следующими причинами.

Во-первых, диапазон изменения звука и звукового давления чрезвычайно широк, нормальное человеческое ухо не способно воспринимать незначительные изменения звукового давления.

Во-вторых, как показали эксперименты, реакция уха человека на различную громкость звука имеет логарифмический характер. Поэтому уровень интенсивности определяется по формуле:

$$L_I = 10 \lg \frac{I}{I_0}, \quad (6.2)$$

где  $I_0$  - интенсивность звука на пороге слышимости ( $10^{-12}$  Вт/м<sup>2</sup>).

Если подставить в формулу (2) вместо  $I$  значение интенсивности на пороге болевого ощущения ( $I_{\max} = 10^2$  Вт/м<sup>2</sup>), то получим весь диапазон слухового восприятия ( $L_{I \max}$ , дБ):

$$L_{I \max} = 10 \lg \frac{10^2}{10^{-12}} = 140 \text{ дБ}. \quad (6.3)$$

Поскольку интенсивность звука пропорциональна квадрату звукового давления, то

$$L_I = 10 \lg \frac{P^2}{P_0^2} = 20 \lg \frac{P}{P_0} = 20 \lg \frac{2 \cdot 10^2}{2 \cdot 10^{-5}} = 140 \text{ дБ}, \quad (6.4)$$

где  $P_0$  - пороговое звуковое давление выбрано таким образом, чтобы при нормальных атмосферных условиях уровни звукового давления были равны уровням интенсивности.

Логарифмическая шкала давлений волны позволяет определить лишь физическую характеристику шумов. Слуховой аппарат человека обладает разной чувствительностью к звукам различной частоты, а именно - наибольшей чувствительностью на средних частотах (500-8000 Гц) и наименьшей - на низких (20-200 Гц) и высоких (более 15000 Гц). Поэтому для физиологической оценки восприятия шума используют кривые равной громкости (см. рис. 6.1), полученные в результате изучения возможности

органа слуха оценивать звуки различной частоты по субъективному ощущению громкости, т.е. судить о том, какой из них сильнее или слабее.

Уровни громкости измеряются в фонах. За один фон принят уровень громкости эталонного тона частотой 1000 Гц, звуковое давление которого равно порогу слышимости ( $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$  Па).

Звуковые колебания различных частот при одинаковых уровнях звукового давления по-разному воздействуют на органы слуха. Наиболее благоприятно воздействие высоких частот.

По частоте шумы делятся на низкочастотные (ниже 400 Гц), среднечастотные (400 - 1000 Гц) и высокочастотные (свыше 1000 Гц).

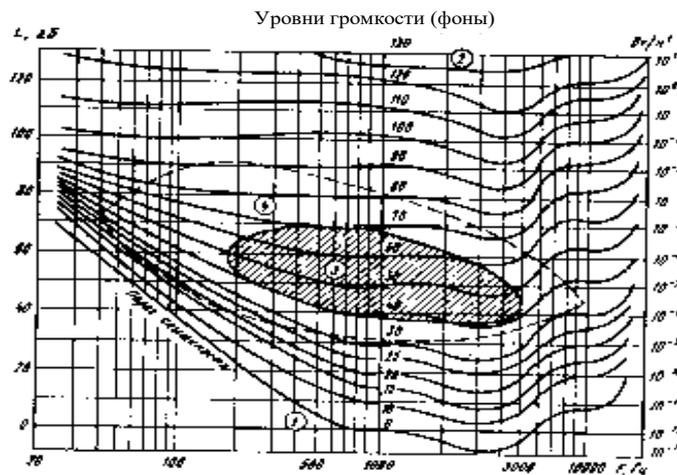


Рис. 6.1 График кривых равной громкости:

- 1 - порог слышимости; 2 - уровни болевых ощущений; 3 - область речевых передач;
- 4 - область музыкальных передач

Для определения частотной характеристики шума звуковой диапазон по частоте разбивают на октавные и 1/3 октавные полосы. В октавных полосах верхняя граничная частота ( $f_B$ ) равна удвоенной нижней ( $f_H$ ), т.е.

$$f_B / f_H = 2$$

Октавная полоса характеризуется среднегеометрической частотой ( $f_{cp}$ ):

$$f_{cp} = \sqrt{f_1 \cdot f_2}.$$

Среднегеометрические частоты стандартизированы и составляют: 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000 и 8000 Гц, в котором отношение последующей частоты к предыдущей равно = 2.

Для 1/3 октавной полосы  $f_B / f_H = 3\sqrt[3]{2} = 1,26$ .

По характеру спектра шум подразделяется на широкополосный с непрерывным спектром более одной октавы и тональный, в спектре которого имеются дискретные тона.

По временной характеристике шум делится на постоянный и непостоянный (колеблющийся во времени - прерывистый, импульсный).

В большинстве своем, спектр шума представляет собой наложение нескольких периодических и случайных процессов. Поэтому такой спектр имеет смешанный характер (см. рис. 6.2) и изображается в виде наложения сплошного и дискретного спектров, причем совмещение их в одном графике является условным, т.к. амплитуда дискретной составляющей не зависит от ширины полосы спектра.

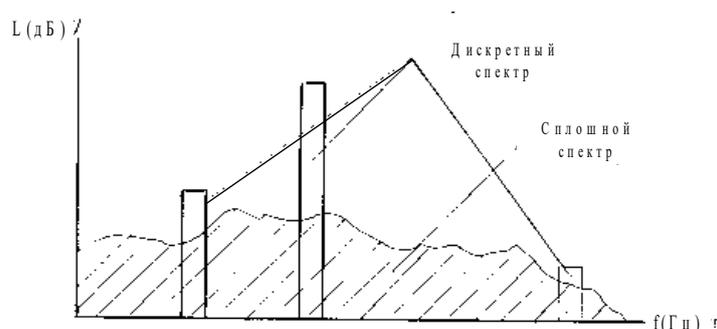


Рис. 6.2. Графическое изображение спектра смешанного процесса

Нормирование шума производят двумя методами:

- а) по спектру шума;
- б) по эквивалентному уровню звука (дБА).

Первый метод является основным, здесь нормируются уровни шума в децибелах среднеквадратичных уровней звуковых давлений в восьми октавных полосах со среднегеометрическими частотами. Шум на рабочих местах продолжительностью более 4 часов не должен превышать нормативных значений уровней звукового давления по категориям выполняемых работ (см. табл. 6.1). Графическая интерпретация девяти нормативных уровней звукового давления называется **предельным спектром (ПС)** Каждый из спектров имеет свой индекс, например ПС-75, где 75 - нормативный уровень звукового давления (дБ) в октавной полосе с частотой 1000 Гц.

Второй метод нормирования общего уровня шума, измеренного по шкале А шумомера, характеризует чувствительность слухового аппарата человека, имеющего "завал" на низких и высоких частотах, и используется для ориентировочной оценки шума, т.к. в этом случае спектр шума неизвестен.

Для того, чтобы приблизить результаты объективных измерений к субъективному восприятию, вводят понятие **корректированного уровня** шума. Коррекция заключается в том, что вводят, в зависимости от частоты, поправки к уровню звука. Эти поправки стандартизированы в международном масштабе. Коррекция А определяется соотношением:

$$L_{A \text{ отк}} = L_{\text{отк}} - \Delta L_{A \text{ отк}},$$

и называется **уровнем шума по шкале А** и измеряется в дБА. Стандартные значения коррекции  $\Delta L_{a \text{отк}}$  приведены в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Частотная коррекция звука

f	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$\Delta L_A$	41,9	26,3	16,1	8,6	3,2	0	-1,2	-1,0	-1,0

Уровень звука в дБА связан с ПС зависимостью  $\text{дБА} = \text{ПС} + 5$ .

При периодическом воздействии шума на человека для его оценки используют **эквивалентные уровни звука** (см. табл. 6.2), которые рассчитываются по соответствующим методикам. В случае 8 часового воздействия шума на человека фактически измеренные уровни по шкале А шумомера соответствуют эквивалентным. При уменьшении времени воздействия от фактических уровней вычитаются соответствующие добавки (табл.6.2).

Таблица 6.2

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

№ п/п	Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентного звука (в 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, преподавание и обучение, врачебная деятельность. Рабочие места в помещениях дирекции, проектно-конструкторских бюро, расчетчиков, программистов вычислительных машин, в лабораториях для теоретических работ и обработки данных, приема больных в здравпунктах	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
2	Высококвалифицированная работа, требующая сосредоточенности, административно-управленческая деятельность, измерительные и аналитические работы в лаборатории; рабочие места в помещениях цехового управленческого аппарата, в рабочих комнатах конторских помещений, в лабораториях	93	79	70	68	58	55	52	52	49	60
3	Работа, выполняемая с часто получаемыми указаниями и акустическими сигналами, работа, требующая постоянного слухового контроля; операторская работа по точному графику с инструкцией; диспетчерская работа. Рабочие места в помещениях диспетчерской службы, кабинетах и помещениях наблюдения и дистанционного управления с речевой связью по телефону; машинописных бюро, на участках точной сборки, на телефонных и телеграфных станциях, в помещениях мастеров, в залах обработки информации на вычислительных машинах	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65

**Продолжение табл. 6.2**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4	Работа, требующая сосредоточенности, работа с повышенными требованиями к процессам наблюдения и дистанционного управления производственными циклами. Рабочие места за пультами в кабинах наблюдения и дистанционного управления без речевой связи по телефону, в помещениях лабораторий с шумным оборудованием, в помещениях для размещения шумных агрегатов вычислительных машин.	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
5	Выполнение всех видов работ (за исключением перечисленных в п.п. 1-4 ) на постоянных рабочих местах в производственных помещениях и на территории предприятий.	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
Автобусы, грузовые, легковые и специальные автомобили											
14	Рабочие места водителей и обслуживающего персонала грузовых автомобилей	100	87	79	72	68	65	63	61	59	70
15	Рабочие места водителей и обслуживающего персонала (пассажиры) легковых автомобилей и автобусов	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60
Сельскохозяйственные машины и оборудование, строительно-дорожные, мелиоративные и др. аналогичные виды машин											
16	Рабочие места водителей и обслуживающего персонала тракторов, самоходных шасси, прицепных и навесных сельскохозяйственных машин, строительно-дорожных и др. аналогичных машин	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
<p>Примечания: 1 Допускается в отраслевой документации устанавливать более жесткие нормы для отдельных видов трудовой деятельности с учетом напряженности и тяжести труда в соответствии с табл. 1.</p> <p>2. Запрещается даже кратковременное пребывание в зонах с уровнями звукового давления свыше 135 дБ в любой октавной полосе.</p>											

Таблица 6.3

Поправки к допустимым уровням звукового давления, дБ

Суммарная длительность воздействия за смену, ч	Широкополосный, ΔL	Тональный или импульсный	Суммарная длительность воздействия за смену, ч	Широкополосный	Тональный или импульсный
4-8	0	-5	1/12 - 1/4	+18	+13
1-4	+6	+1	Менее 1/12	+25	+19
1/4-1	+12	+7			

В шумомере эти поправки получаем путем установки переключателя 12 (рис.6.3) в позицию А, что соответствует введению в электрическую схему шумомера соответствующих корректирующих частотных фильтров.

Для снижения уровня шума на практике используют следующие методы:

- а) уменьшение шума в источнике;
- б) изменение направления шума;
- в) рациональное размещение оборудования на производстве;
- г) акустическая обработка помещений;
- д) уменьшение шума на пути его распространения (звукоизолирующие ограждения).

Сущность звукоизоляции состоит в том, что падающая на него звуковая волна отражается в гораздо большей мере, чем проникает за ограждение.

Звукоизолирующие свойства ограждения, установленного на пути распространения звука, характеризуются коэффициентом звукопропускания ( $\alpha$ ), представляющим собой отношение звуковой мощности, прошедшей через ограждение ( $W_{np}$ ), к падающей ( $W_{nad}$ ) на него звуковой мощности:

$$\alpha = \frac{W_{np}}{W_{nad}} = \frac{I_{np}}{I_{nad}} \quad . \quad (6.4)$$

**Инfrasound** - область акустических колебаний в диапазоне частот ниже 16 Гц, как правило, это 8-10 Гц. В условиях производства инфразвук, как правило, сочетается с низкочастотным шумом или вибрацией.

Устанавливаются следующие измеряемые величины в зависимости от временных характеристик шума:

- уровни звука (дБА) и октавные уровни звукового давления (дБ) постоянного шума;
- общий уровень звукового давления (дБ) Лин непостоянного шума.

Для установления степени выраженности инфразвука относительно шума используют разность уровней по шкалам “Линейная” и “А” шумомера:

- а)  $(L_{\text{лин}} - L_A) \leq 10$  дБ, инфразвук практически отсутствует;
- б)  $10 \text{ дБ} < (L_{\text{лин}} - L_A) < 20$  дБ, инфразвук не выражен;
- в)  $(L_{\text{лин}} - L_A) > 20$  дБ, выраженный инфразвук.

Источником инфразвука является производственное оборудование, генерирующее ультразвук, или оборудование при эксплуатации которого он возникает как сопутствующий фактор, а также медицинское ультразвуковое оборудование.

По частотному составу ультразвуковой диапазон подразделяется на низко - и высокочастотный. По способу распространения ультразвук подразделяется на:

- воздушный ультразвук (уровни звукового давления (дБ) в  $1/3$  октавных полосах частот);
- контактный ультразвук (виброскорость, м/с; логарифмический уровень виброскорости, дБ; интенсивность, Вт/см<sup>2</sup>).

**Средства и методы защиты от шума.** Для защиты от шума применяют: уменьшение шума в источнике возникновения; звукопоглощение и звукоизоляцию; установку глушителей шума; рациональное размещение оборудования; применение средств индивидуальной защиты.

Наиболее эффективным является уменьшение шума в источнике.

Для уменьшения механического шума необходимо своевременно проводить ремонт оборудования, заменять ударные процессы на безударные, смазывать оборудование, проводить балансировку вращающихся частей; заменять подшипники качения на подшипники скольжения (шум снижается на 10 – 15 дБ); металлических деталей на пластмассовые.

Снижение аэродинамического шума достигается уменьшением скорости газового потока, улучшением аэродинамики конструкций, установкой глушителей.

Для уменьшения шумов на пути его распространения устанавливаются звукоизолирующие и звукопоглощающие преграды в виде экранов, перегородок, кожухов из плотных твердых материалов (металла, дерева, бетона и др.) и пористых материалов (минеральной ваты, стекловаты, поролон и т.п.). Уменьшение шума звукопоглощающих преград обусловлено переходом колебательной энергии в тепловую благодаря внутреннему трению в звукопоглощающих материалах.

*Средствами индивидуальной защиты от шума являются ушные вкладыши, наушники, шлемофоны. Эффективность индивидуальных средств защиты зависит от используемых материалов, конструкции, силы прижатия, правильности ношения. Ушные вкладыши изготавливают из легкого каучука, эластичных*

пластмасс, резины и ультратонкого волокна. Они снижают уровень звука на 10 – 15 дБ. Наушники снижают шум в диапазоне частот 125 - 8000 Гц на 7 – 38 дБ. Шлемофоны закрывают всю околоушную область и снижают уровень шума на 30 – 40 дБ в диапазоне частот 125 – 8000 Гц.

### 6.1. Лабораторная работа

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ШУМА И ШУМОПОГЛОЩАЮЩИХ СВОЙСТВ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Цель работы:

1. Изучить принципы нормирования уровня производственного шума.
2. Познакомиться с работой импульсного шумомера RFT 0014 и октавного фильтра RFT 01016.
3. Измерить уровни шума от различных источников и звукопоглощающие способности перегородок в октавных полосах (по заданию преподавателя).
4. Установить степень выраженности инфразвука относительно шума.
5. Сделать выводы о допустимости измеренных шумов и качестве звукопоглощающих перегородок.

### 6.1.1. Применяемые приборы и устройства

Для измерения общего уровня шума (звукового давления) и уровня шума в октавных полосах применяется объективный шумомер типа RFT 00014 и фильтр типа RFT 01016. Лицевая панель шумомера RFT 00014 приведена на рис. 6.3.

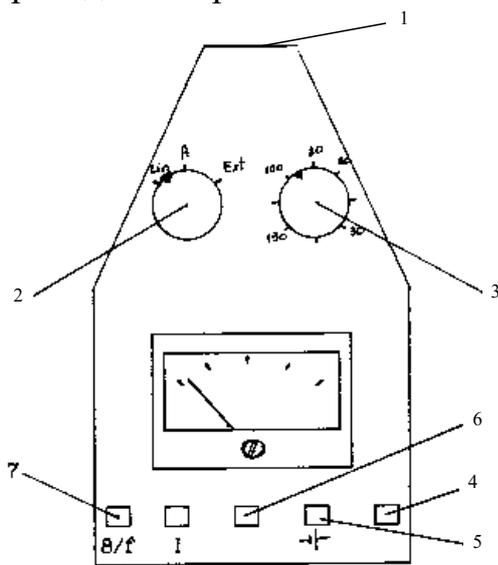


Рис. 6.3. Лицевая панель шумомера RFT 00014:

- 1 - микрофон на кабеле;
- 2 - переключатель режимов работы;
- 3 - переключатель чувствительности прибора;
- 4 - кнопка включения прибора;
- 5 - кнопка контроля источника питания;
- 6 - кнопка сброса показаний прибора;
- 7 - кнопка включения демпфирования прибора

Источниками шума служат три устройства с различными спектральными составляющими сигнала. Принцип действия шумомера основан на принципе преобразования микрофоном звуковых колебаний в электрические. Сигнал далее усиливается в усилителе 2, который имеет переключающую шкалу чувствительности от 30 до 140 дБ. После усилителя измеряемый сигнал может через "Переключатель режимов" поступать или на оконечные каскады для измерения характеристик шума А-оценки или линейной оценки, либо к подключенному к шумомеру внешнему фильтру RFT 01016. В этом случае после прохождения сигнала через октавные фильтры он возвращается опять на октавные каскады шумомера и индикатора.

Октавный фильтр RFT 01016 предназначен для работы совместно с шумомером для измерения абсолютных уровней шума в октавных полосах частотного спектра. Лицевая панель фильтра представлена на рис.6.4.

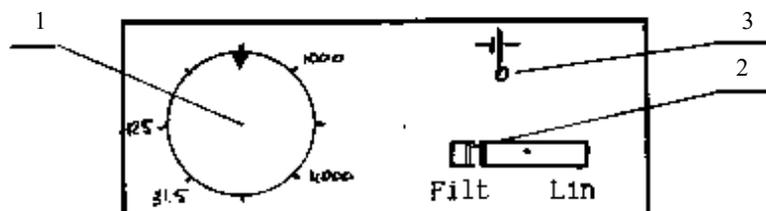


Рис. 6.4. Лицевая панель октавного фильтра RFT 01016:  
1- переключатель частот; 2- переключатель рода работ;  
3- контроль напряжения батареи

### 6.1.2. Содержание работы

1. С помощью шумомера RFT 00014 и фильтра RFT 01016 произвести измерения уровней шума от каждого из трех источников в октавных полосах без перегородок, затем с перегородками.
2. Рассчитать общий уровень шума от трех источников вместе взятых по шкале А (согласно табл. 6.3) и по шкале lin (табл. 6.4).
3. Измерить с помощью шумомера RFT 00014 общий уровень шума от трех источников вместе и сравнить с расчетным.
4. Определить звукопоглощающую способность (коэффициент звукопоглощения) для различных видов перегородок в октавных полосах по формуле (4).
5. По рис.1 определить уровни громкости шумов.
6. Определить степень выраженности инфразвука относительно шума.
7. Все данные замеров должны быть сведены в табл. 6.4 .
8. Представить на графике результаты измеренного шума от заданных источников без перегородок, с перегородками и допустимыми значениями.

9. Сравнить измеренные уровни шума с СН 2.2.4/2.1.8.562-96 и сделать вывод (рис. 6.5).
10. Сделать заключение в отношении вредности шумов и качества звукопоглощения перегородок.

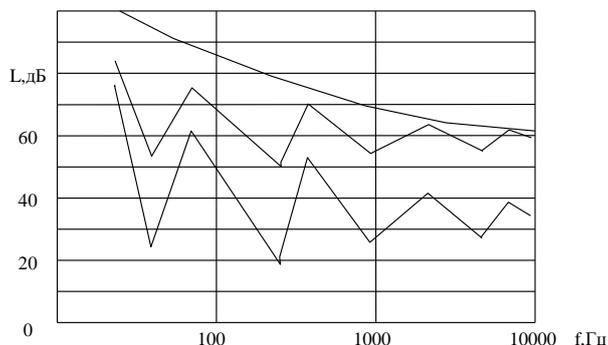


Рис. 6.5. Графическое представление фактических (1) и допустимых (2) уровней силы шума.

### 6.1.3. Порядок выполнения работы

1. Шумомер RFT 00014 является прибором с высокой стабильностью параметров, поэтому нет необходимости калибровать прибор перед каждым измерением. Прибор оттарирован при помощи пистофона RFT 101. Включается шумомер кнопкой.
2. Проверить напряжение питания. Для этого нажать кнопку "O/I" (4), а затем нажать кнопку "питания" (5). Если стрелка находится внутри обозначения черного поля по шкале прибора, то питание считается достаточным, прибор находится в состоянии эксплуатационной готовности.
3. Включить прибор " ВКЛ 1 " на стенде.
4. Переключатель прибора 2 поставить в положение "Ext" (внешний фильтр). Переключатель "S/F" (7) шумомера в ненажатом состоянии характеризует режим медленного отсчета показаний (SLOW), при нажатом - быстрого отсчета (FAST).
5. Включить фильтр RFT 01016. Включение фильтра производится поворотом переключателя частот 1 (рис. 6.4) по часовой стрелке, при этом должен загореться светоизлучающий диод на передней панели прибора. Переключатель работ 9 при снятии частотных характеристик шума должен быть в положении "FILT".
6. Настроив переключателем 1 частотный фильтр, произвести измерение уровней шума в октавных полосах (63,125 и т.д.) от 1-го источника. Измеренный уровень шума получается как сумма показаний шкалы прибора от нулевой отметки и показаний переключателя 3 (рис. 6.4).

7. Выключить первый источник шума, включить второй, для чего включить тумблер "ВКЛ". Произвести измерения уровня шума в октавных полосах второго источника, пользуясь правилами п.6.
8. Выключить второй источник, включить третий. Произвести измерения спектрального состава шума третьего источника согласно п.6. Данные занести в табл. 6.5.
9. Включить 2-ой источник шума. Переключатель 12 (рис:5.3) на шумомере 00014 поставить в положение "А". Измерить уровень шума и сравнить полученный результат с расчетным и с нормируемым по дБА.
10. Измерить уровни шумов от трех источников вместе в октавных полосах. Данные занести в табл. 6.5.
11. Вставить перегородку в паз на стенде. Переключатель 12 шумомера поставить в положение "Ext". Включить все источники шума и снять спектральный состав шума за перегородкой. Данные занести в табл. 6.4.
12. Оценить коэффициенты звукопоглощения для октавных полос.
13. Представить на графике результаты измерения шума и сравнить с допустимыми нормами (см. рис. 6.6).
14. Произвести расчет скорректированного по шкале А суммарного уровня шума, условно принимая шум в каждой из 8-ми октавных полос от источника № 2 за шум определенных источников.

Этот расчет состоит из двух этапов:

- 1) последовательное получение результатов скорректированных по А уровней шумов для 9 октавных полос (см. табл. 6.2)

$$L_{A \text{ окт}} = L_{\text{окт}} - \Delta L_{A \text{ окт}} ;$$

- 2) суммирование скорректированных по А уровней шумов в октавных полосах согласно правилам суммирования шумов от нескольких источников.

Основные положения правил суммирования заключаются в следующем: общий уровень силы шума от нескольких источников ( $L_{\text{общ}}$ ) больше уровня силы шума любого отдельного источника, однако, равен не арифметической сумме их, а сумме добавок, прибавленных к уровню силы источника с максимальной величиной интенсивности шума; каждая из добавок учитывает увеличение общего уровня интенсивности шума за счет данного источника. Расчет общего уровня шума от нескольких источников ведется последовательным суммированием уровней интенсивности от наибольшего к наименьшему. Так, для всех источников с наибольшими уровнями силы суммарный уровень определяется по формуле:

$$L_{\Sigma} = L_{1+2} = L_1 + \Delta_2 ,$$

где  $L_1$  - больший из двух суммируемых шумов;

$\Delta_2$  - добавка, определяемая по (рис. 6.6).

Для определения  $\Delta_2$  вычисляют разность между большим  $L_1$  и меньшим  $L_2$  слагаемым шумов и, отложив значение полученной разности по шкале  $(L_1 - L_2)$  номограммы, находят величину добавки по ее верхней шкале,  $\Delta L$ .

Далее к полученной сумме прибавляется добавка от третьего слагаемого источника:

$$L_{1,2+3} = L_{1,2} + \Delta_3,$$

где  $L_{1,2}$ - суммарный уровень силы шума от первых двух источников;

$\Delta_3$  - добавка, определяемая по номограмме (рис.6.6) из разности  $L_{1,2} - L_3$ . Затем к суммарному от трех источников прибавляется добавка, учитывающая влияние на общий уровень силы шума четвертого источника и т.д. При этом влиянием источников с уровнями, отличающимися от максимального более чем на 10 дБ, можно пренебречь ввиду его незначительности (при разности  $L_{\Sigma} - L \geq 10$  величина добавки по номограмме 6 менее 0,5 дБ), а поскольку все измерения ведутся с точностью до 1 дБ, на конечный результат добавка не повлияет.

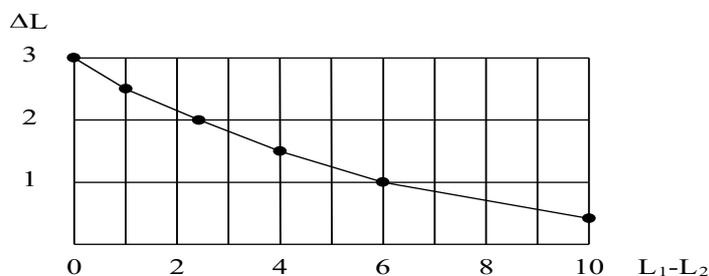


Рис. 6.6. Номограмма для определения добавок

Из вышеизложенного вытекает очень важный вывод: абсолютный уровень шума максимальной составляющей источника с ( $L_{\max}$ ) отличается от общего уровня силы шума ( $L_{\text{общ}}$ ) на величину суммы всех добавок. Пример вычисления общего уровня шума по шкале дБА приведен в табл. 6.3.

В строке 1 записываются среднегеометрические частоты октавных полос  $f(\text{Гц})$ .

В строке 2 записываются величины измеренных уровней шума, соответствующих этим частотам  $L_{\text{окт}}(\text{дБ})$ .

В строке 3 записываются значения уровней коррекции для октавных полос (см. табл. 6.2), округленные до ближайшей целой величины  $\Delta L_A(\text{дБ})$ .

В строке 4 записываются уровни шума в октавных полосах с корректированной поправкой по шкале А.

В последующих строках записываются попарно просуммированные уровни шумов в октавных полосах и определяется общий уровень шума от всех источников  $L_{\text{общ}}(\text{дБА})$ .

Таблица. 6.4

#### Пример расчета общего уровня шума

$f(\text{Гц})$	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
----------------	----	-----	-----	-----	------	------	------	------

L(дБ)	63	50	48	46	40	35	30	22
$\Delta L_{A \text{ общ}}$	26	16	9	3	0	-1	-1	1
Уровни в октавных полосах с поправкой А (дБА)	37	37	39	42	40	36	31	21
Результаты парного суммирования	40		44		42		31	
	46				42			

ИТОГО  $L_{\text{общ}} = 48$  дБА

15. Определить выраженность инфразвука относительно шума от 3-х источников вместе и каждого в отдельности.

16. Сделать заключение в отношении вредности шума и качества звукопоглощения перегородки.

Заключение относительной вредности измеренных уровней силы шумов выводится на основании того, пересекается ли кривая фактических значений уровней силы шумов с кривой допустимых величин. При этом отмечается, в каких диапазонах частот это имеет место.

### Отчет о работе

Отчет должен содержать:

1. Краткое описание методики выполнения работы.
2. Результаты измерения абсолютных уровней интенсивности шумов в октавных полосах каждого из 3-х источников, занесенные в табл. 4.
3. Результаты измерения абсолютного уровня шума от 3-х источников совместно за перегородкой и без нее.
4. Расчет звукопоглощающей способности перегородок.
5. На график (рис. 6.6) нанести допустимые и измеренные значения шума без перегородок и с перегородками.
6. Рассчитать результаты общего уровня шума.
7. Результаты определения выраженности инфразвука каждого из 3-х источников вместе.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое звук и шум?
2. Как действует шум на организм человека?
3. Назовите частотный диапазон восприятия звука. Что он показывает?
4. Что называется интенсивностью звука и звуковым давлением?
5. Что такое уровни интенсивности и звукового давления, почему мы ими пользуемся?
6. Как делится звук на октавы?
7. Какие бывают шумы?
8. Как нормируются шумы?

9. Что называется скорректированным шумом? Что показывает шкала А шумомера?
10. Какие приборы используются для измерения шума?
11. Как производится сложение шумов?

Таблица.6.5

## Результаты экспериментальных измерений

№ октавных полос	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	Уровни шумов в октавных полосах спектра 1 источника, дБ	Уровни шумов в октавных полосах спектра 2 источника, дБ	Уровни шумов в октавных полосах спектра 3 источника, дБ	Допустимые уровни шумов по (СН 2.2.4/2.1.8.5 62-96), дБ	Уровни шумов в октавных полосах спектра от 3-х источников, дБ (замеренное)	Уровни шумов в октавных полосах спектра от 3-х источников, дБ (расчетное)
1	31,5						
2	63						
3	125						
4	250						
5	500						
6	1000						
7	2000						
8	4000						
9	8000						
lin							
A							

## 7. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ВИБРАЦИЯ

**Вибрации** - колебательные движения упругих тел, конструкций, сооружений около положения равновесия. Воздействие вибраций на человека классифицируется:

- по способу передачи вибрации на человека;
- по направлению действия вибрации;
- по времени действия.

По способу передачи на человека различают общую и локальную вибрацию.

**Общая вибрация** передается через опорные поверхности на тело сидящего или стоящего человека;

Общая вибрация по источнику ее возникновения подразделяется на категории:

**1 тип (безопасность) - транспортная**, воздействующая на операторов подвижных самоходных и прицепных машин – тракторы, сельскохозяйственные и промышленные машины, автомобили, строительно-дорожные машины;

**2 тип (граница снижения производительности труда) – транспортно-технологическая**, воздействующая на операторов машин с ограниченной скоростью перемещения – экскаваторы, краны, бетоноукладчики, напольный производственный транспорт;

**3 тип "а" (граница снижения производительности труда) – технологическая**, воздействующая на операторов стационарных машин и оборудования или передающаяся на рабочие места, не имеющие источников вибрации - станки, кузнечно-прессовое оборудование, насосные агрегаты, вентиляторы, буровые станки, установки нефтегазодобывающей, перерабатывающей и др. отраслей промышленности;

**3 тип "б" (комфорт)** – вибрация на рабочих местах работников умственного труда и персонала, не занимающегося физическим трудом, – диспетчерские, заводоуправления, конструкторские бюро, лаборатории, вычислительные центры, учебные помещения, конторские помещения, здравпункты и др.

**Локальная вибрация** передается через руки человека. К ней можно отнести воздействие на ноги сидящего человека и на предплечья, контактирующие с вибрирующими поверхностями.

По направлению действия вибрацию подразделяют в соответствии с направлением ортогональной системы координат (см. рис. 7.1).

По временной характеристике различается: **постоянная** вибрация, для которой контролируемый параметр за время действия изменяется не более чем в 2 раза (на 6 дБ); **непостоянная** вибрация, для которой эти параметры за время наблюдения изменяются более чем в 2 раза (на 6 дБ).

При действии вибрации на человека оцениваются виброскорость (виброускорение), диапазон частот и время воздействия вибрации.

Частотный диапазон воспринимаемых вибраций от 1 до 1000 Гц. Колебания с частотой ниже 20 Гц воспринимаются организмом только как вибрация, а с частотой выше 20 Гц - одновременно как вибрация и шум.

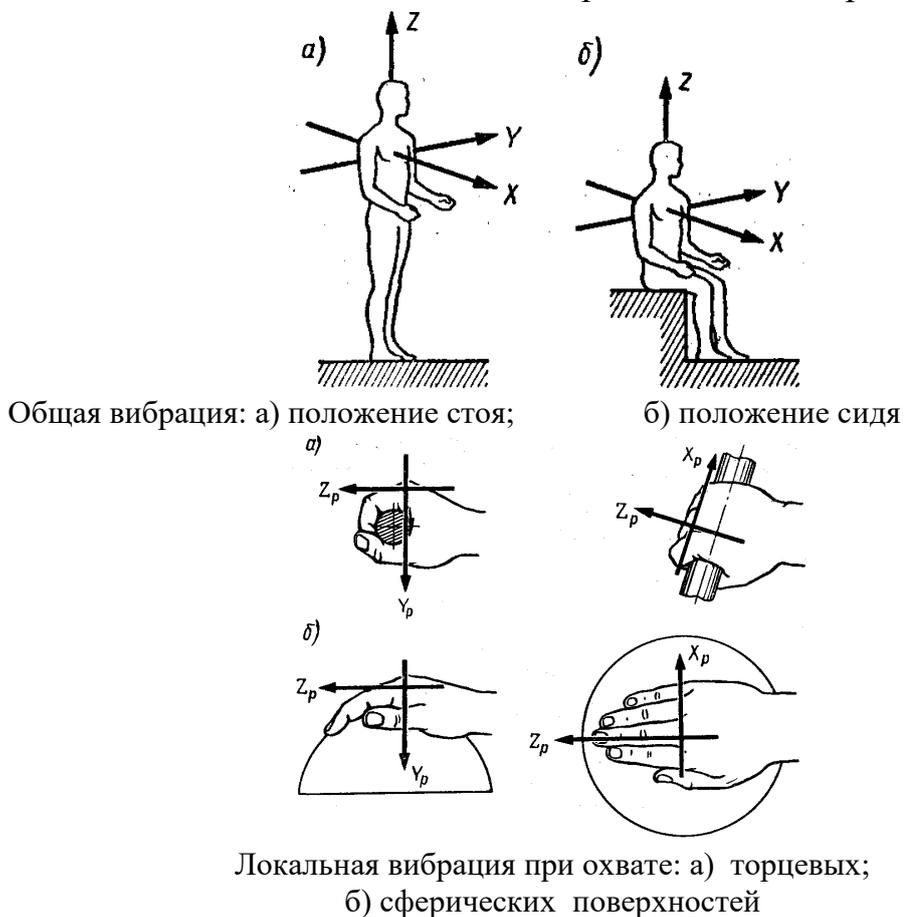


Рис. 7.1. Направление координатных осей при действии общей и локальной вибрации

**Общая вибрация** вызывает изменения в сердечно-сосудистой и центральной нервной системах, появление болей в отдельных органах. **Локальные вибрации** влияют на центральную нервную систему, повышая кровяное давление, вызывают сужение капилляров в кончиках пальцев, приводят к потере их чувствительности. Под воздействием вибрации ухудшается зрительное восприятие, особенно при частотах (25-40) и (60-90) Гц. Вертикальная вибрация особенно неблагоприятна для работающих в сидячем положении, горизонтальная – для работающих стоя. Действие вибрации на человека становится опасным, когда частота колебаний рабочего места приближается к частоте собственных колебаний органов тела человека: (4-6) Гц – колебания головы относительно тела в положении стоя, (20-30) Гц – в положении сидя; 4-8 Гц – брюшной

полости; 6-9 Гц – большинства внутренних органов; 0,7 Гц – "качка", вызывают морскую болезнь.

### 7.1. Нормирование вибрации

Нормируемыми и контролируемыми параметрами вибрации, согласно ГОСТ 12.1.012–90 используются средние квадратичные значения виброускорения (a) или виброскорости (V), а также их логарифмические уровни в децибелах (дБ).

Логарифм уровня виброскорости ( $L_V$ , дБ) и виброускорения ( $L_a$ , дБ) определяют по формулам:

$$L_V = 20 \lg \frac{V}{5 \cdot 10^{-8}} ; \quad (7.1)$$

$$L_a = 20 \lg \frac{a}{10^{-6}} , \quad (7.2)$$

где  $5 \cdot 10^{-8}$  и  $1 \cdot 10^{-6}$  – опорные значения виброскорости и ускорения.

В табл. 7.1 приведены допустимые значения технологической вибрации при длительности рабочей смены 8 часов.

Нормируемый диапазон частот устанавливается:

для **локальной вибрации** в октавных полосах со среднегеометрическими частотами ( $f_2/f_1=2$ ) – 1, 2, 4, 8, 16, 31.5, 63, 125, 250, 500, 1000 Гц;

для **общей вибрации** в октавных и  $1/3$  октавных полос со среднегеометрическими частотами ( $f_2/f_1=\sqrt[3]{2}$ ) — 0.8, 1, 1.25, 1.6, 2.0, 2.5, 3.1, 4.0, 5.0, 6.3, 8.0, 10.0, 12.5, 16.0, 20, 25, 31.5, 40, 50, 63, 80 Гц.

Вибрацию можно нормировать и одночисловым значением контролируемого параметра (корректированным по частоте) ( $\tilde{V}$ ) (табл.7.2).

$$\tilde{V} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (V_i \cdot K_i)^2} ; \quad (7.3)$$

$$L_{\tilde{V}} = 10 \lg \sum 10^{0.1(L_{V_i} + L_{K_i})} ,$$

где  $V_i$  и  $L_{V_i}$  – среднеквадратичные значения контролируемого параметра вибрации или его логарифмический уровень в  $i$ -той частотной полосе;  $n$  – число октавных полос;  $K_i$  и  $L_{K_i}$  – весовые коэффициенты для  $i$ -той частотной полосы (табл.7.1).

Доза вибрации (D) определяется по формуле:

$$D = \int_0^T \tilde{V}^m(t) dt, \quad (7.4)$$

где  $\tilde{V}(t)$  – корректируемое по частоте значение контролируемого параметра в момент времени  $t$ ,  $m/c^{-2}$  или  $m/c$ ;

$T$  – время воздействия вибрации, с;

$m$  – показатель эквивалентности физиологического воздействия вибрации, устанавливаемый санитарными нормами.

Эквивалентное скорректированное значение ( $V_{\text{ЭКВ}}$ ) определяется по формуле:

$$V_{\text{ЭКВ}} = \sqrt[m]{\frac{D}{T}} \cdot \quad (7.5)$$

Таблица 7.1

Санитарные нормы спектральных показателей виброскорости ( $V, \text{м/с}$ ) для общей технологической вибрации

Среднегеом. частоты полос, Гц	Нормативные значения в направлениях X и Y							
	3"а" виброскорости				3"в" виброскорости			
	м / с · 10 <sup>-2</sup>		дБ		м / с · 10 <sup>-2</sup>		дБ	
	1/3 окт.	1/1 окт.	1/3 окт.	1/1 окт.	1/3 окт.	1/1 окт.	1/3 окт.	1/1 окт.
1,6	0,9		105		0,13		88	
2,0	0,64	1,3	102	108	0,09	0,18	85	91
2,5	0,46		99		0,63		82	
3,15	0,32		96		0,045		79	
4,0	0,23	0,45	93	99	0,032	0,063	76	82
5,0	0,18		91		0,025		74	
6,3	0,14		89		0,02		72	
8,0	0,12	0,22	87	93	0,016	0,032	70	75
10,0	0,12		87		0,016		70	
12,5	0,12		87		0,016		70	
16,0	0,12	0,20	87	92	0,016	0,028	70	75
20,0	0,12		87		0,016		70	
25,0	0,12		87		0,016		70	
31,5	0,12	0,20	87	92	0,016	0,028	70	75
40,0	0,12		87		0,016		70	
50,0	0,12		87		0,016		70	
63,0	0,12	0,20	87	92	0,016	0,028	70	75
80,0	0,12		87		0,016		70	

Таблица 7.2

Одночисловые показатели вибрационной нагрузки на оператора за восьмичасовой рабочий день

Вид вибрации	Категория вибрации	Направление действия	Нормативные, скорректированные по частоте значения			
			виброускорения		виброскорости	
			м/с <sup>2</sup>	дБ	м/с · 10 <sup>-2</sup>	дБ
Локальная	-	X <sub>л</sub> , Y <sub>л</sub> , Z <sub>л</sub>	2,0	126	2,0	112
Общая	1	Z <sub>0</sub>	0,56	115	1,1	107
		Y <sub>0</sub> , X <sub>0</sub>	0,4	112	3,2	116
	2	Z <sub>0</sub> , Y <sub>0</sub> , X <sub>0</sub>	0,28	109	0,56	101
	3 тип "а"	Z <sub>0</sub> , Y <sub>0</sub> , X <sub>0</sub>	0,1	100	0,2	92

	3 тип "В"	$Z_0, Y_0, X_0$	0,014	83	0,028	75
--	-----------	-----------------	-------	----	-------	----

Таблица 7.3

Весовые коэффициенты коррекции виброскорости для различных видов и направлений вибрации в октаве

Среднегеометр. частоты полос, Гц		1	2	4	8	16	31.5	63
Z	$K_i$	0,045	0,016	0,45	0,9	1,0	1,0	1,0
	$L_{Ki}$	-25	-16	-7	-1	0	0	0
X, Y	$K_i$	0,5	0,9	1	1	1	1	1
	$L_{Ki}$	-6	-1	0	0	0	0	0

**Борьба с вибрацией.** Для борьбы с вибрацией машин, оборудования и защиты от нее работающих используют различные методы. Прежде всего, устанавливают причины появления механических колебаний, затем их устраняют, например, замена кривошипных механизмов равномерно вращающимися, тщательный подбор зубчатых передач, балансировка вращающихся масс и т.п. Для снижения вибрации широко используют эффект вибродемпфирования - превращение энергии механических колебаний в другие виды энергии, чаще всего в тепловую. С этой целью в конструкции деталей, через которые передается вибрация, применяют материалы с большим внутренним трением – специальные сплавы, пластмассы, резины, вибродемпфирующие покрытия. Для предотвращения общей вибрации используют установку вибрирующих машин и оборудования на самостоятельные виброгасящие фундаменты. Для ослабления передачи вибрации от источников ее возникновения полу, рабочему месту, сиденью, рукоятке и т.п. широко применяют методы виброизоляции. Для этого на пути распространения вибрации вводят дополнительную упругую связь в виде виброизоляторов из резины, пробки, войлока, асбеста, стальных пружин. В качестве средств индивидуальной защиты работающих используют специальную обувь на массивной резиновой подошве. Для защиты рук служат рукавицы, перчатки, вкладыши и прокладки, которые изготовляют из упругодемпфирующих материалов.

Важным для снижения опасного воздействия вибрации на организм человека является правильная организация режима труда и отдыха, постоянное медицинское наблюдение за состоянием здоровья, лечебно-профилактические мероприятия, такие как гидропроцедуры (теплые ванночки для рук и ног), массаж рук и ног, витаминизация и др. Для защиты рук от воздействия ультразвука при контактной передаче, а также при контактных смазках и т.д. операторы должны работать в рукавицах или перчатках, нарукавниках, не пропускающих влагу или контактную смазку.

## 7.2. Лабораторная работа

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВИБРАЦИЙ И ВИБРОИЗОЛИРУЮЩИХ СВОЙСТВ АМОРТИЗАТОРОВ

Цель работы:

1. Исследовать параметры вибрации.
2. Оценить соответствие измеренных параметров нормативным значениям.
3. Ознакомиться с профилактическими мероприятиями по снижению вибраций.

#### 7.2.1. Применяемые приборы и устройства

На рис. 7.2 представлен общий вид стенда для исследования вибрации.

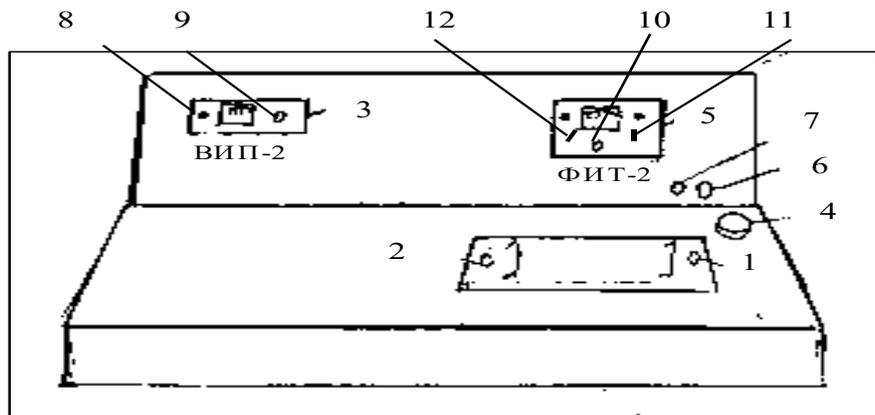


Рис. 7.2. Общий вид стенда для исследования вибраций:

1 - виброплощадка; 2 - зажимы; 3 - виброизмерительный прибор ВИП-2; 4 - рукоятка ЛАТРа; 5 - фотоизмерительный тахометр ФИТ-2; 6 - тумблер включения стенда; 7 - тумблер включения двигателя; 8 - переключатель пределов измерений ВИП-2; 9 - переключатель рода работ; 10 - переключатель пределов измерений ФИТ-2; 11 - тумблер включения прибора ФИТ-2

Для измерения эффективных значений скоростей и размаха смещений используется виброизмерительный прибор ВИП-2.

Вибрации, воспринимаемые основанием 5, виброплощадки (рис. 7.3) передаются на вибродатчик 9. С вибродатчика сигнал поступает на виброизмерительный прибор 3, с помощью которого снимаются показания скорости и амплитуды вибраций. Число оборотов электродвигателя устанавливается с помощью рукоятки ЛАТРа 4 и контролируется фотоэлементом прибора ФИТ-2 - 5.

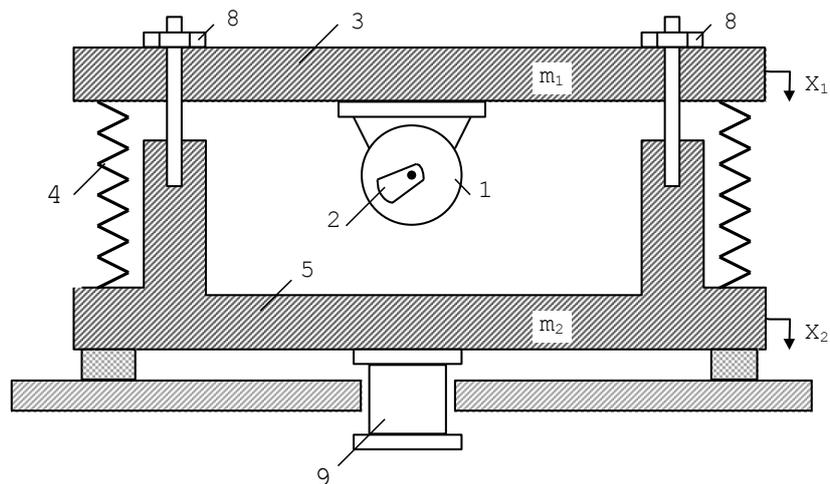


Рис. 7.3. Схема установки для исследования виброизолирующих свойств амортизаторов:

1 - электродвигатель с закрепленным на валу эксцентриком 2, который устанавливается на виброплощадку 3; 4 - пружинные амортизаторы, устанавливаемые между виброплощадкой и основанием 5; 6 - болты с зажимами 8, соединяющие виброплощадку 3 с основанием 5 и позволяющие прижимать виброплощадку к основанию для замера вибраций без амортизаторов; 7 - резиновые амортизаторы, на которых установлено основание; 9 - вибродатчик, соединенный с основанием

Обороты электродвигателя снимаются с зеркального отражателя, установленного на валу двигателя. Сигнал преобразуется усилителем этого прибора.

Перекрытие в реальных условиях имеет свою жесткость, но для упрощения расчетов этой жесткости потерями колебательной энергии в амортизаторах будем пренебрегать.

Для расчета амортизаторов необходимо знать их жесткость ( $K_1, \text{Н/м}$ ), массу машины с основанием ( $m_1$ ), а также массу перекрытия ( $m_2$ ). Жесткость пружинных амортизаторов ( $K_1$ ) определяется по формуле:

$$K_1 = \frac{Gd^4}{8D^3n}, \quad (7.6)$$

где  $G$  - модуль поперечной упругости,  $\text{Н/м}^2$ ;

$d$  - диаметр проволоки пружины, м;

$D$  - диаметр пружины, м;

" $n$ " - число витков пружины.

Жесткость резиновых амортизаторов ( $K_2, \text{Н/м}$ ) определяется:

$$K = \frac{E_d C}{H}, \quad (7.7)$$

где  $E_d$  - динамический модуль упругости резины;

$S$  - площадь поперечного сечения амортизатора,  $\text{м}^2$ ;

$H$  - высота амортизатора, м.

Зная жесткость амортизаторов и вес машины с основанием, можно определить величину статической осадки:

$$Y = \frac{Q}{Nk_i}, \quad (7.8)$$

где  $Q$  - машины с основанием, кг;  
 $k_i$  - жесткость  $i$ -го амортизатора;  
 $N$  - число амортизаторов.

Частоту собственных колебаний системы ( $f_c$ , Гц) получим из формулы:

$$f_c = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K_i(m_1 + m_2)}{m_1 \cdot m_2}}, \quad (7.9)$$

где  $m_2$  - масса перекрытия.

Амортизаторы считаются пригодными, если коэффициент передачи:

$$\mu = \frac{1}{\frac{f^2}{f_0^2} - 1} \leq \frac{1}{8} \quad (7.10)$$

или коэффициент отношения частот равен:

$$\varphi = \frac{f}{f_0} \geq 3. \quad (7.11)$$

Эффективность снижения уровня вибраций рассчитывается из соотношения:

$$\Delta i = 40 \lg \frac{f}{f_0}. \quad (7.12)$$

## 7.2.2. Порядок выполнения работы

### Определение спектра вибраций

1. Включите стенд в сеть с помощью вилки.
2. Включением тумблера 6 подайте питание к приборам стенда.
3. Установите пределы измерения на максимальные значения переключателями 8 (на ВИП-2-на 1/10) и 10 (на ФИТ-2 на x20), а затем при увеличении скорости свыше 2000 об/мин установить предел измерений на (x100). При дальнейшем увеличении оборотов электродвигателя переключатель диапазонов ВИП-2 необходимо ставить на более высокий уровень.
5. Включите приборы ВИП-2, ФИТ-2 тумблерами 9, 11, 12.
6. Рукоятку 4 регулятора оборотов электродвигателя поворачивают до упора по часовой стрелке.
7. Переключатель 9 "род работы" прибора ВИП-2 следует установить на "контроль питания" (на верхней шкале стрелка должна установиться против знака "∇").

8. С прибора ВИП-2 снимаются показания виброскорости в (мм/с) при соответствующем положении рукоятки 9.

9. Пределы измерений на переключателе 8 указываются в числителе зеленым цветом - амплитуда, в знаменателе черным - виброскорость. Для облегчения подсчета показания снимаются по верхней шкале прибора при положении переключателя 8 на 100/1000, 10/100, 1/10, по нижней шкале - на 30/300, 3/30. Показания виброскорости снимаются непосредственно с приборами в (мм/с).

10. Тумблером 7 включите в работу электродвигатель.

11. Рукояткой 4 установите число оборотов согласно табл.7.2 и занесите результаты замеров виброскорости в соответствующие графы этой таблицы.

### **Измерение колебаний, передающихся через амортизаторы на перекрытие**

1. Необходимо полностью приподнять виброплощадку и в гнезде установить пружинные амортизаторы.

2. Выполните замеры аналогично пунктам 4 и 11 предыдущего раздела и запишите результаты в табл. 7.2.

### **Определение резонансных частот пружинных и резиновых амортизаторов**

1. Найдите практические области резонансных частот для пружинных и резиновых амортизаторов по максимуму виброскорости, меняя плавно диапазон оборотов (от 480 до 4500 об/мин). Результаты замеров занести в табл.7.4.

## **ОТЧЕТ ПО РАБОТЕ**

1. Цель работы.

2. Результаты экспериментальных измерений и допустимых величин (табл.7.4) среднеквадратичных и логарифмических уровней виброскорости занести в табл.7.4.

3. Представить расчет собственно частоты колебаний установки с резиновыми и с пружинными амортизаторами (см. рис. 7.2) по формулам 7.9, 7.10 и 7.11 (геометрические и физические параметры см. в приложении).

4. Построить графики зависимостей при установке двигателя с резиновыми и с пружинными амортизаторами с указанием резонансных частот:

$$V = f(n).$$

Таблица. 7.4

## Результаты измерений

Число оборотов (n) двигателя, об/мин	240	480	960	1890	3760
Частота $f = n/60$ , Гц	4	8	16	31,5	63
Установка с резиновыми амортизаторами	Скорость колебаний (V, м/с)				
Установка с пружин. амортизаторами	V, м/с				
Допустимые среднеквадратических виброскорости, м/с/дБ (из табл.7.1)	величины значений				
Фактические значения виброскорости, дБ (без амортизаторов)	логарифмические				
$L = 20 \lg \frac{V}{5 \cdot 10^{-8}}$					
Фактические уровни виброскорости, дБ (с пружинным амортизатором)	логарифмические				
$L = 20 \lg \frac{V}{5 \cdot 10^{-8}}$					

5. При заданном числе оборотов определить эффективность снижения уровня вибрации ( $\Delta L$ ) для пружинных и резиновых амортизаторов, дБ:

$$\Delta L = 40 \lg \frac{f}{f_0}. \quad (7.14)$$

6. Подсчитать фактические логарифмические уровни виброскорости с пружинными амортизаторами и заполнить соответствующие графы табл.7.2.

7. Сравнить с предельно допустимыми величинами параметров вибраций по ГОСТ 12.1.012-90. Сделать вывод по п.п. 4, 5, 7.

Геометрические и физические параметры пружинных  
и резиновых амортизаторов

а) пружинные амортизаторы:

$$D = 0,017 \text{ м},$$

$$d = 0,00175 \text{ м},$$

$$i = 5,$$

$$G = 8 \cdot 10^4 \text{ Н/м};$$

б) резиновые амортизаторы:

$$S = 5,3 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2,$$

$$H = 0,03 \text{ м},$$

$$E_d = 1 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2;$$

в) масса электродвигателя с основанием

$$m_1 = 0,714 \text{ кг};$$

г) масса перекрытия

$$m_2 = 0,372 \text{ кг}.$$

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Что такое вибрация, когда она возникает?
2. Чем различаются общая и локальная вибрации?
3. Назовите основные параметры, характеризующие вибрацию.
4. На какие виды делится вибрация?
5. Назовите частотный диапазон вибраций. Как производится деление на октавы?
6. Что такое уровень виброскорости?
7. Как действуют вибрации на человека?
8. Как нормируются вибрации?
9. Объясните порядок выполнения работы.
10. Поясните, как производится расчет эффективности амортизаторов.

## 8. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПЫЛЬ

Пыль представляет собой мельчайшие частицы твердых веществ, которые способны в течение некоторого времени находиться во взвешенном состоянии. Пыль делится на две группы.

1. Образующаяся в результате измельчения материалов.
2. Образующаяся при конденсации веществ (аэрозоли). К ним относятся дымы, выделяющиеся при неполном сгорании топлива.

По химическому происхождению веществ, из которых она образовалась, пыль делится на:

- 1) органическую - растительную, животную, искусственных и синтетических материалов;
- 2) неорганическую - пыль горных пород, минералов, шлаков и т.д.;
- 3) смешанную - состоящую из минеральных и органических составляющих, например, почва.

По воздействию на организм пыль может быть токсичной и нетоксичной. Токсичная относится к промышленным ядам и действует аналогично токсичным газам.

Под производственной пылью понимают нетоксичную пыль. Основными профессиональными заболеваниями при ее действии являются пневмокониозы, хронические бронхиты, заболевания слизистых оболочек дыхательных путей и кожи.

Характер заболевания органов дыхания определяется составом пыли и ее дисперсностью. Наиболее тяжелые пневмокониозы вызываются действием двуоксида кремния ( $\text{SiO}_2$ ) - **силикоз**, угольной пыли - **антракоз**, асбестовой пыли - **асбестоз**. Многие пыли растительного и животного происхождения обладают аллергенным действием (пыль трав, зерна, муки, соломы, перьев и др.).

На опасность поражения влияют: формы частиц, дисперсность пыли, электрические, физико-химические свойства, растворимость. Игольчатая пыль стекло- и минерального волокна раздражает кожу и вызывает зуд. Волокнистая пыль растений, асбеста, оседая на слизистых оболочках, способна задерживаться мерцательным эпителием и вызывать его атрофию.

Пылинки имеют разный дисперсный состав. Частички дыма имеют размер от 0,01 до 0,1 мкм, близкий к размеру молекул, и находятся в броуновском движении. Они сталкиваются, коагулируют, приобретая значительно больший размер, и оседают. Частицы более 0,1 мкм вследствие большой поверхности испытывают сопротивление воздуха и поэтому долго не оседают и плохо коагулируются.

От дисперсности пыли зависит задержка ее в органах дыхания и распределения в них.

Частицы более 5 мкм (**видимая пыль**) задерживаются в верхних дыхательных путях и выводятся мерцательным эпителием.

Наиболее опасны **микроскопические** частицы с размером 0,1 - 2,0 мкм. Они соизмеримы с размерами альвеол легких и задерживаются в них.

Частички менее 0,1 мкм (**ультрамикроскопические**) в легких не задерживаются и удаляются вместе с выдыхаемым воздухом.

Очень важным показателем является масса пыли в единице объема воздуха. Малое количество пыли любого состава в воздухе является практически безвредным. Напротив, даже самая "инертная" пыль при высокой весовой концентрации становится вредной.

Пыль активно сорбирует кислород, поэтому пыль органических веществ при больших концентрациях может воспламениться и взрываться (угольная, сахарная, мучная и др.).

Растворимость пыли в биосредах организма для нетоксичных пылей играет положительную роль, т.к. выводит ее из организма, а для токсичных, наоборот, способствует развитию токсического действия.

С целью предупреждения профессиональных заболеваний, связанных с повышенной запыленностью воздуха рабочей зоны, на предприятиях проводится целая система организационных и технических мероприятий по борьбе с пылью, к числу которых относится и систематический контроль за уровнем запыленности воздуха.

Все существующие методы определения содержания в воздухе промышленной пыли можно условно разделить на две основные группы - с выделением и без выделения дисперсной фазы из аэрозоля. К первой группе относятся методы, в ходе которых взвешенные в воздухе твердые частицы сначала улавливаются каким-либо способом, а затем подвергаются взвешиванию или подсчету. Ко второй группе относятся фотоэлектрические, электрометрические, оптические и другие методы, при которых анализу на запыленность подвергается воздух вместе с находящимися в нем твердыми частицами.

## **8.1. Лабораторная работа**

### **ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПЫЛИ В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ**

Цель работы:

1. Ознакомиться с опасностями, возникающими в запыленных рабочих зонах.

2. Определить содержание пыли в воздухе рабочей зоны весовым методом и дать санитарно-гигиеническую оценку в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.005-88 "ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны".

Наиболее распространенным способом определения запыленности воздуха является весовой. Сущность его заключается в протягивании определенного объема запыленного воздуха через фильтр, на котором задерживаются частицы пыли. Количество пыли определяется по разнице массы фильтра до и после протягивания запыленного воздуха. Эта разница, отнесенная к объему протянутого через фильтр воздуха, дает весовую концентрацию пыли в исследуемом воздухе и записывается следующим выражением:

$$C = \frac{G}{V_o} = \frac{Q_1 - Q}{V_o} \quad , \quad (8.1)$$

где  $C$  - концентрация пыли, мг/м<sup>3</sup>;  
 $G$  - масса пыли, осевшей на фильтре, мг;  
 $Q$  и  $Q_1$  - масса фильтра до и после отбора пробы, соответственно, мг;  
 $V_o$  - объем воздуха, прошедшего через фильтр и приведенного к нормальным условиям (температуре 20 °С, барометрическому давлению 760 мм. рт. ст.), м<sup>3</sup>.

Этот объем может быть найден по формуле:

$$V_o = \frac{273 \cdot V_T \cdot P}{760 \cdot 133,322 \cdot T} \quad , \quad (8.2)$$

где  $P$  - барометрическое давление, Па;  
 $T$  - температура в месте отбора пыли, °К;  
 $V_T$  - объем воздуха, пропущенного через фильтр при температуре  $T$  и давлении  $P$ , м<sup>3</sup>.

Объем воздуха может быть подсчитан по формуле:

$$V_T = \frac{q \cdot t}{1000} \quad , \quad (8.3)$$

где  $q$  - объемная скорость просасывания воздуха через фильтр, л/мин.;  
 $t$  - продолжительность отбора пробы, мин.

Если значение  $V_T$  из (8.3) подставить в (8.2) и значение  $V_o$  подставить в (8.1), то получим выражение для определения массовой концентрации пыли в воздухе, мг/м<sup>3</sup>:

$$C = \frac{371 \cdot 1000 \cdot G \cdot T}{q \cdot t \cdot m} \quad . \quad (8.4)$$

Определение запыленности воздушной среды производится на лабораторной установке (см. рис. 8.1), состоящей из пылевой камеры, где имитируется рабочее помещение, внутри которого искусственно создается повышенная запыленность воздуха. Для этого в камеру помещается навеска пыли, которая при опытах раздувается потоком воздуха, создаваемого вентилятором.

Для протягивания исследуемого воздуха через фильтры и определения его расхода в установку вмонтирован аспиратор-прибор, состоящий из собранных в одном корпусе: электродвигателя,

воздуходувки ротационного типа, четырех поплавковых ротаметров и устройств для регулирования расхода воздуха через каждый канал.

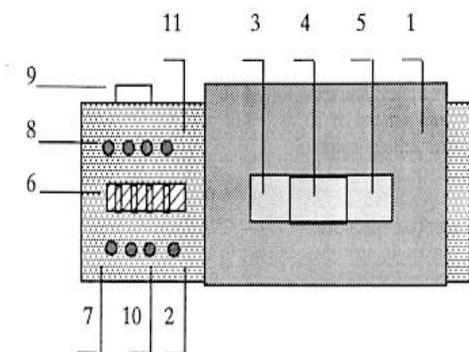


Рис.8.1. Схема экспериментальной установки:

1. Пылевая камера;
2. Включение вентилятора;
3. Бункер-дозатор;
4. Осмотровое окно;
5. Отверстие для отбора проб;
6. Ротаметр;
7. Включение освещения;
8. Регулятор скорости воздуха;
9. Патрон (аллонж) с фильтром;
10. Регулятор скорости движения воздуха;
- 11.

В фильтровальный патрон (аллонж) помещают аналитический фильтр типа АФА-В-18, изготовленный из специального фильтрующего материала из синтетических волокон. Фильтры взвешивают до и после взятия пробы на аналитических лабораторных весах.

Помимо указанных выше приборов в работе применяется секундомер, барометр, термометр.

## 8.2. Порядок выполнения работы

1. На аналитических весах взвесить фильтр.
2. Вставить фильтр в патрон и поместить его в камеру с исследуемым воздухом (см. рис. 8.1).
3. Включить аспиратор и по заданию преподавателя установить расход пропускаемого воздуха.
4. Включить вентилятор в пылевой камере и секундомер, произвести отбор пробы пыли в течение времени, заданного преподавателем.
5. Извлечь фильтр из патрона и взвесить его на лабораторных весах.
6. Замерить барометрическое давление и температуру воздуха.
7. Занести все полученные данные в таблицу 8.1.
8. В таблице 8.2. найти значения ПДК для исследуемой пыли.
9. После проведения расчетов сделать соответствующие выводы.

Таблица 8.1

### Результаты экспериментальных замеров

Масса фильтра, мг		Объемная скорость прокач. воздуха (q, л/мин.)	Время прокач. (t, мин.)	Барометрическое давление (P, мПа)	Температура (T, °K)	Концентрация (C, мг/м <sup>3</sup> )	ПДК, мг/м <sup>3</sup>
до отбора, Q	после отбора, Q <sub>1</sub>						

--	--	--	--	--	--	--	--

Таблица 8.2

ПДК пыли в воздухе рабочей зоны

№ п/п	Наименование вещества	Величина ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности
1.	Алюминий и его сплавы	2	III
2.	Барит	6	IV
3.	Бериллий и его соединения	0,001	I
4.	Бокситы	6	IV
5.	Известняк	6	IV
7.	Кремния диоксид кристаллический (кварц, кристобалит, тридинит) при содержании в пыли более 70 %	1	III
8.	Кремния диоксид при содержании в пыли от 10 до 70 % (гранит, слюда-сырец, углепородная пыль и др.)	2	III
9.	Марганца оксиды (в пересчете на MnO <sub>2</sub> ): а) аэрозоль дезинтеграции; б) аэрозоль конденсации	0,3 0,05	II I
10.	Никель оксиды, сульфиды и смеси соединений никеля	0,05	I
13.	Свинец и его неорганические соединения (по свинцу)	0,01	I
14.	Серебро металлическое	1	II
15.	Силикатосодержащие пыли, силикаты, алюмосиликаты: а) асбест природный и искусственный, смешанные асбестопородные пыли при содержании в них асбеста более 10%; б) цемент, апатит, глина.	2 6	III IV
16.	Углерода пыли: а) коксы каменноугольный, пековый, нефтяной, сланцевый; б) другие ископаемые угли и углеродные пыли с содержанием свободного диоксида кремния до 5 %	6 10	IV IV
17.	Хроматы, бихроматы (в пересчете на CrO <sub>3</sub> )	0,01	I

**Контрольные вопросы**

1. Как образуется пыль, назовите виды пыли.
2. Как делится пыль по дисперсности?
3. Как действует пыль на человека?
4. От чего зависит опасность поражения пылью?
5. Объясните принцип работы установки.
6. Как рассчитывается концентрация пыли?

## 9. ИОНИЗИРУЮЩИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ

Ионизирующим излучением называется излучение, вызывающее ионизацию среды. Естественными источниками ионизирующих излучений на Земле являются естественно распределенные на ней радиоактивные элементы и космические лучи. Искусственными источниками являются ядерные реакторы, ускорители заряженных частиц, рентгеновские установки, искусственные радиоактивные изотопы и др.

В природе насчитывается свыше 60 естественных и 1500 искусственных радиоактивных изотопов. Источники ионизирующих излучений широко применяются в различных отраслях народного хозяйства и, в частности, в нефтяной и газовой промышленности (см. табл. 9.1).

Ионизирующие излучения включают в себя всю шкалу электромагнитных волн: радиоволны ( $\lambda > 1 \rightarrow 2$  мм), инфракрасные лучи ( $\lambda = 1 \rightarrow 2$  мкм), видимый свет ( $\lambda = 390 \rightarrow 740$  нм), ультрафиолетовые лучи ( $\lambda < 390$  нм), рентгеновские лучи ( $\lambda < 100$  нм),  $\gamma$ -излучение ( $\lambda < 10$  нм). Границы по частоте излучения ( $\nu$ ) или по длине волны в вакууме  $\lambda = c/\nu$  ( $c$  - скорость света в вакууме) между различными волнами электромагнитного излучения, которые выбраны при построении так называемой шкалы электромагнитных волн, весьма условны. В действительности нет никаких резких переходов от одного вида излучения к другому. Однако электромагнитные излучения, частоты которых отличаются на много порядков, например, радиоволны и лучи Рентгена, обладают качественно различными свойствами.

Наибольшей ионизирующей способностью обладают ультрафиолетовые и рентгеновские лучи, а также  $\gamma$ -излучение.

Кроме электромагнитных волн к ионизирующему излучению относятся корпускулярные излучения в виде нейтронов ( ${}_1n^0$ ),  $\alpha$ -частицы ( ${}_2He^{2+}$ ) и  $\beta$ -частицы ( ${}_0e^{-1}$ ) частиц.

Нейтроны - единственные незаряженные частицы, образующиеся при любом радиоактивном распаде, с массой равной массе протона. Они глубоко проникают в любое вещество, включая живые ткани. При прохождении через вещество они взаимодействуют с ядрами атомов, передавая им часть своей энергии и производя его ионизацию.

$\beta$ -частицы - электроны, образующиеся во время распада вещества, имеют отрицательный заряд.

$\alpha$ -частицы - ядра атомов гелия, состоящие из двух протонов и двух нейтронов. Они имеют положительный заряд и проходя через вещество производят ионизацию большой плотности. Обычно  $\alpha$  частицы образуются при распаде тяжелых элементов (радий, торий, уран, полоний и др.).

Опасность радиоактивного вещества оценивается по его активности.

Таблица 9.1

## Использование радиоактивных веществ в отраслях нефтяной и газовой промышленности

Виды работ	Перечень задач	Операции и методы исследования	Источник излучения	Регистрируемое излучение
1	2	3	4	5
Бурение скважин	Контроль за движением бурового раствора по колонне и цемента в затрубном пространстве, исследовательские работы, обнаружение трещин и раковин в оборудовании и инструментах	Приготовление и временное использование радиоактивных растворов (промывочных, тампонажных, продавочных)	Искусственные источники излучений $^{222}\text{Ra}$ , $^{210}\text{Po}$ , $^{235}\text{U}$ , $^{239}\text{Pu}$ , $^{60}\text{Co}$ , $^{134}\text{Cs}$ , $^{226}\text{Ra}$	$\alpha$ , $\beta$
		Радиометрические методы измерения естественной радиоактивности	Естественные радиоактивные изотопы $^{222}\text{Ra}$ , $^{210}\text{Po}$ , $^{239}\text{Pu}$ , и др.	$\alpha$ , $\beta$ , $\gamma$
Геологоразведочные работы	Отбор образцов и керна, содержащих естественные радионуклиды, установление границ газо- и водонефтяного контакта, определение коллекторских свойств пород	Отбор керна и лабораторные исследования, методы слежения за продавочными и контрольными растворами и жидкостями	Естественные и искусственные источники	$\gamma$
		Гамма-методы	Искусственные источники гамма-метода	
		Исследование геологических проб по измерению характеристического излучения	Искусственные источники излучений малых энергий: $^{170}\text{Tl}$ , $^{55}\text{Fe}$ , $^{241}\text{Am}$	Характеристическое излучение

Продолжение табл. 9.1

1	2	3	4	5	
Геофизические исследования	Комплекс промыслово-геофизических исследований для получения информации о разрезе путем измерения уровней и спектров излучений  Наладка ядерно-геофизической аппаратуры	Спуск, размещение и подъем измерительной скважинной аппаратуры с радиоактивными источниками, закачка в скважины раствора с определ. концентрацией известных радионуклидов	$^{226}\text{Ra}$ , $^{210}\text{Po}$ , $^{60}\text{Co}$ , $^{134}\text{Cs}$ , нейтроны, полоний, берилиевый источник, радий-берилиевый источник	разных энергий	
		Гамма-методы	Искусственные радиоактивные источники		$\gamma$
		Селективный гамма-метод	Искусственные источники гамма-излучения: $^{75}\text{Se}$ , $^{170}\text{Tm}$ , $^{133}\text{Ba}$		$\gamma$
		Плотностные гамма-методы	$\text{Cs}$ (3,7МБк) $^{60}\text{Co}$ , $^{137}\text{Tm}$		$\gamma$
		Нейтронные методы	Искусственные изотопные нейтронные источники		$n$
		Нейтронные гамма-методы (НГМ)	Искусственные изотопные нейтронные источники		$\gamma$
		Гамма-нейтронный метод	Ускорители (бетатрон, микротрон)		$n$
		Гамма-активационные методы	Гамма-источники, ускорители заряженных частиц		$n, p, \alpha, \gamma$
Добыча, транспортирование нефти, газа и газоконденсата	Контроль за движением газо- и водонефтяного фронта, жидкостей при гидроразрыве и контурном заводнении; контроль за ходом технологического процесса; борьба	Нейтронно-активационный анализ	Изотопные $n$ -источники (107 Н/С), генераторы нейтронов (10 Н/С), ядерный реактор	$\gamma$	
		Импульсные нейтронные методы	Генераторы нейтронов	$n, p$	
		Подготовка и временное использование растворов с РАВ, использование генераторов нейтронов.	$^{131}\text{I}$ , $^{65}\text{Zn}$ , $^{59}\text{Fe}$ , $^{95}\text{Zr}$  Цезий, кобальт	$\gamma, n$	

Продолжение табл. 9.1

1.	2.	3.	4.	5.
сата, переработка сырья на заводах	со статическим электричеством; дефектоскопия трубопроводов и элементов оборудования; химический эксперимент и др.	Плотностные гамма-методы Гамма-метод Импульсный нейтронный метод	Кобальт, радий, цезий Генераторы нейтронов	$\gamma$ $\gamma$ $n, \gamma$
Машино-, аппаратура и приборостроение	Дефектоскопия и рентгеноструктурный анализ	Использование рентгеновских аппаратов с напряжением от 40 до 1000 кВ (рентгеновская трубка, ускорители)	Радионуклиды. ускорители, $^{60}\text{Co}$ , $^{137}\text{Cs}$ , $^{170}\text{Tm}$ , бетатроны с энергией 6-35 МэВ	$\beta$
Строительство газонефтепроводов и эксплуатация строительных машин	Исследование износа деталей машин, выявление дефектов при сварке, отливках, поковках и сварных швах, испытание смазочных масел. Автоматизация технологических процессов при ремонте машин и контроль плотности строительных конструкций. Определение влажности грунтов и стройматериалов	Обогащение инертных материалов, приготовление бетона, использование рентгеновских аппаратов	$^{60}\text{Co}$ , $^{137}\text{Cs}$ , $^{45}\text{Ca}$ , $^{82}\text{Br}$ , $^{32}\text{P}$ , $^{59}\text{Fe}$ , $^{125}\text{Sn}$ , $^{51}\text{Cr}$ , $^{187}\text{W}$ , $^{204}\text{Tl}$ , $^{192}\text{Ir}$ и др.	$\alpha, \beta, \gamma$
Лабораторные работы	Активационный, рентгеноструктурный и рентгеноспектральный анализ	Гамма- и нейтронные методы	$^{252}\text{Cf}$ , $^{85}\text{Zn}$ , $^{75}\text{Se}$ , $^{238}\text{Pu}$ , $^{244}\text{Cm}$	$n, \gamma$

**Активностью А** радиоактивного вещества называется число спонтанных ядерных превращений N в веществе за единицу времени t:

$$A = \Delta N / \Delta t \quad (9.1)$$

Единицей измерения активности является число ядерных превращений в секунду, называемое Беккерель (Бк). Используется также внесистемная единица - Кюри (Ки) -  $1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$ .

Для количественной оценки ионизирующего действия рентгеновского и гамма-излучений в сухом атмосферном воздухе используется понятие экспозиционная доза. **Экспозиционная доза X** представляет собой отношение полного заряда Q ионов одного знака, возникающих в малом объеме, к массе воздуха в этом объеме:

$$X = \Delta Q / \Delta m . \quad (9.2)$$

За единицу экспозиционной дозы принимают величину Кулон / килограмм. Применяется также внесистемная единица - Рентген (Р) -  $1 \text{ Р} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг}$ .

Биологическое действие ионизирующих излучений на живой организм зависит от поглощенной дозы излучения. Поглощенная доза излучения D - это отношение средней энергии (E), переданной излучением веществу в некотором элементарном объеме, к массе (m) вещества в этом объеме:

$$D = \Delta E / \Delta m . \quad (9.3)$$

Единицей поглощенной дозы является Грей (Гр) -  $1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг}$ . Применяется также внесистемная единица - Рад -  $1 \text{ Рад} = 0,01 \text{ Гр}$ .

**Эквивалентная доза (H)** - это поглощенная доза умноженная на соответствующий взвешивающий коэффициент для данного излучения ( $W_r$ ) (см. табл. 9.2):

$$H = D \cdot W . \quad (9.4)$$

Единицей измерения эквивалентной дозы является Дж/кг названный Зивертом (Зв) -  $1 \text{ Зв} = 1 \text{ Дж/кг}$ . Применяется также внесистемная единица бэр (биологический эквивалент рада) -  $1 \text{ бэр} = 0,01 \text{ Зв}$ .

Таблица 9. 2

Взвешивающие коэффициенты для отдельных видов излучения при расчете эквивалентных доз

Вид излучения	$W_r$
1	2
Фотоны любых энергий	1
Электроны любых энергий	1
Нейтроны с энергией меньше 10 кэВ	5

1	2
от 10 до 100 кэВ	10
от 100 до 2 МэВ	20
от 2 до 20 МэВ	10
более 20 МэВ	5
Протоны, кроме протонов отдачи с энергией более 2 МэВ	5
$\alpha$ -частицы, осколки деления и тяжелые ядра	20

Таблица 9.3

**Взвешивающие коэффициенты для ткани и органов  
при расчете эффективной дозы**

Органы	$W_t$
Гонады	0,20
Костный мозг (красный)	0,12
Толстый кишечник (нисходящая часть)	0,12
Легкие	0,12
Желудок	0,12
Мочевой пузырь	0,05
Грудная железа	0,05
Печень	0,05
Пищевод	0,05
Щитовидная железа	0,05
Кожа, клетки костных поверхностей	0,01
Остальное (надпочечники, головной мозг, верхний отдел толстого кишечника, тонкий кишечник, почки, мышечная ткань, поджелудочная железа, селезенка, матка)	0,05

**Доза эффективная коллективная ( $S$ )** - величина, определяющая полное воздействие излучения на группу людей, определяется в виде:

$$S = \sum E_i \cdot N_i, \quad (9.6)$$

где  $E_i$  - средняя эффективная доза на  $i$ -ую подгруппу группы людей;

$N_i$  - число людей в подгруппе.

**Загрязнение радиоактивное** - присутствие радиоактивных веществ техногенного происхождения на поверхности или внутри материала или тела человека, в воздухе или другом месте, которое может привести к облучению в индивидуальной дозе более 10 мкЗв/год или коллективной дозе 1 чел. - 3 Зв/год.

Поглощенная, экспозиционная и эквивалентная дозы, отнесенные к единице времени, носят название **мощности соответствующих доз**.

Для характеристики степени заражения местности используют также единицу Ки/км<sup>2</sup> - 10 Ки/км<sup>2</sup> по внешнему облучению соответствуют 10 мР/час.

Соотношения между единицами, характеризующими действие ионизирующих излучений, приведены в табл. 9.4.

### 9.1. Биологическое действие ионизирующих излучений (ИИ)

Работа с источниками ИИ сопряжена с невидимой опасностью, связанной с ионизацией молекул тканей. Процессы ионизации сопровождаются выбиванием электронов из атомов и молекул, составляющих клетку. Это ведет к разрыву молекулярных связей и изменению химической структуры различных соединений. Такое действие называется **прямым**.

Как известно, в организме человека содержится свыше 70% воды. Следовательно, первичные процессы во многом определяются поглощением излучения водой клеток, ионизацией молекул воды с образованием  $\text{OH}^-$  и  $\text{H}^+$ . Эти ионы могут образовывать гидратный оксид ( $\text{HO}_2$ ) в результате реакции:  $2\text{OH}^- + \text{O}_2 = 2\text{HO}_2$  и пероксид ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ):  $2\text{H}^+ + \text{O}_2 = \text{H}_2\text{O}_2$ . Эти соединения взаимодействуют с молекулами органических веществ тканей, окисляя и разрушая их. Такое действие излучения называется **косвенным** (непрямым) и наносит даже больший вред, чем прямое.

В зависимости от поглощенной дозы излучения и индивидуальных особенностей организма вызванные изменения могут быть **обратимыми и необратимыми**. При небольшой дозе пораженная ткань восстанавливает свою функциональную деятельность. Длительное действие доз, превышающих предельно допустимые, может вызвать необратимые поражения отдельных органов или всего организма, вызывая заболевание, которое получило название **лучевая болезнь**. Отдаленными последствиями лучевого поражения организма могут быть лучевые катаракты, злокачественные опухоли и т.п.

Любой вид ионизирующих излучений вызывает биологические изменения в организме как при внешнем, так и при внутреннем облучении (через рот, органы дыхания).

При однократном облучении, т.е. за время до четырех суток возможны следующие биологические нарушения в зависимости от поглощенной дозы (Д):

- до 0,25 Гр - видимых нарушений нет;
- 0,25 - 0,5 Гр - возможны изменения в крови;
- 0,5 - 1 Гр - изменения в крови, нормальное состояние трудоспособности нарушается;
- 1 - 2 Гр - возможна потеря трудоспособности;
- 2 - 4 Гр - потеря трудоспособности, возможен летальный исход.
- 4 - 5 Гр - летальный исход в 50 случаях из 100;

- свыше 6 Гр - 100 % летальный исход.

Таблица 9.4

Показатели ионизирующих излучений и соотношение между внесистемными и системными (СИ) единицами

Величина	Символ	Формула для определения	Наименование и обозначение единиц		Связь между единицами измерения
			Внесистемн.	СИ	
Активность	A	$A = dN/dt$	кюри (Ки)	Беккерель (Бк)	1 Ки = $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк 1 Бк = $2,7 \cdot 10^{-11}$ Ки
Удельная активность	$A_m$	$\frac{A}{dm} = \frac{dN}{dt \cdot dm}$	Ки/кг	Бк/кг	1 Ки/кг = $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк/кг 1 Бк/кг = $2,7 \cdot 10^{-11}$ Ки/кг
Объемная активность	$A_v$	$A_v = \frac{dN}{dt \cdot dV}$	Ки / л	Бк / м <sup>3</sup>	1 Ки/л = $3,7 \cdot 10^{13}$ Бк/м <sup>3</sup> 1 Бк/м <sup>3</sup> = $2,7 \cdot 10^{-14}$ Ки/л
Поглащенная доза	Д	$D = dE / dm$	рад	Грей (Гр)	1 рад = 100 эрг/г = $10^{-2}$ Гр 1 Гр = $10^4$ эрг/г = $10^2$ рад
Мощность поглощенной дозы	$R_D$	$R_D = dD / dt$	рад/с	Гр / с	1 рад/с = $10^{-2}$ Гр/с 1 Гр/с = 10 рад/с
Эквивалентная доза	H	$H = \sum_{i=1}^n D_i K_i$	бэр	Зиверт (Зв)	1 бэр = 1 рад/к = $10^{-2}$ Гр/к 1 бэр = $10^{-2}$ Зв 1 Зв = $10^2$ бэр
Мощность эквивалентной дозы	$R_H$	$R_H = dH / dt$	бэр/с	Зв / с	1 бэр/с = $10^{-2}$ Зв/с 1 Зв/с = $10^2$ бэр/с
Экспозиционная доза	X	$X = dQ / dm$	Рентген (р)	Кл/кг	1р = $2,58 \cdot 10^{-4}$ Кл/кг 1 Кл/кг = $3,88 \cdot 10^3$ р
Мощность экспозиционной дозы	$R_x$	$R_x = dX / dt$	р / с	Кл/(кг·с)	1р/с = $2,58 \cdot 10^{-4}$ Кл/кг·с 1 Кл/кг·с = $3,86 \cdot 10^2$ р/с

При облучениях в дозах, превышающих в 100 - 1000 раз смертельную дозу, человек может погибнуть во время облучения (смерть под лучом).

Важным фактором является время облучения. При одной и той же дозе облучения однократное облучение более опасно, чем многократное (в течение месяца, года).

Чувствительность различных тканей и органов к облучению неодинакова, она оценивается взвешивающими коэффициентами для ткани и органов (см. табл. 9.5).

Ионизирующие излучения приводят также к необратимым изменениям в материалах машин и приборов. Наименее стойки к ИИ

полупроводники, политетрофторэтилен, органическое масло. Большую стойкость имеют фенольные смолы, полиамиды, полиэтилен, поливинилхлорид, стеклоткань, эпоксидные лаки. Высокую радиационную стойкость имеют стекло, кварц, керамика, слюда, металлы.

## 9.2. Нормирование ионизирующих излучений

Основными нормативами являются нормы радиационной безопасности (НРБ-96) и гигиенические нормативы (ГН-2.6.1.054-96).

Они предусматривают следующие основные принципы радиационной безопасности:

- не превышение установленного основного дозового предела;
- исключение всякого необоснованного облучения, снижение дозы излучения до минимально возможного уровня.

Установлены 3 категории облучаемых лиц:

А - персонал, т.е. лица, непосредственно связанные с источниками ионизирующих излучений;

Б - ограниченная часть населения, непосредственно не занятая на работе с источниками ИИ, но по условиям проживания или размещения рабочих мест подвергаемая воздействию источников ИИ, применяемых в учреждениях или удаляемых во внешнюю среду с отходами;

- население области, края, республики, страны.

Для каждой категории облучаемых лиц установлены 3 класса нормативов: основные дозовые пределы (см. табл. 9.5), допустимые уровни, соответствующие основным дозовым пределам, контрольные уровни.

Таблица 9. 5

Основные дозовые пределы

Нормируемые величины	Лица из персонала		Население
	Группа А	Группа Б	
Эффективная зона	20 мЗв (2бэр) в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв (5 бэр) в год	5 мЗв (0,5 бэр) в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 12,5 мЗв (1,25 бэр) в год	1 мЗв (0,1 бэр) в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5мЗв (0,5 бэр) в год
Эквивалентная доза за год: в хрусталике глаза, коже, кистях и стопах	150 мЗв (15 бэр) 500 мЗв (50 бэр) 500 мЗв (50 бэр)	33,3мЗв(3,33бэр) 125 мЗв(12,5бэр) 125 мЗв(12,5бэр)	15мЗв (1,5 бэр) 50 мЗв (5 бэр) 50 мЗв (5 бэр)

Основные дозовые пределы облучения лиц персонала и населения включают в себя дозы природных, медицинских источников ионизирующего излучения и дозу вследствие радиационной аварии.

При одновременном воздействии источников внешнего и внутреннего облучения должно выполняться условие, чтобы отношение дозы внешнего облучения к пределу дозы и отношения годовых поступлений нуклидов к их пределам в сумме не превышали единицы.

ПДД - наибольшее значение индивидуальной эквивалентной дозы за год, которое при равномерном облучении в течение 50 лет не может вызвать в состоянии здоровья персонала неблагоприятных изменений, обнаруживаемых современными методами.

Приведенные в табл. 9.6 допустимые уровни мощности дозы можно использовать при проектировании защиты от радиоактивного излучения.

Таблица 9.6

Допустимые уровни мощности дозы при внешнем облучении  
всего тела от техногенных источников, мкГр/ч (мрад/ч)

Назначение помещений	Мощность дозы
Помещения постоянного пребывания лиц из персонала А	10 (1)
Помещения постоянного пребывания лиц из персонала Б	2,5 (0,25)
Жилые помещения и территория, где постоянно находятся лица из населения	0,1 (0,01)

**Основной дозовый предел для лиц категории Б и населения** - такое наибольшее среднее значение индивидуальной эквивалентной дозы за календарный год у критической группы лиц, при котором равномерное облучение в течение 70 лет не может вызвать в состоянии здоровья неблагоприятных изменений, обнаруживаемых современными методами.

Установлены следующие допустимые уровни:

- предельно допустимое годовое поступление радионуклидов через органы дыхания;
- допустимое содержание ( $ДС_A$ ) радионуклидов в критическом органе;
- допустимая мощность дозы ( $ДМД_A$ ) излучения;
- допустимая объемная активность (концентрация) ( $ДК_A$ ) радионуклида в воздухе;
- допустимое загрязнение кожных покровов, спецодежды и рабочих поверхностей ( $ДЗ_A$ ).

**Планируемое повышенное облучение персонала** при ликвидации аварии выше установленных дозовых пределов (см. табл. 9.6) может быть разрешено только в тех случаях, когда нет возможности принять меры, исключаяющие их превышение, и может быть оправдано лишь спасением жизни людей, предотвращением дальнейшего развития аварии и

облучения большого числа людей. Планируемое повышенное облучение допускается только для мужчин старше 30 лет лишь при их добровольном письменном согласии, после информирования о возможных дозах облучения при ликвидации аварии и риске для здоровья.

**Планируемое повышение облучения в дозе не более 100 мЗв в год** допускается с разрешения территориальных органов госсанэпиднадзора, а **облучение в дозе не более 200 мЗв в год** - только с разрешения Госкомсанэпиднадзора России.

Повышенное облучение не допускается:

- для работников, ранее уже получивших дозу 200 мЗв в год в результате аварии или планируемого повышенного облучения;
- для лиц, имеющих медицинские противопоказания согласно списку Минздрава России.

Лица, подвергшиеся однократному облучению в дозе, превышающей 100 мЗв, в дальнейшей работе не должны подвергаться облучению в дозе свыше 20 мЗв/год.

Однократное облучение в дозе свыше 200 мЗв/год должно рассматриваться как потенциально опасное. Лица, подвергшиеся такому облучению, должны немедленно выводиться из зоны облучения и направляться на медицинское обследование. Последующая работа с источниками излучения этим лицам может быть разрешена только в индивидуальном порядке по решению компетентной медицинской комиссии.

При радиационной аварии, если доза облучения достигает уровней, превышение которых может вызвать клинические эффекты (см. табл. 9.7), необходимо срочное вмешательство врачей.

Таблица 9.7

Прогнозируемые уровни, при которых безусловно необходимо срочное вмешательство ( 1 Гр = 100 рад)

Орган или ткань	Поглощенная доза в органе или ткани за 2 суток, Гр
Все тело	1
Легкие	6
Кожа	3
Щитовидная железа	5
Хрусталик глаза	2
Гонады	2

При проведении противорадиационных вмешательств дозовые пределы (см. табл. 9.5) не применяются. Исходя из указанных принципов, при планировании защитных мероприятий на случай радиационной аварии органами Госсанэпиднадзора устанавливаются уровни вмешательства (дозы и мощности доз облучения, уровни радиоактивного загрязнения)

применительно к конкретному радиационно-опасному объекту и условиям его размещения с учетом вероятных типов аварии, сценариев развития аварийной ситуации и складывающейся радиационной обстановки.

При аварии, повлекшей за собой радиоактивное загрязнение обширной территории, на основании контроля и прогноза радиационной обстановки устанавливается зона радиационной аварии (ЗРА). ЗРА определяется как территория, на которой суммарное внешнее и внутреннее облучение в единицах эффективной дозы может превышать 5 мЗв за первый после аварии год (средняя по населенному пункту). В зоне радиационной аварии проводится мониторинг радиационной обстановки и осуществляются мероприятия по снижению уровней облучения населения на основе принципа оптимизации.

Принятие решений о мерах защиты населения в случае крупной радиационной аварии с радиоактивным загрязнением территории проводится на основании сравнения прогнозируемой дозы, предотвращаемой защитным мероприятием, с уровнями А и Б, приведенными в табл. 9.8 - 9.9.

Если уровень облучения, предотвращаемого защитным мероприятием, не превосходит предела А, нет необходимости в выполнении мер защиты, связанных с нарушением нормальной жизнедеятельности населения и хозяйственного и социального функционирования территории.

Если предотвращаемое защитным мероприятием облучение превосходит уровень А, но не достигает уровня Б, решение о выполнении мер защиты принимается на основе обоснования и оптимизации с учетом конкретной обстановки и местных условий.

Таблица 9.8

Критерии для принятия неотложных решений в начальном периоде аварийной ситуации

Меры защиты	Прогнозируемая поглощенная доза за первые 10 суток, мГр			
	на все тело		щитовидная железа, легкие, кожа	
	уровень А	уровень Б	уровень А	уровень Б
Укрытие	5	50	50	500
Йодная профилактика:				
взрослые			250*	2500*
дети	50	500	100*	1000*
Эвакуация			500	5000

\* Только для щитовидной железы

Таблица 9.9

Критерии для принятия решений об отселении и ограничении потребления загрязненных пищевых продуктов

Меры защиты	Предотвращаемая эффективная доза, мЗв	
	уровень А	уровень Б

Ограничение потребления загрязненных продуктов питания и питьевой воды	5 за первый год 1/ год в последующие годы	50 за первый год 10/ год в последующие годы
Отселение	50 за первый год	500 за первый год
	1000 за все время отселения	

Таблица 9.10

Критерии для принятия решений об ограничении потребления загрязненных продуктов питания в первый год после возникновения аварии

Радионуклиды	Содержание радионуклида в пищевых продуктах, кБк/кг	
	уровень А	уровень Б
Йод-131, Цезий-134,137	1	3
Стронций-90	0,1	0,3

Если уровень облучения, предотвращаемого защитным мероприятием, достигает и превосходит предел Б, необходимо выполнение соответствующих мер защиты, даже если они связаны с нарушением нормальной жизнедеятельности населения, хозяйственного и социального функционирования территории.

На поздних стадиях радиационной аварии, повлекшей за собой загрязнение обширных территорий долгоживущими радионуклидами, решения о защитных мероприятиях принимаются с учетом сложившейся радиационной обстановки и конкретных социально-экономических условий.

На разных стадиях аварии вмешательство регулируется зонированием загрязненных территорий, которое основывается на величине годовой эффективной дозы, которая может быть получена жителями в отсутствии мер радиационной защиты. Под годовой дозой здесь понимается эффективная доза, средняя у жителей населенного пункта за текущий год, обусловленная искусственными радионуклидами, поступившими в окружающую среду в результате радиационной аварии.

На территории, где годовая эффективная доза не превышает 1 мЗв, производится обычный контроль радиоактивного загрязнения объектов окружающей среды и сельскохозяйственной продукции, по результатам которого оценивается доза облучения населения. Проживание и хозяйственная деятельность населения на этой территории по радиационному фактору не ограничивается. Эта территория не относится к зонам радиоактивного загрязнения. При величине годовой дозы более 1 мЗв загрязненные территории по характеру необходимого контроля обстановки и защитных мероприятий подразделяются на 4 зоны.

### **Зонирование на ранней и промежуточной стадии радиационной аварии**

Зона радиационного контроля от 1 до 5 мЗв. В этой зоне помимо мониторинга радиоактивности объектов окружающей среды, сельскохозяйственной продукции и доз внешнего и внутреннего облучения критических групп населения, осуществляются меры по снижению доз на основе принципа оптимизации и другие необходимые активные меры защиты населения.

Зона ограниченного проживания населения от 5 до 20 мЗв. В этой зоне осуществляются те же меры мониторинга и защиты населения, что и в зоне радиационного контроля. Жителям и лицам, проживающим на указанной территории, разъясняется риск ущерба здоровью, обусловленный воздействием радиации.

Зона добровольного отселения от 20 до 50 мЗв. Здесь осуществляется радиационный мониторинг людей и объектов внешней среды, а также необходимые меры радиационной и медицинской защиты. Оказывается помощь в добровольном переселении за пределы зоны.

Зона отселения - более 50 мЗв.

### **Зонирование на восстановительной стадии радиационной аварии**

**Зона радиационного контроля** от 1 до 5 мЗв. В этой зоне помимо мониторинга радиоактивности объектов окружающей среды, сельскохозяйственной продукции и доз внешнего и внутреннего облучения критических групп населения, осуществляются меры по снижению доз на основе принципа оптимизации и другие необходимые активные меры защиты населения.

**Зона ограниченного проживания населения** от 5 до 20 мЗв. В этой зоне осуществляются те же меры мониторинга и защиты населения, что и в зоне радиационного контроля. Добровольный въезд на указанную территорию для постоянного проживания не ограничивается. Лицам, въезжающим на указанную территорию для постоянного проживания, разъясняется риск ущерба здоровью, обусловленный воздействием радиации.

**Зона отселения** от 20 до 50 мЗв. Въезд на указанную территорию для постоянного проживания не разрешен. В этой зоне запрещается постоянное проживание лиц репродуктивного возраста и детей. Здесь осуществляется радиационный мониторинг людей и объектов внешней среды, а также необходимые меры радиационной и медицинской защиты.

**Зона отчуждения** более 50 мЗв. В этой зоне постоянное проживание не допускается, а хозяйственная деятельность и природопользование регулируются специальными актами. Осуществляются меры мониторинга и защиты работающих с обязательным индивидуальным дозиметрическим контролем.

## Критерии вмешательства при обнаружении локальных радиоактивных загрязнений

Уровень исследования от 0,1 до 0,3 мЗв/год. Это такой уровень радиационного воздействия источника на население, при достижении которого требуется выполнить исследование источника с целью уточнения оценки величины годовой эффективной дозы и определение величины дозы, ожидаемой за 70 лет.

Уровень вмешательства более 0,3 мЗв/год. Это такой уровень радиационного воздействия, при превышении которого требуется проведение защитных мероприятий с целью ограничения облучения населения. Масштабы и характер мероприятий определяются с учетом интенсивности радиационного воздействия на население по величине ожидаемой коллективной эффективной дозы за 70 лет.

В военное время при ядерных взрывах образуются следующие зоны заражения эллипсоидной формы:

- зона А (умеренного заражения), на внешней границе экспозиционная доза до полного распада радиоактивных веществ  $D_{x \rightarrow \infty} = 40$  Р, мощность дозы через 1 час после взрыва  $P_{x0} = 8$  Р/час;
- зона Б (сильного заражения), на внешней границе  $D_{x \rightarrow \infty} = 400$  Р,  $P_{x0} = 80$  Р/час;
- зона В (опасного заражения), на внешней границе  $D_{x \rightarrow \infty} = 1200$  Р,  $P_{x0} = 240$  Р/час;
- зона Г (чрезвычайно опасного заражения), на внешней границе  $D_{x \rightarrow \infty} = 4000$  Р,  $P_{x0} = 800$  Р/час.

Кроме того, в течение 10-15 секунд после взрыва действует проникающая радиация (поток протонов, нейтронов,  $\alpha$  и  $\beta$ -частиц и  $\gamma$ -излучения).

При мощности экспозиционной дозы  $P_x = 2$  мР/ч местность считается зараженной и органы Министерства по чрезвычайным ситуациям принимают в военное время решение, что местность считается зараженной при мощности экспозиционной дозы  $P_x = 0,5$  Р/ч.

### 9.3. Краткая характеристика методов защиты от ионизирующих излучений

Среди основных методов защиты различают:

- использование источников излучения с минимально возможным выходом излучения (защита количеством);
- ограничение времени работ персонала с источником (защита расстоянием);
- экранирование источников или персонала.

Расчет экрана может производиться различными методами. Ниже приводится простейший метод, не требующий использования справочников и специальной литературы.

#### 9.4. Приборы контроля ионизирующего излучения

Для обнаружения и измерения ИИ используют следующие методы: фотографический, сцинтилляционный, химический, ионизационный.

Работа большинства приборов основывается на использовании ионизационного метода.

Службы гражданской обороны предприятий укомплектованы следующими приборами:

- комплекты дозиметров ДП-22В и ДП-24 с дозиметрами карманными прямопоказывающими ДКП-50А, измеряющими экспозиционную дозу гамма-излучения от 0 до 50 Рентген;
- комплект индивидуальных дозиметров ИД-1, измеряющих поглощенную дозу гамма-нейтронного излучения от 20 до 500 Рад;
- измерители мощности дозы ДП-5А (Б, В), измеряющие дозы и излучений от 0,05 мР/ч до 200 Р/ч;
- измерители мощности дозы ИМД-1Р, измеряющие мощность дозы и излучений от 0,01 мР/ч до 99 Р/ч.

Можно пользоваться и другими приборами: "Белла", ИР-2Б, "Припять", "Сосна", "Невский", "Ладога" и др.

В работе пользуется прибор ДП-5А. Порядок работы с ним дан на крышке футляра. Общий вид панели приведен на рис.9.1.

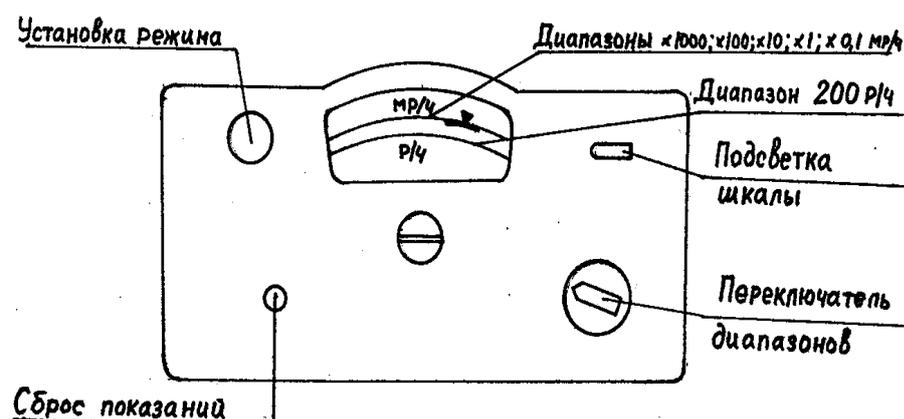


Рис. 9.1. Панель прибора ДП-5А

#### 9.5. Лабораторная работа

### ИССЛЕДОВАНИЕ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ И

## РАЗРАБОТКА МЕР ЗАЩИТЫ

Цель работы:

1. Ознакомиться с опасностью ионизирующих излучений, их нормированием, методами измерения.
2. Измерить мощность  $\beta$  и  $\gamma$  излучений.
3. Рассчитать защитные экраны для  $\beta$  излучения.
4. Сделать выводы.

### 9.5.1. Порядок выполнения работы

1. С помощью прибора ДП-5А (см. рис.9.1) измерить мощность дозы гамма-излучения ( $\gamma$ -фон) в помещении лаборатории, данные занести в табл. 9.14 (1 Р/ч для бета-, гамма- и рентгеновского излучения соответствует 1 Бэр/ч и 1 рад/ч).

2. Этим же прибором измерить мощность бета-излучения на расстоянии 1 см от источника и занести данные в табл. 9.11.

3. Между источником и измерительным окном установить экраны из различных материалов и измерить мощность дозы за экраном, данные записать в табл. 9.11.

Таблица 9.11

Результаты экспериментальных измерений

Порядок замеров	Мощность дозы, мР/час			Толщина экрана, см
	1-ый замер	2-ой замер	Средние арифметич. показатели	
Бета-источник				
Стальной экран				
Медный экран и т.д.				
Фон				

4. Рассчитать линейный коэффициент ослабления  $K_L$  для  $\beta$  и  $\gamma$  излучений по формуле:

$$P_H = P_{H_0} e^{-K_L d};$$
$$K_L = -d \cdot \ln (P_H/P_{H_0}),$$

где  $P_H$  - мощность дозы за экраном, мБэр/ч;

$P_{H_0}$  - мощность дозы без экрана, мБэр/ч;

$K_L$  - линейный коэффициент ослабления, см;

$d$  - толщина экрана, см.

5. Рассчитать необходимую толщину экрана по формуле:

$$d = (-1/K\mu) \cdot \ln (P_{Нх}/P_{но}),$$

где  $P_{Нх}$  - нормированное значение мощности эквивалентной дозы, Бэр/ч;

6. Рассчитать возможную дозу  $\beta$ -облучения с экраном и без него за год по соотношению:

$$H = P_H \cdot t,$$

где  $t$  - время работы за год.

7. Рассчитать возможную дозу гамма-облучения и сравнить с нормами (см. табл. 9.5).

8. Сделать выводы.

### Контрольные вопросы

1. Что такое ионизирующее излучение? Какие виды ИИ Вам известны?
2. Единицы измерения ИИ. Активность, дозы (экспозиционная, поглощенная, эквивалентная, эффективная), мощность доз.
3. Чем опасны ИИ?
4. Назовите категории облучаемых лиц.
5. Какие нормы регламентируют облучение?
6. Что такое основные дозовые пределы?
7. Назовите критерии для принятия неотложных мер при авариях.
8. На каких принципах основаны способы измерения ионизирующих излучений?
9. Какие приборы использовались в работе?
10. Соответствуют ли полученные значения бета- и гамма-облучения нормативным показателям?
11. Как осуществляется защита от ионизирующих излучений?

## 10. АТТЕСТАЦИЯ РАБОЧИХ МЕСТ ПО УСЛОВИЯМ ТРУДА

**Аттестация рабочих мест по условиям труда** – это анализ и оценка рабочих мест для проведения оздоровительных мероприятий, ознакомления работающих с условиями труда, сертификации производственных объектов, для подтверждения или отмены права предоставления компенсаций и льгот работникам, занятым на тяжелых работах и работах с вредными и опасными условиями труда (см. рис. 10.1 и 10.2). Аттестации по условиям труда подлежат все имеющиеся в организации рабочие места.

Нормативной основой проведения аттестации рабочих мест по условиям труда являются:

1. "Гигиенические критерии оценки условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса", утвержденные Госкомсанэпиднадзором России;

2. Стандарты системы безопасности труда (ССБТ); Санитарные правила, нормы и гигиенические нормативы; Типовые отраслевые нормы бесплатной выдачи рабочим и служащим специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты, утвержденные постановлениями Госкомтруда СССР и Президиума ВЦСПС в 1997-1998 г.г., с последующими изменениями и дополнениями;

3. Список производств, цехов, профессий и должностей с вредными условиями труда.

Результаты аттестации рабочих мест по условиям труда, проведенной в соответствии с настоящим Положением, используются в целях:

- планирования и проведения мероприятий по охране и условиям труда в соответствии с действующими нормативными правовыми документами;
- сертификации производственных объектов на соответствие требованиям по охране труда;
- обоснования предоставления льгот и компенсаций работникам, занятым на тяжелых работах и работах с вредными и опасными условиями труда, в предусмотренном законодательством порядке;
- решения вопроса о связи заболевания с профессией при подозрении на профессиональное заболевание, установлении диагноза профзаболевания, в том числе при решении споров, разногласий в судебном порядке;
- рассмотрения вопроса о прекращении (приостановлении) эксплуатации цеха, участка, производственного оборудования, изменении технологий, представляющих непосредственную угрозу для жизни и (или) здоровья работников;

- включения в трудовой договор (контракт) условий труда работников;
- ознакомления работающих с условиями труда на рабочих местах;
- составления статистической отчетности о состоянии условий труда, льготах и компенсациях за работу с вредными и опасными условиями труда по форме № 1 - Т (условия труда);
- применения административно-экономических санкций (мер воздействия) к виновным должностным лицам в связи с нарушением законодательства об охране труда.

Сроки проведения аттестации устанавливаются организацией исходя из изменения условий и характера труда, но не реже одного раза в 5 лет с момента проведения последних измерений.

Обязательной переаттестации подлежат рабочие места после замены производственного оборудования, изменения технологического процесса, реконструкции средств коллективной защиты и др., а также по требованию органов Государственной экспертизы условий труда Российской Федерации, при выявлении нарушений при проведении аттестации рабочих мест по условиям труда. Результаты переаттестации оформляются в виде приложения по соответствующим позициям к Карте аттестации рабочего места по условиям труда.

Измерения параметров опасных и вредных производственных факторов, определение показателей тяжести и напряженности трудового процесса осуществляют лабораторные подразделения организации. При отсутствии у организации необходимых для этого технических средств и нормативно-справочной базы привлекаются центры государственного санитарно-эпидемиологического надзора, лаборатории органов Государственной экспертизы условий труда Российской Федерации и другие 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.



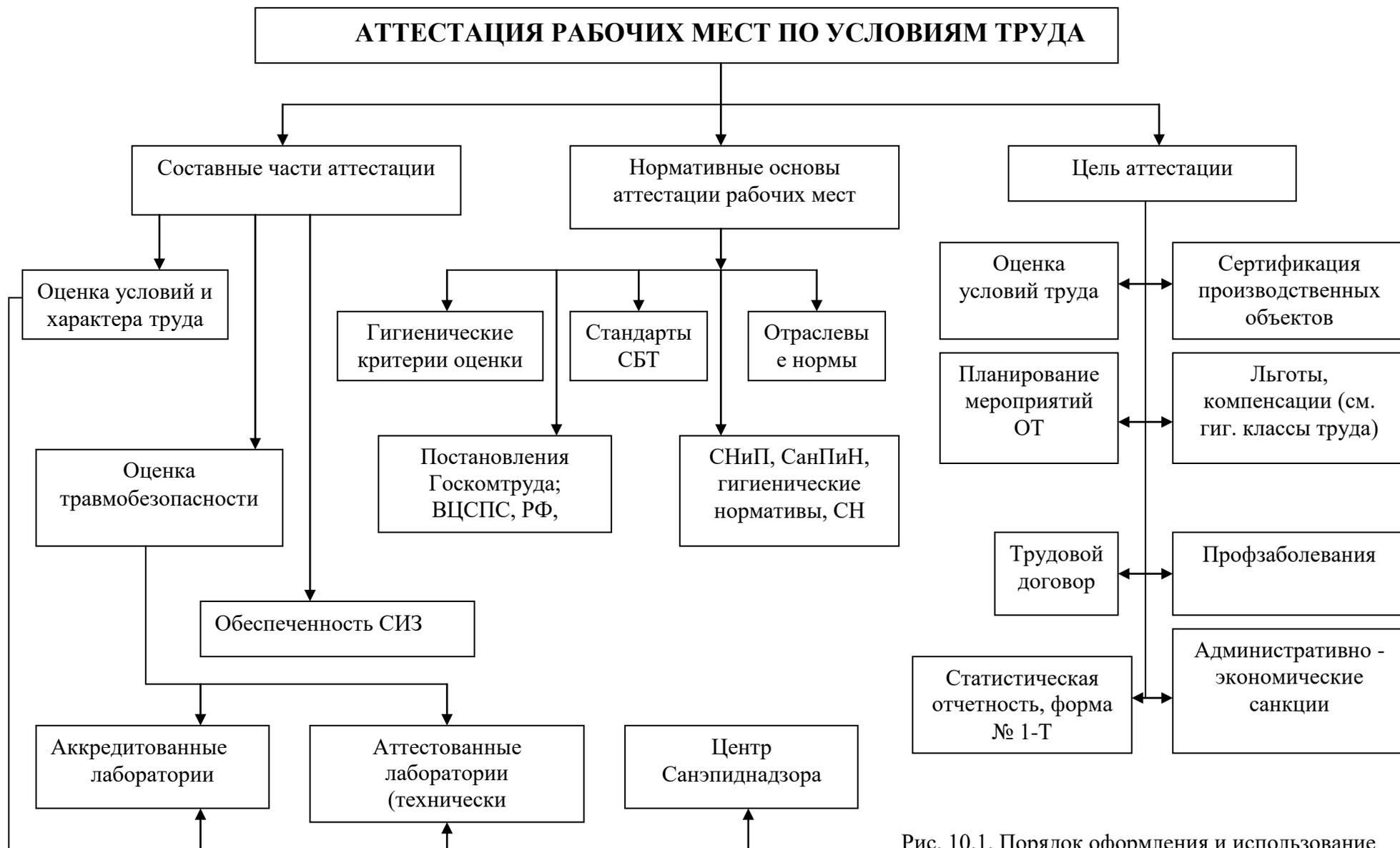


Рис. 10.1. Порядок оформления и использование результатов аттестации



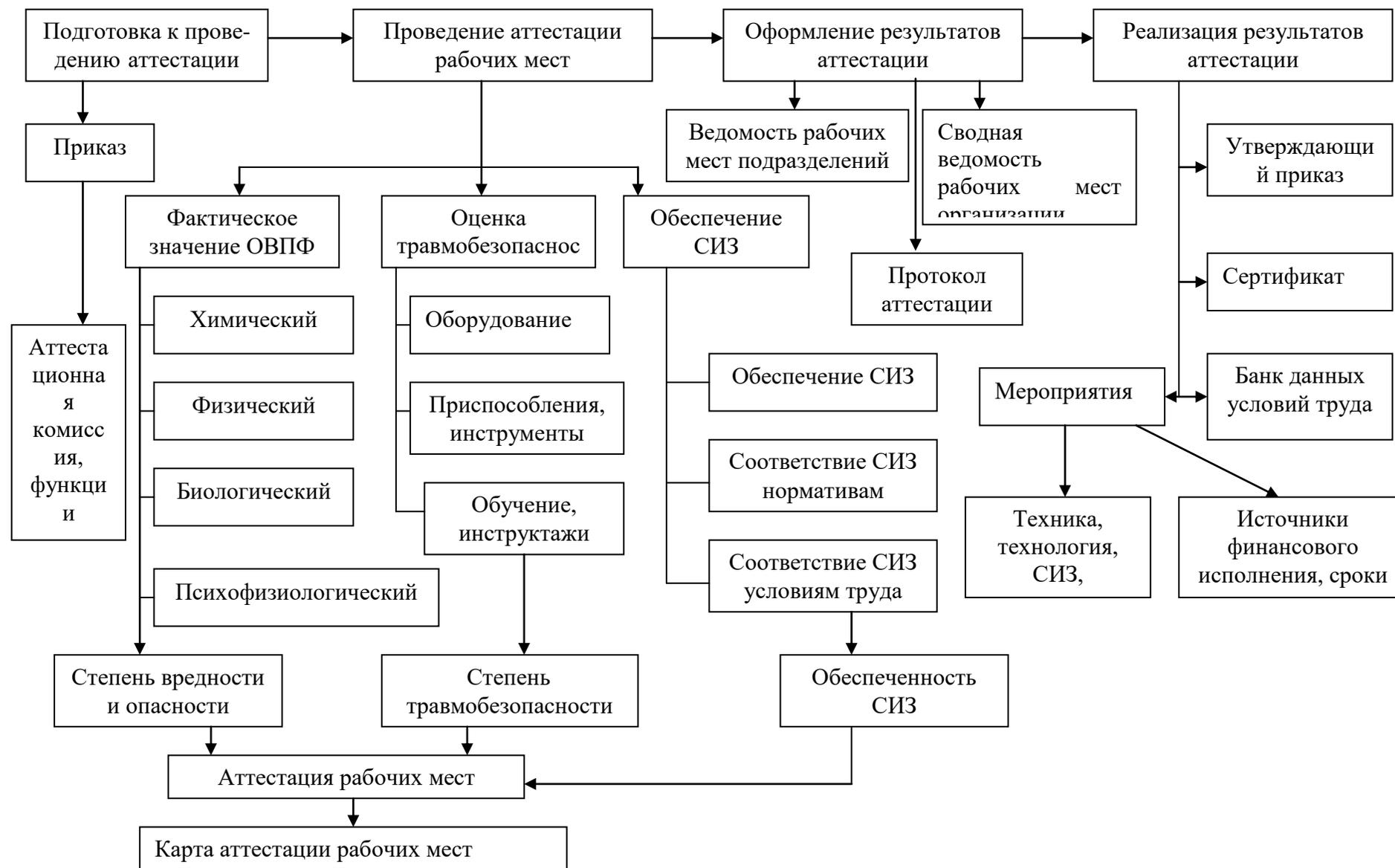


Рис. 10.2. Этапы аттестации рабочих мест по условиям труда

## 10.1. Гигиенические критерии и классификация условий труда по степени вредности и опасности

Условия труда подразделяются на 4 класса: оптимальные, допустимые, вредные и опасные.

**Оптимальные условия труда (1 класс)** - такие условия, при которых сохраняется здоровье работающих, и создаются предпосылки для поддержания высокого уровня работоспособности. Оптимальные нормативы производственных факторов установлены для микроклиматических параметров и факторов трудового процесса. Для других факторов условно за оптимальные принимаются такие условия труда, при которых неблагоприятные 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 гигиенических нормативов для рабочих мест, а возможные изменения функционального состояния организма восстанавливаются во время регламентированного отдыха или к началу следующей смены и не должны оказывать неблагоприятного действия в ближайшем и отдаленном периоде на состояние здоровья работающих и их потомство. Допустимые условия труда относят к условно безопасным.

**Вредные условия труда (3 класс)** характеризуются наличием вредных производственных факторов, превышающих гигиенические нормативы и оказывающих неблагоприятное действие на организм работающего и/или его потомство.

Вредные условия труда по степени превышения гигиенических нормативов и выраженности изменений в организме работающих (в классификации, в основном, использована качественная характеристика изменений в организме работающих, которая будет дополняться количественными показателями по мере накопления необходимой информации) подразделяются на 4 степени вредности:

**1 степень 3 класса (3.1.)** - условия труда характеризуются такими отклонениями уровней вредных факторов от 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 степень 3 класса (3.2.)** - уровни вредных факторов, вызывающие стойкие функциональные изменения, приводящие в

большинстве случаев к увеличению производственно обусловленной заболеваемости (что проявляется повышением уровня заболеваемости с временной утратой трудоспособности и, в первую очередь, теми болезнями, которые отражают состояние наиболее уязвимых органов и систем для данных вредных факторов), появлению начальных признаков или легких (без потери профессиональной трудоспособности) форм профессиональных заболеваний, возникающих после продолжительной экспозиции (часто после 15 и более лет).

**3 степень 3 класса (3.3)** - условия труда, характеризующиеся такими уровнями вредных факторов, воздействие которых приводит к развитию, как правило, профессиональных болезней легкой и средней степеней тяжести (с потерей профессиональной трудоспособности) в периоде трудовой деятельности, росту хронической (производственно - обусловленной) патологии, включая повышенные уровни заболеваемости с временной утратой трудоспособности.

**4 степень 3 класса (3.4.)** - условия труда, при которых могут возникать тяжелые формы профессиональных заболеваний (с потерей общей трудоспособности), отмечается значительный рост числа хронических заболеваний и высокие уровни заболеваемости с временной утратой трудоспособности.

**Опасные (экстремальные) условия труда (4 класс)** характеризуются уровнями производственных факторов, воздействие которых в течение рабочей смены (или ее части) создает угрозу для жизни, высокий риск развития острых профессиональных поражений, в том числе и тяжелых форм.

Гигиенические критерии воздействия вредных веществ приведены в табл. 10.1.

Таблица 10.1

Классы условий труда в зависимости от содержания в воздухе рабочей зоны вредных веществ химической природы (превышение ПДК раз)

Вредные вещества*	Классы условий труда					
	Допустимый	Вредный				Опасный
		2	3.1	3.2	3.3	
Вредные вещества 1-2 класса	<ПДК	1,1-3,0	3,1-6,0	6,1-10,0	10,1-20,0	>20,0
Вредные вещества 3-4 класса	<ПДК	1,1-3,0	3,1-10,0	>10,0		
Вещества опасные для развития	<ПДК	1,1-2,0	2,1-4,0	4,1-6,0	6,1-10,0	> 10,0
Канцерогены	<ПДК	1,1-3,0	3,1-6,0	6,1-10,0	>10,0	
Аллергены	<ПДК		1,1-3,0	3,1-10,0	> 10,0	

Противоопухолевые лекарства						+	
Наркотические анальгетики			+				

Таблица 10.2.

Классы условий труда в зависимости от уровней шума, локальной и общей вибрации, инфра- и ультразвука на рабочем месте

Название фактора, показатель, единица измерения	Классы условий труда					
	Допустимый	Вредный				Опасный (экстрем.)
		2	3.1	3.2	3.3	
	<i>Превышение ПДУ до... (включительно):</i>					
ШУМ. Эквивалентный уровень звука, дБА	≤ПДУ	5	15	25	35	>35
ВИБРАЦИЯ ЛОКАЛЬНАЯ Эквивалентный корректированный уровень виброскорости, дБ	≤ПДУ	3	6	9	12	>12
ВИБРАЦИЯ ОБЩАЯ Эквивалентный корректированный уровень виброскорости, дБ	≤ПДУ	6	12	18	24	>24
ИНФРАЗВУК Общий уровень звукового давления, дБ Лин	≤ПДУ	5	10	15	20	>20
УЛЬТРАЗВУК ВОЗДУШНЫЙ Уровни звукового давления в 1/3 октавных полосах частот, дБ	≤ПДУ	10	20	30	40	>40
УЛЬТРАЗВУК КОНТАКТНЫЙ Уровень виброскорости, дБ	≤ПДКУ	5	10	15	20	>20

Степень вредности и опасности условий труда при действии виброакустических факторов устанавливается с учетом их временных характеристик (постоянный, непостоянный шум, вибрация и т.д.).

#### **Классификация условий труда по показателям микроклимата**

**НАГРЕВАЮЩИЙ МИКРОКЛИМАТ** - сочетание параметров микроклимата (температура воздуха, влажность, скорость его движения, относительная влажность, тепловое излучение), при котором имеет место нарушение теплообмена человека с окружающей средой. Для оценки нагревающего микроклимата в помещении (вне зависимости от периода года), а также на открытой территории в теплый период года используется интегральный показатель -182тепловая нагрузка среды (ТНС-

индекс).

ТНС-индекс - эмпирический интегральный показатель (выраженный в °С), отражающий совместное влияние температуры воздуха, скорости его движения, влажности и теплового облучения на теплообмен человека с окружающей средой.

ОХЛАЖДАЮЩИЙ МИКРОКЛИМАТ - сочетание параметров микроклимата, при котором имеет место изменение теплообмена организма, приводящее к образованию общего или локального дефицита тепла в организме (> 0,87 кДж/кг) в результате снижения температуры глубоких и поверхностных слоев тканей организма.

Класс условий труда при работе в производственных помещениях с охлаждающим микроклиматом (при отсутствии теплового излучения) определяется по табл. 10.3.

Таблица 10.3

Классы условий труда по показателям микроклимата для производственных помещений независимо от периодов года и открытых территорий в теплый период года

Показатель	Классы условий труда							
	Оптимальный	Допустимый	Вредный				Опасный (экстрем)	
	1	2	3.1	3.2	3.1	3.4	4	
Температура воздуха, °С	по СанПиН 2.2.4.548-96	по СанПиН 2.2.4.548-96	<ul style="list-style-type: none"> <li>по показателю ТНС-индекса (см. таблицу 10.4);</li> <li>по температуре воздуха для помещений с охлаждающим микроклиматом (см. таблицу 10.5)</li> </ul>					
Скорость движения воздуха, м/с	по СанПиН 2.2.4.548-96	по СанПиН 2.2.4.548-96	<ul style="list-style-type: none"> <li>учтена в показателе ТНС – индекса (см. таблицу 10.4);</li> <li>при оценке охлаждающего микроклимата учитывается в качестве температурной поправки (см.табл.10.5)</li> </ul>					
по СанПиН 2.2.4.548-96	по СанПиН 2.2.4.548-96		по показателю ТНС-индекса (см. табл. 10.4)					
			14 - 10	< 10				
ТНС - индекс, °С	по таблице 4.5.2							
Тепловое излучение, Вт/м <sup>2</sup>	по СанПиН	по СанПиН 2.2.4.548-96	1001-1500	1501-2000	2001-2500	2501-2800	>2800	

Для защиты от пониженных температур одновременно с применением специальной одежды<sup>183</sup> необходимо соблюдение должной

регламентации времени работы в неблагоприятной среде, а также общего режима труда, утвержденного соответствующим предприятием и согласованного с территориальными центрами Госсанэпиднадзора.

Таблица 10.4

Классы условий труда по показателю ТНС-индекса ( $^{\circ}\text{C}$ ) для производственных помещений с нагревающим микроклиматом независимо от периода года и открытых территорий в теплый период года

Категория работ	Общие энерготраты, Вт/м <sup>2</sup>	ТНС, $^{\circ}\text{C}$						
		Классы условий труда						
		Оптимальный, $^{\circ}\text{C}$	Допустимый, $^{\circ}\text{C}$	Вредный - 3				Опасный (экстремальный)
				1 степени	2 степени	3 степени	4 степени	
1	2	3.1	3.2	3.3.	3.4	4		
I а	68 (58-77)		22,2 - 26.4	26.5-26.6	26.7-27.4	27.5-28.6	28.7-31.0	>31.0
I б	88 (78-97)		21.5-25.8	25.9-26.1	26.2-26.9	27.0-27.9	28.0-30.3	>30.3
II а	113(98-129)		20.5-25.1	25.2-25.5	25.6-26.2	26.3-27.3	27.4-29.9	>29.9
II б	145(130-160)		19.5-23.9	24.0-24.2	24.3-25.0	25.1-26.4	26.5-29.1	>29.1
III	177(161-193)		18.0-21.8	21.9-22.2	22.3-23.4	23.5-25.7	25.8-27.9	>27.9

Таблица 10.5

Классы условий труда по показателю температуры воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ , нижняя граница) при работе в производственных помещениях с охлаждающим микроклиматом

Категория работ	Общие энерготраты, Вт/м <sup>2</sup>	Классы условий труда						
		Оптимальный	Допустимый	Вредный - 3				Опасный (экстремальный)
				1 степени	2 степени	3 степени	4 степени	
1	2	3.1	3.2	3.3	3.4	4		
I а	68 (58-77)	по СанПиН	по СанПиН	18	16	14	12	
I б	88 (78-97)	по СанПиН	по СанПиН	17	15	13	11	
II а	113 (98-129)	по СанПиН	по СанПиН	14	12	10	8	

II б	145 (130-160)	по СанПиН	по СанПиН	13	11	9	7	
III	177 (161-193)	по СанПиН	по СанПиН	12	10	8	6	

Таблица 10.6

Классы условий труда по показателю температуры воздуха (°С, нижняя граница) для открытых территорий в холодный период года и в холодных (не отапливаемых) помещениях

Климатическая зона*	Теплоизоляция одежды, °С Вт/м	ТНС, °С					
		Классы условий труда					
		Допустимый	Вредный - 3				Опасный (экстремальный)
			1 степени	2 степени	3 степени	4 степени	
2	3.1	3.2	3.3	3.4	4		
Ia	0,71	-30	-36	-38,5	-40,8	-60	< - 60,0
1б	0,82	-38	-46,2	-48,9	-54,4	-70	< - 70,0
II	0,61	-23	-29,4	-31,5	-35,7	-48	< - 48,0
III	0,51	-15,9	-21,3	-23	-26	-37	<-37,0

Таблица 10.7

Классы условий труда при действии неионизирующих электромагнитных излучений (электромагнитные поля и излучения)

Фактор	Классы условий труда						
	Оптимальный	Допустимый	Вредный - 3				Опасн. (экстрем.)
			1 степени	2 степ.	3 степ.	4 степ.	
	1	2	3.1	3.2	3.3	3.4	4
Превышение ПДУ (раз)							
Геомагнитное поле	естеств. фон	≤ВДУ	≤5	≤10	≤50	>50	-
Электростатическое поле	естеств. фон	≤ПДУ* <sup>1</sup>	≤3	≤5	≤10	>10	-
Постоянное магнитное поле	естеств. фон	≤ПДУ	≤5	≤10	≤100	>100	-
Электрические поля промышленной частоты (50 Гц)	естеств. фон	≤ПДУ* <sup>1</sup>	≤3	≤5	≤10	>10	>40 <sup>#</sup>

Магнитные поля промышленной частоты (50 Гц)	естеств. фон	$\leq$ ПДУ* <sup>1</sup>	$\leq$ 5	$\leq$ 10	$\leq$ 50	>50	-
ЭМИ, создаваемые ВДТ и ПЭВМ	-	$\leq$ ПДУ	$\leq$ 5	$\leq$ 10	$\leq$ 50	>50	-
ЭМИ радиочастотного диапазона	естеств. фон	$\leq$ ПДУ	$\leq$ 3	$\leq$ 5	$\leq$ 10	> 10	-
0,01 -0,03МГц		$\leq$ ПДУ	$\leq$ 3	$\leq$ 5	$\leq$ 10	> 10	-
0,03 -3,0МГц		$\leq$ ПДУ	$\leq$ 3	$\leq$ 5	$\leq$ 10	> 10	-
3,0-30,0 МГц		$\leq$ ПДУ	$\leq$ 3	$\leq$ 5	$\leq$ 10	> 10	>50 <sup>##</sup>
30,0-300,0 МГц		$\leq$ ПДУ	$\leq$ 3	$\leq$ 5	$\leq$ 10	> 10	> 50 <sup>###</sup>
300,0 МГц-300,0 ГГц							

Таблица 10.8

Классы условий труда в зависимости от параметров световой среды производственных помещений

Фактор, показатель	Классы условий труда				
	Допустимый	Вредный - 3			
		1 степ.	2 степ.	3 степ.	4 степ.
	2	3.1	3.2	3.3	3.4
ЕСТЕСТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ: коэффициент естественной освещенности (КЕО, %)	>0,6	0,1-0,6	<0,1		
ИСКУССТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ: освещенность рабочей поверхности (Е, лк) для разрядов зрительных работ: I-IV; V, VI, VII-XIV	$E_n$	$(0,5 - 1)E_n$ < $E_n$	<0,5 $E_n$		
Показатель ослепленности (Р, отн. ед.)	$R_n$	> $R_n$			
Отраженная блескость	отсутст в.	наличие			
Коэф. пульсации освещенности (Кп, %)	$K_{пн}$	> $K_{пн}$			
Яркость (L, кд/м <sup>2</sup> )	$L_n$	> $L_n$			
Неравномерность распределения яркости (С, отн.ед)	$C_n$	> $C_n$			

Таблица 10.9

Классы условий труда при действии неионизирующих электромагнитных излучений оптического диапазона (лазерное, ультрафиолетовое)

Фактор	Классы условий труда			
	Опти-	Допу-	Вредный - 3	Опасный

		мал	стимый	1 степ.	2 степ.	3 степ.	4 степ.	(экстрем.)
		1	2	3.1	3.2	3.3	3.4	4
Лазерное излучение		-	$\leq \text{ПДУ}_1$	$\text{ПДУ}_2$	$<10 \text{ ПДУ}_2$	$<10^2 \text{ ПДУ}_2$	$<10^3 \text{ ПДУ}_2$	$>10^3 \text{ ПДУ}_2$
Ультрафиолетовое излучение	при наличии производственных источников УФ-А		ДИИ	>ДИИ				
	УФ-В, У,0Ф-С, Вт/м <sup>2</sup> при наличии источников УФО профилактического назначения (УФ-А), мВт/м <sup>2</sup>		9-45	<9				

Таблица 10.10

Классы условий труда по показателям тяжести трудового процесса

Показатели тяжести трудового процесса	Классы условий труда			
	Оптимальный (легкая физическая нагрузка)	Допустимый (средняя физическая нагрузка)	Вредный (тяжелый труд)	
			1 степени	2 степени
		1	2	3.1
<b>1. Физическая динамическая нагрузка (внешняя механическая работа за смену, кг·м)</b>				
1.1. При региональной нагрузке (с преимущественным участием мышц рук и плечевого пояса) при перемещении груза на расстояние до 1 м: для мужчин для женщин	до 2500 до 1500	до 5000 до 3000	до 7000 до 4000	более 7000 более 4000
1.2. При общей нагрузке (с участием мышц рук, корпуса, ног): 1.2.1. При перемещении груза на расстояние от 1 до 5 м для мужчин для женщин 1.2.2. При перемещении груза на расстояние более 5 м для мужчин для женщин	до 12500 до 7500	до 25000 до 15000	до 35000 до 25000	более 35000 более 25000
	до 24000 до 14000	до 46000 до 28000	до 70000 до 40000	более 70000 более 40000
<b>2. Масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную, кг</b>				

2.1. Подъем и перемещение (разовое) тяжести при чередовании с другой работой (до 2-х раз в час): для мужчин для женщин	до 15 до 5	до 30 до 10	до 35 до 12	более 35 более 12
2.2. Подъем и перемещение (разовое) тяжести постоянно в течение рабочей смены: для мужчин для женщин	до 5 до 3	до 15 до 7	до 20 до 10	более 20 более 10
2.3. Суммарная масса грузов, перемещаемых в течен. каждого часа смены: 2.3.1. С рабочей поверхности: для мужчин для женщин 2.3.2. С пола: для мужчин для женщин	до 250 до 100	до 870 до 350	до 1500 до 700	более 1500 более 700
	до 100 до 50	до 435 до 175	до 600 до 350	более 600 более 350

Продолжение табл.10.10

3. Стереотипные рабочие движения (количество за смену) 3.1. При локальной нагрузке (с участием мышц кистей и пальцев рук) 3.2. При региональной нагрузке (при работе с преимущественным участием мышц рук и плечевого пояса)	до 20000 до 10000	до 40000 до 20000	до 60000 до 30000	более 60000 более 30000
--	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------------

4. Рабочая поза	Свободная, удобная поза, возможность смены рабочего положения тела (сидя, стоя). Нахождение в позе стоя до 40% времени смены.	Периодическое, до 25% времени смены находится в неудобной (работа с поворотом туловища, неудобным размещением конечностей и др.) и/или фиксированной позе (невозможность изменения взаимного положения различных частей тела относительно друг друга). Нахождение в позе стоя до 60% времени смены.	Периодическое, до 50% времени смены, находится в неудобной и/или фиксированной позе; пребывание в вынужденной позе (на коленях, на корточках и т. п.) до 25% времени смены. Нахождение в позе стоя до 80% времени смены	Периодическое, более 50% времени смены находится в неудобной и/или фиксированной позе; пребывание в вынужденной позе (на коленях, на корточках и т.п.) более 25% времени смены. Нахождение в позе стоя более 80% времени смены .
Наклоны корпуса (вынужденные более 30), количество за смену	до 50	51-100	101-300	свыше 300

Продолжение табл. 10.10

5. Статическая нагрузка - величина статической нагрузки за смену при удержании груза, приложении усилий, кгс-сек)				
5.1. Одной рукой:				
для мужчин	до 18000	до 36000	до 70000	более 70000
для женщин	до 11000	до 22000	до 42000	более 42000
5.2. Двумя руками:				
для мужчин	до 36000	до 70000	до 140000	>140000
для женщин	до 22000	до 42000	до 84000	> 84000
5.3. С участием мышц корпуса и ног:				
для мужчин	до 43000	до 100000	до 200000	>200000
для женщин	до 26000	до 60000	до 120000	>120000
6. Перемещен. в пространстве, обусловленные технологич. процессом				
6.1. По горизонтали	до 4	до 8	до 12	более 12
6.2. По вертикали	до 2	до 4	до 8	более 8

Таблица 10.11

Классы условий труда по показателям напряженности трудового процесса

Показатели напряженности трудового процесса	Классы условий труда			
	Оптимальный	Допустимый	Вредный	
	Напряженность труда легкой степени	Напряженность труда средней степени	Напряженный труд	
			1 степени	2 степени
1	2	3.1	3.2	
1. Интеллектуальные нагрузки:				
1.1. Содержание работы	Отсутствует необходимость принятия решения	Решение простых задач по инструкции	Решение сложных задач с выбором по известным алгоритмам (работа по серии инструкций)	Эвристическая (творческая) деятельность, требующая решения алгоритма, единоличное руководство в сложных ситуациях

Продолжение табл. 10.11

1.2. Восприятие сигналов (информации) и их оценка	Восприятие сигналов, но не требуется коррекция действий	Восприятие сигналов с последующей коррекцией действий и операций	Восприятие сигналов с последующим сопоставлением фактических значений параметров с их номинальными значениями. Заключительная оценка фактических значений параметров	Восприятие сигналов с последующей комплексной оценкой связанных параметров. Комплексная оценка всей производственной деятельности
1.3. Распределение функций по степени сложности задания	Обработка и выполнение задания	Обработка, выполнение задания и его проверка	Обработка, проверка и контроль за выполнением задания	Контроль и предварительная работа по распределению заданий другим лицам
1.4. Характер выполняемой работы	Работа по индивидуальному плану	Работа по установленному графику с возможной его коррекцией по ходу деятельности	Работа в условиях дефицита времени	Работа в условиях дефицита времени и информации с повышенной ответственностью за конечный результат
<b>2. Сенсорные нагрузки</b>				
2.1. Длительность сосредоточенного наблюдения (в % от времени смены)	до 25	26-50	51 -75	более 75
2.2.. Плотность сигналов (световых, звуковых) и сообщений в среднем за 1 час работы	до 75	76-175	176-300	более 300
2.3. Число производственных объектов одновременного наблюдения	до 5	6- 10	11-25	более 25

2.4. Размер объекта различения (при расстоянии от глаз работающего до объекта различения не более 0,5 м) в мм при длительности сосредоточенного наблюдения (% времени смены)	более 5 мм - 100%	5-1,1 мм- более 50% 1-0,3 мм - до 50% менее 0,3 мм - до 25%	1-0,3 мм - более 50% менее 0,3 мм - 25-50%	менее 0,3 мм - более 50%
--	-------------------	---	---	--------------------------

Продолжение табл. 10.11

2.5. Работа с оптическими приборами (микроскопы, лупы и т.п.) при длительности сосредоточенного наблюдения (% времени смены)	до 25	26-50	51-75	более 75
2.6. Наблюдение за экранами видеотерминалов (часов в смену): - при буквенно-цифровом типе отображения информации: - при графическом типе отображения информации:	до 2  до 3	2- 3  3-5	3- 4  5-6	более 4  более 6
2.7. Нагрузка на слуховой анализатор (при производственной необходимости восприятия речи или дифференцированных сигналов)	Разборчивость слов и сигналов от 100% до 90%. Помехи отсутствуют	Разборчивость слов и сигналов от 90% до 70%. Имеются помехи, на фоне которых речь слышна на <u>расстояние до 3,5м</u>	Разборчивость слов и сигналов от 70% до 50%. Имеются помехи, на фоне которых речь слышна на <u>расстояние до 2м</u>	Разборчивость слов и сигналов менее 50%. Имеются помехи, на фоне которых речь слышна на <u>расстояние до 1,5м</u>
2.8. Нагрузка на голосовой аппарат (суммарное количество часов, наговариваемое в неделю)	до16	16-20	20-25	более 25

### 3. Эмоциональные нагрузки

3.1. Степень ответственности за результат собственной деятельности. Значимость ошибки	Несет ответственность за выполнение отдельных элементов заданий. Влечет за собой дополнительные усилия в работе со стороны работника	Несет ответственность за функциональное качество вспомогательных работ (заданий). Влечет за собой дополнительные усилия со стороны вышестоящего руководства (бригадира, мастера и т.п.)	Несет ответственность за функциональное качество основной работы (задания). Влечет за собой исправления за счет дополнительных усилий всего коллектива (группы, бригады и т.п.)	Несет ответственность за функциональное качество конечной продукции, работы, задания. Влечет за собой повреждение оборудования, остановку технолог. процесса и может возникнуть опасность для жизни
---	--	---	---	---

Продолжение табл. 10.11

3.2. Степень риска для собственной жизни	Исключена			Вероятна
3.3. Степень ответственности за безопасность других лиц	Исключена			Возможна
<b>4. Монотонность нагрузок</b>				
4.1. Число элементов (приемов), необходимых для реализации простого задания или в многократно повторяющихся операциях	более 10	9-6	5 -3	менее 3
4.2. Продолжительность (в сек) выполнения простых производственных заданий или повторяющихся операций	более 100	100 - 25	24-10	менее 10
4.3. Время активных действий (в % к продолжительности смены). В остальное время - наблюдение за ходом производственного процесса.	20 и более	19- 10	9-5	4 и менее

4.4. Монотонность производственной обстановки (время пассивного наблюдения за ходом техпроцесса в % от времени смены)	менее 75	76-80	81 -90	более 90
5. Режим работы				
5.1 Фактическая продолжительность рабочего дня	6-7 часов	8-9 часов	10-12 часов	более 12 часов
5.2. Сменность работы	Односменная работа (без ночной смены)	Двухсменная работа (без ночной смены)	Трёхсменная работа (работа в ночную смену)	Нерегулярная сменность с работой в ночное время
5.3. Наличие регламентированных перерывов и их продолжительность	Перерывы регламентированы, достаточной продолжительности: 7% и более рабочего времени	Перерывы регламентированы, недостаточной продолжительности: от 3 до 7% рабочего времени	Перерывы не регламентированы и недостаточной продолжительности: до 3% рабочего времени	Перерывы отсутствуют

### Общая гигиеническая оценка условий труда

Если на рабочем месте фактические значения уровней вредных факторов находятся в пределах оптимальных или допустимых величин, условия труда на этом рабочем месте отвечают гигиеническим требованиям и относятся соответственно к 1 или 2 классу. Если уровень хотя бы одного фактора превышает допустимую величину, то условия труда на таком рабочем месте в зависимости от величины превышения и в соответствии с настоящими гигиеническими критериями, как по отдельному фактору, так и при их сочетании могут быть отнесены к 1-4 степеням 3 класса вредных или 4 классу опасных условий труда.

Общая оценка условий труда по степени вредности и опасности устанавливается:

- по наиболее высокому классу и степени вредности;
- в случае совмещенного действия 3 и более факторов, относящихся к классу 3.1, общая оценка условий труда соответствует классу 3.2;
- при сочетании 2-х и более факторов классов 3.2, 3.3, 3.4 - условия труда оцениваются соответственно на одну степень выше.

Работа в условиях превышения гигиенических нормативов должна осуществляться с использованием СИЗ при административном контроле за их применением<sup>194</sup> (включение в технологический

регламент, правила внутреннего распорядка с мерами поощрения за их использование и/или административными мерами наказания нарушителей). Использование эффективных (имеющих сертификат соответствия) СИЗ уменьшает уровень профессионального риска повреждения здоровья, но не изменяет класс условий труда работника.

Таблица 10.12

Итоговая таблица по оценке условий труда работника  
по степени вредности и опасности

Фактор	Классы условий труда						
	Оптимальный 1	Допустимый 2	Вредный-3				Опасный 4
			1 степ. 3.1	2 степ. 3.2	3 степ. 3.3	4 степ. 3.4	
Химический							
Биологический							
Ф	Аэрозоли-Ф						
И	Шум						
З	Вибрация лок.						
И	Вибрация общая						
Ч	Инфразвук						
Е	Ультразвук						
С	ЭМИ						
К	Иониз. излучения						
И	Микроклимат						
Й	Освещенность						

Тяжесть труда							
Напряженность труда							
Общая оценка условий труда							

## 10.2. Практическая работа

Цель работы:

1. Используя гигиенические критерии, оценить условия и характер труда на рабочих местах производственного помещения (объекта).
2. Составить таблицу по оценке условий труда по степени вредности и опасности с указанием общей оценки условий труда.
3. Предложить мероприятия по улучшению условий труда.

### Контрольные вопросы

1. Что изучает гигиена труда?
2. Дать определение понятиям: условия труда, вредные и опасные производственные факторы (ОВПФ).
3. Что понимается под гигиеническими нормативами?
4. Как подразделяются условия труда по классам вредности?
5. Для чего нужна санитарно-гигиеническая паспортизация?
6. Для чего предназначены гигиенические критерии?
7. По каким показателям оцениваются условия труда?

## 11. ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ

### 11.1. Действие электрического тока на организм человека

Электрические установки представляют для человека большую потенциальную опасность, которая усугубляется тем, что органы чувств человека не могут на расстоянии обнаружить наличие электрического напряжения на оборудовании. Статистика электротравм показывает, что их число невелико и составляет всего 0,5 – 1% от общего числа травм на производстве. Однако среди причин смертельных несчастных случаев на долю электротравм уже приходится 20 – 40%. Много несчастных случаев происходит при обслуживании широко распространенных электроустановок, рассчитанных на напряжение от 220 до 380 В.

Проходя через тело человека, электрический ток оказывает следующие виды воздействий:

- термические – ожоги, нагрев кровеносных сосудов, нервов;
- электролитическое – разложение крови и лимфатической жидкости;
- биологическое – раздражение и возбуждение нервных волокон и других органов и тканей организма, сопровождающееся судорогами мышц тела, сердца, легких, что приводит к нарушению или полному прекращению деятельности отдельных органов.

Эти воздействия приводят к **электротравмам** (ожогам, электрическим знакам, металлизации кожи, механическим повреждениям, электроофтальмии) и **электрическим ударам**. Приблизительно в 55 % случаев травмы носят смешанный характер.

**Электрический ожог** возникает в результате теплового воздействия электрического тока в месте контакта с неизолированными токоведущими частями. Он может быть поверхностный (токи промышленной частоты до 100 Гц) или внутренний (для токов частотой десятки и сотни кГц). Количество тепла ( $Q$ , Дж), выделяемого в ткани, определяется законом Джоуля-Ленца

$$Q = I_{\text{ч}}^2 \cdot R_{\text{ч}} \cdot \tau, \quad (11.1)$$

где  $I_{\text{ч}}$  – сила тока, проходящая через человека, А;

$R_{\text{ч}}$  – сопротивление тела человека, Ом;

$\tau$  – время протекания тока.

**Электрический знак** – четко выраженное пятно серого или бледно-желтого цвета диаметром 1 мм; вызванное механическим и химическим воздействием тока, безболезненно и со временем исчезает.

*Металлизация кожи – поражение кожи проникновением частиц расплавленного под действием электрической дуги металла.*

**Электроофтальмия** – воспаление наружных оболочек глаз из-за воздействия ультрафиолетовых<sub>197</sub>лучей электрической дуги.

**Механические повреждения** – разрывы кожи, вывихи, переломы костей, вызванные произвольными сокращениями мышц под воздействием тока.

**Электрический удар** является очень серьезным поражением организма человека, вызванным возбуждением живых тканей тела электрическим током и сопровождающимся судорожным сокращением мышц. В зависимости от возникающих последствий электрические удары делят на четыре степени: **I** – судорожное сокращение мышц без потери сознания; **II** – судорожное сокращение мышц с потерей сознания, но с сохранившимся дыханием и работой сердца; **III** – потеря сознания и нарушение сердечной деятельности или дыхания (или того и другого); **IV** – состояние клинической смерти.

Тяжесть поражения электрическим током зависит от целого ряда факторов: силы тока, пути прохождения, электрического сопротивления тела человека и длительности протекания через него тока, рода и частоты тока, индивидуальных свойств человека и условий окружающей среды и др.

Основным фактором, обуславливающим степень поражения человека, является **сила тока**. Для характеристики воздействия электрического тока на человека установлены три критерия: **пороговый осязаемый ток** (наименьшее значение силы электрического тока, вызывающего при прохождении через организм человека осязаемые раздражения); **пороговый неотпускающий ток** (наименьшее значение силы электрического тока, вызывающего судорожное сокращение мышц руки, в которой зажат проводник) и **пороговый фибрилляционный ток** (наименьшее значение силы электрического тока, вызывающего при прохождении через тело человека фибрилляцию сердца). Фибрилляцией называются хаотические и разновременные сокращения волокон сердечной мышцы, полностью нарушающие ее работу как насоса. При протекании тока по пути «рука-рука» или «рука-ноги» значения силы тока следующие:

**Таблица 11.1**  
**Значения силы тока**

Род тока	Пороговый осязаемый ток, мА	Пороговый неотпускающий ток, мА	Пороговый фибрилляционный ток, мА
Переменный ток частотой 50 Гц	0,5...1,5	6 ... 10	80 ... 100
Постоянный ток	5,0 ... 7,0	50 ... 80	300

На исход поражения сильно влияет **сопротивление тела человека**, которое изменяется в очень больших пределах. Наибольшее сопротивление обладает верхний<sup>198</sup> слой кожи толщиной около 0,2 мм,

состоящей из мертвых ороговевших клеток. Например, удельное электрическое сопротивление сухой кожи составляет  $3 \cdot 10^3 - 2 \cdot 10^4$  Ом·м, а спинномозговой жидкости – 0,5 – 0,6 Ом·м. Общее электрическое сопротивление тела человека при сухой, чистой и неповрежденной кожи (измеренное при напряжении до 15 – 20 В) находится примерно в пределах 3 – 1000 кОм и более; сопротивление внутренних тканей тела – 300 – 500 Ом. При различных расчетах, связанных с обеспечением электробезопасности и расследовании электротравм, сопротивление тела человека принимают равным 1кОм.

**Длительность протекания тока** очень сильно влияет на исход поражения в связи с тем, что с течением времени резко падает сопротивление кожи человека, более вероятным становится поражение сердца и накапливаются другие отрицательные последствия. Например, для переменного тока частотой 50 Гц предельно допустимый ток при продолжительности воздействия 0,1 с составляет 500 мА, а при воздействии в течение 1 с - уже 50 мА (ГОСТ 12.1.038-82).

Существенное значение имеет и **путь тока** через тело человека. Наибольшая опасность возникает при непосредственном прохождении тока через жизненно важные органы (сердце, легкие, головной мозг). Статистические данные, например, показывают, что число травм с потерей сознания при прохождении тока по пути «правая рука – нога» составляют 87 %; по пути «нога – нога» - 15 %.

Степень поражения зависит также от **рода и частоты тока**. Наиболее опасным является переменный ток частотой от 20 до 1000 Гц. Переменный ток опаснее постоянного, но это характерно для напряжений до 250... 300 В; при больших напряжениях опаснее становится постоянный ток.

**Индивидуальные свойства** человека и состояния окружающей среды оказывают заметное влияние на тяжесть поражения. Некоторые заболевания человека (болезни кожи, сердечно-сосудистые системы, легкие, нервные болезни и др.) делают его более восприимчивым к электрическому току. Поэтому к обслуживанию электроустановок допускаются лица, прошедшие специальный медицинский осмотр.

**Влияние состояния окружающей среды** учитывается классификацией помещений и условий труда по опасности поражения электрическим током.

Для правильного проектирования способов и средств защиты людей от поражения электрическим током необходимо знать допустимые уровни напряжений прикосновения и значений токов, протекающих через тело человека.

**Напряжением прикосновения** называется напряжение между двумя точками цепи тока, которых одновременно касается человек. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения установлены ГОСТ

12.1.038-82 для путей тока от одной руки к другой и от руки к ногам.

Напряжение прикосновения  $U_{пр}$  и сила тока  $I$ , протекающего через тело человека при нормальном (неаварийном) режиме электроустановки, не должны превышать следующих значений.

Таблица 11.2

Род тока	$U_{пр}$ , В (не более)	$I$ , мА (не более)
Переменный, 50 Гц	2	0,3
Переменный, 400 Гц	3	0,4
Постоянный	8	1

*Примечание. Напряжения прикосновения и токи приведены при продолжительности воздействия не более 10 мин в сутки и установлены, исходя из реакции ощущения. Напряжения прикосновения и токи для лиц, выполняющих работу в условиях высоких температур (выше 20°С) и влажности (относительная влажность более 75%), должны быть уменьшены в 3 раза.*

В ГОСТ 12.1.038-82 приведены также предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов при аварийных режимах производственных электроустановок напряжением до 1000 В с глухозаземленной или изолированной нейтралью и выше 1000 В с изолированной нейтралью.

Предельно допустимые уровни силы тока, протекающие через тело человека при продолжительности воздействия свыше одной секунды, соответствуют отпускающим (переменным) и не болевым (постоянным) токам. Такие токи (6 мА для переменного с частотой 50 Гц и 15 мА для постоянного) позволяют человеку самостоятельно освободиться от токоведущих частей. Их можно считать длительно допустимыми, если отсутствуют дополнительные обстоятельства, усугубляющие опасность. Например, если человек работает на высоте или вблизи движущихся или вращающихся частей оборудования, то резкие, произвольные движения, вызванные воздействием длительно допустимого тока, могут привести к травме.

## 11.2. Классификация электроустановок и помещений по электроопасности

С точки зрения мер, принимаемых для обеспечения электробезопасности, электроустановки разделяются на электроустановки напряжения выше 1000 В в сетях с эффективно заземленной нейтралью (с большими токами замыкания на землю); электроустановки напряжения выше 1000 В в сетях с изолированной нейтралью (с малыми токами и замыкание на землю); электроустановки напряжением до 1000 В с заземленной нейтралью; электроустановки напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью.

**Заземленной нейтралью** называется нейтраль генератора или

трансформатора, присоединенная к заземляющему устройству непосредственно или через малое сопротивление.

**Изолированной нейтралью** называется нейтраль трансформатора или генератора, не присоединенная к заземляющему устройству или при

соединенная с ним через приборы сигнализации, измерения, защиты и другие устройства, имеющие большое сопротивление.

В зависимости от условий, повышающих или понижающих опасность поражения человека электрическим током, ПУЭ делят все помещения на:

**Помещения с повышенной опасностью**, характеризующиеся наличием в них одного из следующих условий, создающих повышенную опасность: сырость (относительная влажность воздуха длительно превышает 75%); высокая температура (температура воздуха длительно превышает 35°C); токопроводящая пыль (угольная, металлическая и т. п.); токопроводящий пол (металлический, земляной, железобетонный, кирпичный и т. п.); возможности одновременного прикосновения к имеющим соединение с землей металлическим элементам технологического оборудования или металлоконструкциям здания и металлическим корпусам электрооборудования;

**Особо опасные помещения**, характеризующиеся наличием высокой относительной влажности воздуха (близкой к 100 %) или химически активной среды, разрушающе действующей на изоляцию электрооборудования, или одновременным наличием двух или более условий, соответствующих помещениям с повышенной опасностью;

**Помещения без повышенной опасности**, в которых отсутствуют все указанные выше условия.

### 11.3. Анализ условий поражения человека электрическим током

Поражения человека электрическим током или электрической дугой может произойти в следующих случаях:

- при однофазном (однополюсном) прикосновении не изолированного от земли человека к неизолированным токоведущим частям электроустановок, находящихся под напряжением;
- при одновременном соприкосновении с двумя неизолированными частями (фазами, полюсами) электроустановок, находящихся под напряжением;
- при приближении человека, не изолированного от земли, на опасное расстояние к токоведущим, не защищенным изоляцией частям электроустановок, находящихся под напряжением;
- при прикосновении человека, не изолированного от земли, к нетоковедущим металлическим частям (корпусам)

электроустановок, оказавшимся под напряжением из-за замыкания на корпус;

- при соприкосновении человека с двумя точками земли (грунта), находящимися под разными потенциалами в поле растекания тока (включение под «напряжение шага»);
- при действии атмосферного электричества во время разряда молнии;
- из-за действия электрической дуги;
- при освобождении другого человека, находящегося под напряжением.

**Электрическим замыканием на корпус** называется случайное электрическое соединение токоведущей части с металлическими нетоковедущими частями электроустановки.

Поражение человека возможно при случайном прикосновении к токоведущим частям электрической сети и зависит от схемы самой сети, режима нейтрали сети, качества изоляции токоведущих частей от земли, емкости токоведущих частей относительно земли и т. п.

Наибольшую опасность представляет двухфазное (двухполюсное) прикосновение (рис. 11.1 а, б), так как в этом случае человек оказывается под рабочим напряжением сети, и проходящий через него ток будет равен:

- в сети постоянного тока или однофазной сети

$$I_{\text{ч}} = U_{\text{раб}} / R_{\text{ч}}, \quad (11.2)$$

- где  $U_{\text{раб}}$  – рабочее напряжение в сети;  $R_{\text{ч}}$  - сопротивление человека;
- в трехфазной сети

$$I_{\text{ч}} = U_{\text{л}} / R_{\text{ч}} = \sqrt{3} U_{\text{ф}} / R_{\text{ч}}, \quad (11.3)$$

где  $U_{\text{л}}$  – линейное напряжение сети;  $U_{\text{ф}}$  – фазовое напряжение сети.

В этом случае значение проходящего через тело человека тока зависит только от напряжения сети и сопротивления человека. Статистика электротравм показывает, что такие случаи происходят сравнительно редко.

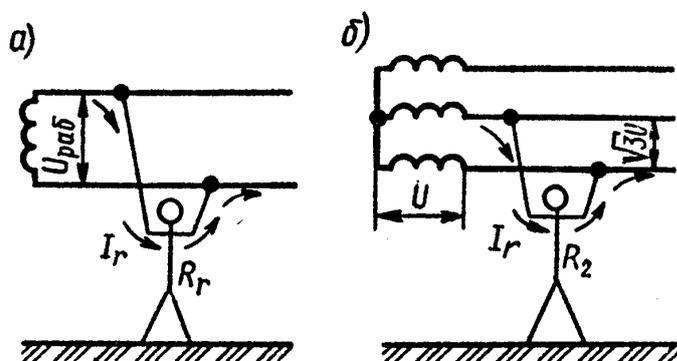


Рис. 11.1. Двухфазное (двухполюсное) прикосновение к токоведущим частям: а) в сети постоянного тока или в однофазной сети; б) в трехфазной сети

Наибольшее число<sup>202</sup> электротравм связано с однофазным

(однополюсным) прикосновением человека к токоведущим частям, при этом напряжение, под которым оказывается человек, не превышает фазового напряжения. В этом случае на протекающий через тело человека ток влияет режим нейтрали сети, сопротивление изоляции и емкость фаз относительно земли.

На рис. 11.2, а показана трехфазная трехпроводная сеть с изолированной нейтралью. В такой сети напряжением до 1000 В, при условии ее малой протяженности, емкостным сопротивлением изоляции можно пренебречь, и тогда ток, проходящий через человека, будет равен:

$$I_{\text{ч}} = 3 U_{\text{ф}} / (3 R_{\text{ч}} + r_{\text{из}}), \quad (11.4)$$

где  $r_{\text{из}}$  – сопротивление изоляции фаз сети относительно земли.

Сеть с заземленной нейтралью характеризуется тем, что нейтральная точка источника питания соединена с землей через малое сопротивление  $R_0$  (рис. 11.2, б). Ток, проходящий через человека, коснувшегося фазы в такой сети, практически не зависит от состояния изоляции и определяется выражением

$$I_{\text{ч}} = U_{\text{ф}} / (R_{\text{ч}} + R_0).. \quad (11.5)$$

Так как  $R_0$  невелико, им можно пренебречь, и выражение принимает вид:

$$I_{\text{ч}} = U_{\text{ф}} / R_{\text{ч}} \quad (11.6)$$

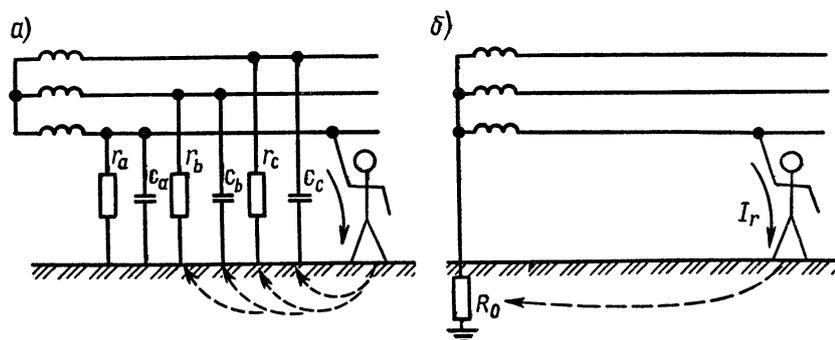


Рис. 11.2. Однофазное (однополюсное) прикосновение к токоведущим частям: а) в сети с изолированной нейтралью; б) в сети с заземленной нейтралью

Предыдущие рассуждения касались нормальной работы сети. При аварийных режимах сети (замыкание на корпус или замыкании на землю) условия изменяются.

В сетях напряжением выше 1000 В опасность однофазного и двухфазного соприкосновения практически одинакова. Любое из этих прикосновений очень опасно.

Поражение человека может произойти, если он окажется под шаговым напряжением. **Шаговым напряжением** (напряжением шага) называется напряжение между двумя точками цепи тока, находящимися одна от другой на расстоянии шага (0,8 м) и на которых одновременно стоит человек. Такой случай может<sup>203</sup> возникнуть, если человек окажется

в зоне растекания тока, которая образуется вокруг любого проводника, оказавшегося в земле или на земле. Наибольший электрический потенциал будет в месте соприкосновения проводника с землей. По мере удаления от этого места потенциал поверхности грунта уменьшается и на расстоянии, примерно равном 20 м, может быть принят равным нулю. Протекание тока по пути «нога - нога» менее опасно, чем по пути «рука - ноги». Однако известно немало несчастных случаев при воздействии шагового напряжения. Поражение при этом усугубляется тем, что из-за судорожных сокращений мышц ног человек падает, после чего цепь тока замыкается вдоль тела человека через жизненно важные органы. Кроме того, рост человека больше длины его шага и это обуславливает большую разность потенциалов.

#### 11.4. Обеспечение электробезопасности

Электробезопасность на производстве обеспечивается соответствующей конструкцией электроустановок; применение технических способов и средств защиты; организационными и техническими мероприятиями.

**Конструкция электроустановок** должна соответствовать условиям их эксплуатации и обеспечивать защиту персонала от соприкосновения с токоведущими и движущимися частями, а оборудования – от попадания внутрь посторонних твердых тел и воды.

**Основными техническими способами и средствами защиты** от поражения электрическим током, используемыми отдельно или в сочетании друг с другом, являются: защитное заземление; зануление; выравнивание потенциалов; малое напряжение; электрическое разделение сетей; защитное отключение; изоляция токоведущих частей (рабочая, дополнительная, усиленная, двойная); компенсация токов замыкания на землю; оградительные устройства; предупредительная сигнализация; блокировка; знаки безопасности; изолирующие защитные и предохранительные приспособления.

Наиболее распространенными техническими средствами защиты являются защитное заземление и зануление.

**Защитным заземлением** называется преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетокведущих частей, которые могут оказываться под напряжением. Защитному заземлению или занулению подлежат металлические части электроустановок, допустимые для прикосновения человека и не имеющие других видов защиты, обеспечивающих электробезопасность. Защитное заземление или зануление выполняют: во всех случаях при переменном номинальном напряжении 380 В и выше и постоянном напряжении 440 В и выше; в помещениях с повышенной<sup>204</sup> опасностью, особо опасных и

наружных установках при номинальном переменном напряжении от 42 до 380 В и постоянном - 110-440 В. Таким образом, электроустановки напряжением до 42 В переменного и до 110 В постоянного тока не требуют защитного заземления и зануления, за исключением некоторых случаев, специально оговоренных ПУЭ.

Защитное заземление применяется в трехфазных трехпроводных сетях напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью и сетях напряжением выше 1000 В с любым режимом нейтрали (см. рис.11.3 а, б).

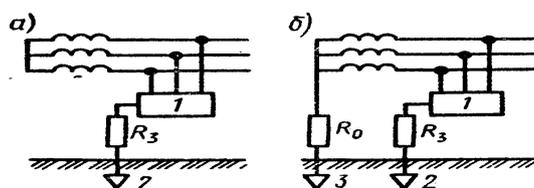


Рис. 11.3. Однофазное (однополюсное) прикосновение к токоведущим частям: а) в сети с изолированной нейтралью до 1000 В и выше; б) в сети с заземленной нейтралью выше 1000 В (1 - заземляемое оборудование; 2 - заземлитель защитного заземления; 3 - заземлитель рабочего заземления (заземления нейтрали источника тока)).

Заземляющее устройство состоит из заземлителя (одного или нескольких металлических элементов, погруженных на определенную глубину в грунт) и заземляющих проводников, соединяющих заземляемое оборудование с заземлителем. В зависимости от расположения заземлителей относительно заземляемого оборудования заземляющие устройства делятся на выносные и контурные. Заземлители **выносимого заземляющего устройства** располагаются на некотором удалении от заземляемого оборудования. **В контурном заземляющем устройстве** заземлители располагаются по контуру вокруг заземляемого оборудования на небольшом расстоянии друг от друга (несколько метров) и обеспечивает лучшую степень защиты.

Заземлители бывают естественными и искусственными. Естественными заземлителями могут быть находящиеся в земле электропроводящие (металлические и железобетонные) части коммуникаций и других сооружений.

Чтобы защитить человека от поражения электрическим током, защитное заземление должно удовлетворять ряду требований. Эти требования зависят от напряжения электроустановок и мощности источника питания.

В электроустановках переменного тока напряжением до 1000 В с сети с изолированной нейтралью или изолированным выводом источника однофазного тока сопротивление заземляющего устройства не должно превышать 4-х Ом. Если мощность источника питания (трансформаторов, генераторов) составляет менее 100<sub>205</sub>кВА, то сопротивление

заземляющего устройства может достигать 10 Ом, но не более.

**Занулением** называется преднамеренное электрическое соединение с нулевым защитным проводником металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением.

Зануление является сейчас основным средством обеспечения электробезопасности. Зануление применяется в трехфазной сети с заземленной нейтралью напряжением до 1000 В. Обычно это сети 380/220, 660/380 В. В таких сетях нейтраль источника тока (генератора или трансформатора) присоединена к заземлителю с помощью заземляющего проводника. Этот заземлитель располагается вблизи источника питания или (в отдельных случаях) около стены здания, в котором он находится.

В сети с занулением нужно различать нулевой защитный проводник (НЗ) и нулевой рабочий проводник (НР). **Нулевым защитным проводником** называется проводник, соединяющий зануляемые части с заземленной нейтральной точкой обмотки источника тока или ее эквивалентом. **Нулевой рабочий проводник** используют для питания током электроприемников и тоже соединяют с заземленной нейтралью трансформатора или генератора (см. рис.11.4).

Защита человека от поражения электрическим током в сетях с занулением осуществляется тем, что при замыкании одной из фаз на зануленный корпус в цепи этой фазы возникает ток короткого замыкания, который воздействует на токовую защиту (плавкий предохранитель, автомат), в результате чего происходит отключение аварийного участка от цепи. Кроме того, еще до срабатывания защиты ток короткого замыкания вызывает перераспределение напряжений в сети, приводящее к снижению напряжения корпуса относительно земли. Таким образом, зануление уменьшает напряжение прикосновения и ограничивает время, в течение которого человек, прикоснувшийся к корпусу, может попасть под действие напряжения.

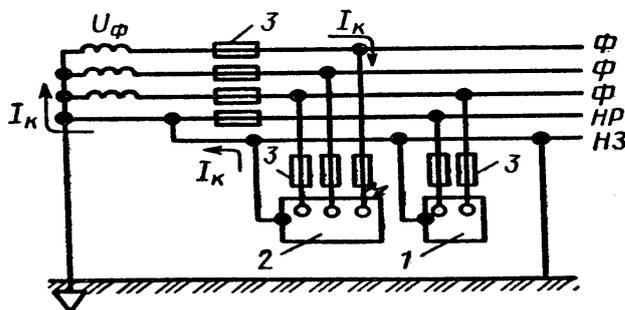


Рис. 11.4. Принципиальная схема зануления в трехфазной сети с нулевым рабочим (НР) и нулевым защитным (НЗ) проводниками: 1-корпус однофазного приемника тока; 2 - корпус трехфазного приемника тока; 3 - плавкий предохранитель;  $I_k$ - ток однофазного короткого замыкания;  $\Phi$ - фазный провод;  $U_\phi$ - фазное напряжение

Для того чтобы обеспечить быстрое (в течение нескольких секунд) отключение аварийного участка, ток короткого замыкания должен быть достаточно большим. Согласно требованиям ПУЭ ток короткого замыкания должен не менее чем в 3 раза превышать номинальный ток плавкой вставки ближайшего предохранителя автоматического выключателя. При применении автоматических выключателей, имеющих только электромагнитный расцепитель (отсекку), ток короткого замыкания должен превышать значение тока у вставки мгновенного срабатывания в 1,25-1,4 раза в зависимости от номинального тока.

У однофазных электроприемников (светильников, ручного электроинструмента и др.), которые включаются между фазными и нулевым рабочим проводами, зануление корпусов надлежит выполнять с помощью отдельного (третьего) проводника, который должен соединять корпус электроприемника с нулевым защитным проводом (см. рис.5). В таких случаях присоединять корпуса электроприемников для обеспечения электробезопасности к нулевому рабочему проводу нельзя, так как при его разрыве (перегорании предохранителя) все подсоединенные к нему корпуса окажутся под фазным напряжением относительно земли.

В сети с занулением нельзя применять заземление отдельных электроприемников, не присоединив их прежде к нулевому защитному проводнику. В противном случае при замыкании фазы на заземленный, но не присоединенный к нулевому защитному проводу корпус образуется цепь тока через заземление этого корпуса и заземление нейтрали источника тока. Такой случай представляет опасность, так как средства защиты не смогут отключить такой электроприемник из-за малого значения тока и поэтому опасное напряжение на всех корпусах может сохраняться длительное время, пока заземленный приемник не будет отключен вручную.

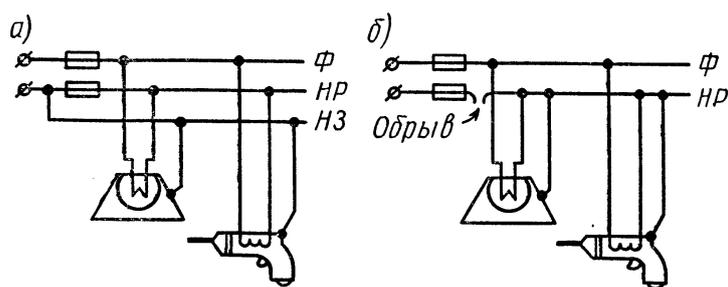


Рис. 11.5. Зануление однофазного электроприемника, включенного между фазным и нулевым рабочим проводами: а) правильно; б) неправильно.

Важно отметить, что если зануленный корпус одновременно заземлен, то это только улучшает условия безопасности, так как обеспечивает дополнительное заземление нулевого защитного провода.

**Защитным отключением** называется быстродействующая защита, обеспечивающая автоматическое отключение электроустановки при

возникновении в ней опасности поражения током.

Принцип защиты человека в этом случае заключается в ограничении времени протекания через тело человека опасного тока. Устройство защитного отключения (УЗО) постоянно контролирует сеть и при изменении ее параметров, вызванном подключением человека в сеть, отключает сеть или ее участок. Все УЗО состоят из датчика, преобразователя и исполнительного органа. Существует УЗО, реагирующие на ток нулевой последовательности (на не симметрию фазных токов утечки); на напряжение нулевой последовательности (на не симметрию напряжений фаз относительно земли); на токи и напряжения оперативных источников питания; на напряжение корпуса электроустановки относительно земли (см. рис.11.6).

**Организационные и технические мероприятия по обеспечению электробезопасности** заключается в основном в соответствующем обучении, инструктаже и допуске к работе с электроустановками лиц, прошедших медицинское освидетельствование; выполнении ряда технических мер при проведении работ с отключением напряжения в действующих электроустановках или вблизи них (запирание проводов, снятие предохранителей, отсоединение концов питающих линий; установка ограждений и знаков безопасности; наложение заземлений и т. п.); соблюдении особых требований при работах на токоведущих частях, находящихся под напряжением, или вблизи них (выполнение работ по наряду не менее чем двумя лицами, организация надзора за проведением работ, применение электрозщитных средств и т. п.).

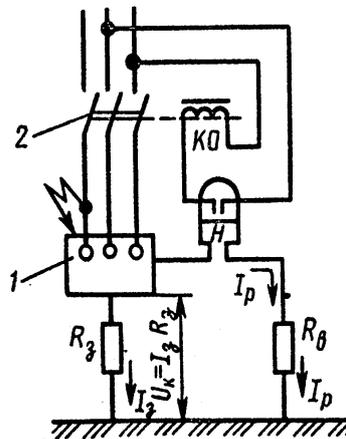


Рис. 11.6. Принципиальная схема устройств защитного отключения (УЗО), реагирующего на напряжение корпуса относительно земли: 1-корпус; 2-автоматический выключатель; КО – отключающая катушка; Н – реле напряжения максимальное;  $R_з$  – сопротивление защитного заземления;  $R_в$  – сопротивление вспомогательного заземления

## 11.5. Электрозщитные средства и предохранительные приспособления

**Электрозащитными средствами** называются переносимые и перевозимые изделия, служащие для защиты людей, работающих с электроустановками, от поражения электрическим током, от воздействия электрической дуги и электромагнитного поля.

Электрозащитные средства дополняют такие защитные устройства электроустановок, как ограждения, блокировки, защитное заземление, зануление, отклонение и др. Необходимость применения электрозащитных средств вызвано тем, что при эксплуатации электроустановок иногда возникают условия, когда самые совершенные защитные устройства самих электроустановок не гарантируют безопасность человека (например, операции с разъединителями и т. п.).

По своему значению средства защиты условно разделяют на изолирующие, ограждающие и вспомогательные.

**Изолирующие средства защиты** предназначены для изоляции человека от частей электроустановок, находящихся под напряжением, и от земли, если человек одновременно касается земли или заземленных частей электроустановок и токоведущих частей или металлических, оказавшихся под напряжением корпусов электрооборудования.

Существуют основные и дополнительные изолирующие средства.

**Основные изолирующие средства** имеют изоляцию, предназначенную для того, чтобы длительно выдерживать рабочее напряжение электроустановки, поэтому с их помощью разрешено касаться токоведущих частей, находящихся под напряжением. Изолирующие свойства бывают разными в зависимости от напряжения электроустановок, где они применяются.

Основными изолирующими защитными средствами для электроустановок напряжением до 1000 В служат: изолирующие штанги, изолирующие и электроизмерительные клещи, диэлектрические перчатки, слесарно-монтажный инструмент с изолирующими рукоятками, указатели напряжения.

В электроустановках свыше 1000 В ими являются: оперативные и измерительные штанги, изолирующие и электроизмерительные клещи, указатели напряжения, а также средства для ремонтных работ под напряжением (изолирующие лестницы, площадки и др.).

На рис. 11.7 а, б показан двухполюсный указатель напряжения до 1000 В.

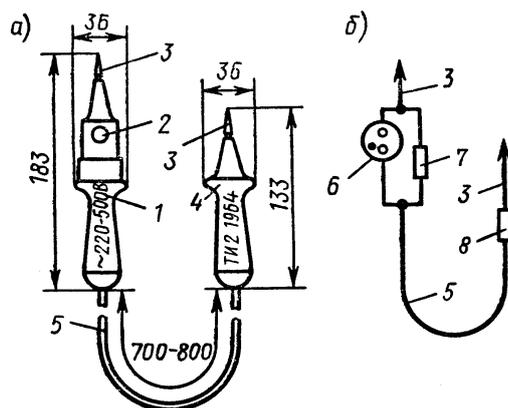


Рис. 11.7. Токоискатель типа ТИ-2: а) общий вид; б) схема соединения; 1- основная рукоятка; 2- отверстие для наблюдения светового сигнала; 3- щуп; 4- вспомогательная рукоятка; 5- соединительный провод; 6- неоновая лампочка; 7- шунтирующее сопротивление; 8- добавочное сопротивление

**Дополнительные изолирующие средства** обладают недостаточными изолирующими свойствами и предназначены только для усиления защитного действия основных средств, вместе с которыми они должны применяться. К ним относятся: при работах с напряжением до 1000 В – диэлектрические галоши, коврики, изолирующие подставки; при работах с напряжением свыше 1000 В – диэлектрические перчатки, боты, коврики, изолирующие подставки.

Для проверки диэлектрических свойств все изолирующие средства защиты (кроме штанг, которые предназначены для наложения временных заземлений, ковриков и подставок) должны подвергаться электрическим испытаниям после изготовления и периодически в процессе эксплуатации.

**Ограждающие** защитные средства предназначены для временного ограждения токоведущих частей, находящихся под напряжением. К ним можно отнести щиты, барьеры, ограждения-клетки, а также временные переносные заземления, которые делают невозможным появление напряжения на отключенном оборудовании.

**Вспомогательные** защитные средства служат для защиты персонала от случайного падения с высоты (предохранительные пояса и др.); для обеспечения безопасного подъема на высоту (когти, лестницы); для защиты от световых, тепловых, механических и химических воздействий электрического тока (защитные очки, щитки, рукавицы и др.).

## 11.6. Оказание первой доврачебной помощи при поражении электрическим током

Спасение жизни человека, пораженного электрическим током, во многом зависит от быстроты и правильности действий лиц, оказывающих помощь. Доврачебную помощь нужно оказывать немедленно, по возможности на месте происшествия, одновременно

вызвав медицинскую помощь. Прежде всего, нужно как можно скорее освободить пострадавшего от действия электрического тока. При невозможности отключить электроустановку от сети нужно сразу же приступить к освобождению пострадавшего от токоведущих частей, не прикасаясь при этом к пострадавшему. Если пострадавший находится на высоте, нужно предотвратить возможность его травмирования при падении. При освобождении человека от напряжения до 1000 В можно воспользоваться канатом, палкой, доской и другим сухим предметом, не проводящим ток. Можно оттянуть пострадавшего за сухую одежду. При оттаскивании за ноги не следует касаться обуви или одежды пострадавшего без изоляции своих рук, так как обувь и одежда могут быть сырыми и проводить электрический ток. Для изоляции рук лучше всего воспользоваться диэлектрическими перчатками, а при их отсутствии – обмотать руку любой сухой материей. Рекомендуется при этом действовать одной рукой.

От токоведущих частей напряжением свыше 1000 В пострадавшего нужно освобождать с помощью штанги или изолирующих клещей, рассчитанных на соответствующее напряжение, надев при этом диэлектрические перчатки и боты. Следует помнить об опасности шагового напряжения, если провод лежит на земле. Если нельзя быстро отключить питание линии электропередачи, нужно замкнуть провода накоротко, набросив на них гибкий провод достаточного сечения, один конец которого предварительно заземлить (присоединить к металлической опоре, заземляющему спуску и др.). Если пострадавший касается одного провода, то часто достаточно заземлить только этот провод.

Меры доврачебной помощи после освобождения пострадавшего зависят от его состояния. Если он в сознании, нужно обеспечить ему на некоторое время полный покой, не разрешая ему двигаться до прибытия врача.

Если пострадавший дышит очень редко и судорожно, но прощупывается пульс, надо сразу же делать искусственное дыхание по способу «изо рта в рот» или «изо рта в нос».

При отсутствии дыхания и пульса, расширенных зрачках и нарастающей синюшности кожи и слизистых оболочек нужно делать искусственное дыхание и непрямой (наружный) массаж сердца. Оказывать помощь нужно до прибытия врача, так как известно много случаев, когда искусственное дыхание и массаж сердца, проводимые непрерывно в течение 3 - 4 ч, возвращали пострадавших к жизни.

## **11.7. Лабораторная работа**

### **ИССЛЕДОВАНИЕ И РАСЧЕТ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ**

Цель работы:

1. Расчет и исследование сопротивления одиночных заземлителей и оценка удельного сопротивления грунта растеканию электрического тока.
2. Расчет защитного заземления электроустановки.

Электрические установки, используемые в промышленности, подразделяются на две большие группы: электроустановки с глухозаземленной нейтралью и установки с изолированной нейтралью (рис. 11.2 и 11.3).

**Защитное заземление** - преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением в результате аварии.

**Защитное зануление** - преднамеренное соединение с нулевым проводом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением в результате аварии.

Перечень частей электроустановок, подлежащих заземлению или занулению, приведены в прил. **11.1**.

Для выполнения своих функций защитное заземление должно обладать достаточно малым сопротивлением, чтобы при повреждении изоляции ток, протекающий через случайно прикоснувшегося к корпусу электроустановки человека, не достиг опасной для жизни человека величины.

Величина допустимого сопротивления заземляющих устройств электроустановок нормируется «Правилами устройства электроустановок».

Некоторые значения допустимых сопротивлений заземлений представлены в прил. **11.2**.

**Заземляющие устройства** – это совокупность заземлителя и заземляющих проводников.

**Заземлителями** называются металлические электроды (стержни, трубы, уголковая и полосовая сталь), находящиеся в непосредственном соприкосновении с землей и предназначены для стекания с них электрического заряда.

**Заземляющие проводники** – электропроводные элементы, предназначенные для соединения заземленных частей электроустановок с заземлителем.

Для заземления электроустановок рекомендуется, в первую очередь, использовать естественные заземлители. Если они имеют сопротивление растеканию тока, удовлетворяющие требованиям ПУЭ, то устройство искусственных заземлителей не требуется.

Не допускается использовать в качестве естественных заземлителей алюминиевые оболочки кабелей, <sup>212</sup>алюминиевые трубы, чугунные

трубопроводы, временные трубопроводы и трубопроводы, по которым перекачиваются горючие и взрывоопасные жидкости и газы.

В качестве искусственных заземлителей применяются стальные трубы длиной 2-10 м, диаметром 50÷80 мм, стальные стержни диаметром 10÷16 мм или уголковая сталь с толщиной стенки не менее 4 мм. Верхние концы стационарных вертикальных заземлителей должны быть заглублены на 0,5÷0,8 м от поверхности земли.

Каждый тип одиночного заземлителя характеризуется удельным сопротивлением растеканию тока. Формулы для расчета удельного сопротивления отдельных видов одиночных заземлителей приведены в прил. 11.4.

Обычно одного вертикального электрода – заземлителя бывает недостаточно для обеспечения требуемого сопротивления растеканию тока (прил. 11.2), поэтому применяют несколько электродов, соединенных между собой при помощи сварки стальной полосой, сечением не менее 48 мм<sup>2</sup> (прил. 3) (комбинированное заземление).

**Расстояние** между электродами при этом принимается кратным 1, 2 или 3-м длинам электродов.

Относительно защищаемой установки заземлители могут располагаться по контуру (контурное заземление), либо в один ряд (выносное заземление). Пример выполнения заземления показан на рис. 11.2 и 11.3.

Под общим **сопротивлением заземления** понимается суммарное сопротивление протекающему электрическому току корпуса, соединительной полосы, заземлителей и грунта.

Величины сопротивления заземления в основном зависят от сопротивления прохождения тока в прилегающих к заземлителям слоях грунта, конструкции заземлителей и их взаимного расположения.

Сопротивление грунта определяется величиной его удельного сопротивления и зависит от его состава и влажности (прил. 11.5).

Под удельным электрическим сопротивлением грунта принимается сопротивление куба с ребром 1 м, единица измерения Ом/м.

При проектировании заземляющих устройств необходимо в качестве расчетного брать возможное наибольшее в течение года значение удельного сопротивления земли, т. е. ориентироваться на худший случай. Однако измерение удельного сопротивления грунта в самое неблагоприятное время и при наиболее неблагоприятных условиях встречает на практике серьезные затруднения. Эти измерения производятся, как правило, в теплое время года и поэтому измеренное удельное сопротивление необходимо умножать на коэффициент сезонности ( $\Psi$ ), учитывающий возможное изменение сопротивления в течение года и увлажнения земли во время измерений (прил. 11.6).

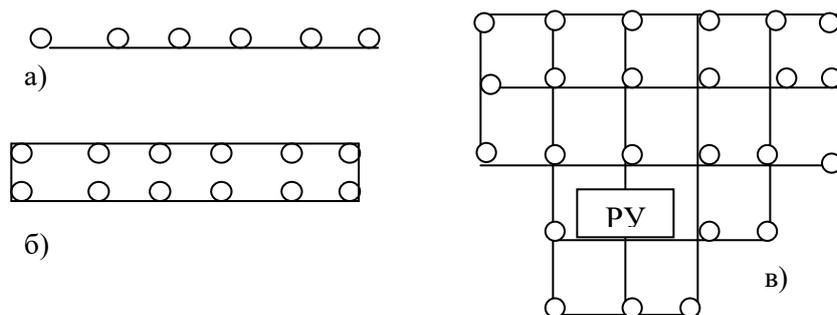


Рис. 11.8. Схемы заземления: а) вертикальные электроды размещены в ряд; б) размещены по контуру; в) сложный заземлитель в виде горизонтальной сетки с вертикальными электродами

При расчетах учитывается коэффициент использования вертикальных и горизонтальных заземлителей, величина которого является функцией отношения расстояния ( $\alpha$ ) между электродами к их длине  $L$ .

Значения этих коэффициентов приведены в таблицах (прил. 11.7, 11.8).

Согласно ПУЭ сопротивление заземления электроустановок должно измеряться не реже одного раза в год при наименьшей проводимости почвы. Результаты замеров регистрируются в специальном журнале.

### Экспериментальная часть

Работа по определению сопротивления растеканию электрического тока естественного и искусственного заземлителей, а также по определению удельного сопротивления грунта выполняется с использованием стенда (рис. 11.9) и измерителя заземления типа М416 (рис. 11.10).

Пределы измерения прибора М416 от 0,1 до 1000 Ом, потребляемый ток при напряжении 4,5 В не более 90 мА.

Принцип действия прибора для измерения сопротивления заземляющих устройств основан на методе амперметра – вольтметра (рис. 11.4 б). Вспомогательный заземлитель и зонд устанавливаются на таком расстоянии друг от друга и от испытуемого заземлителя ( $R_X$ ), чтобы их поля растекания не накладывались.

Измерительный ток ( $I_z$ ) проходит через испытуемое заземление ( $R_X$ ). Падение напряжения на этом заземлении измеряется вольтметром ( $V$ ), включенным между заземлителем  $R_X$  и зондом.

Обычно в приборах, работающих по принципу «амперметр – вольтметр» используется один показывающий прибор-логометр, в котором роль амперметра выполняет токовая, а вольтметра – потенциальная обмотка (рамки).

В измерителе М416<sub>214</sub> применена такая схема измерения с

компенсацией разбаланса при помощи реохорда  $R_{\text{реоx}}$ .

### Измерение сопротивления естественного заземлителя растеканию тока

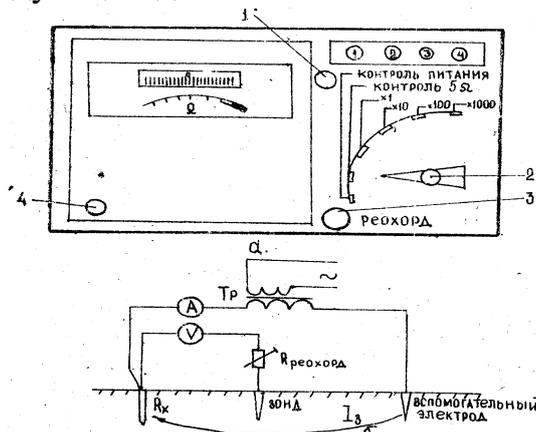
Клеммы прибора М416 соединяются по схеме рис. 11.9. Для этого переключатели S (1, 2, 3, 4) ставят в положение «1», а между клеммами «1» и «2» прибора ставится перемычка.

Производится контроль питания прибора М416 (рис. 11.9). Для этого переключатель 2 устанавливается в положение «контроль питания», ручка «чувствительность» 1 поворачивается в крайне правое положение (по ходу часовой стрелки), при нажатии кнопки 4 стрелка прибора должна отклониться в пределы окрашенной части шкалы. Если стрелка не отклоняется в окрашенный сектор, необходимо заменить источник питания.

Переключатель прибора 2 установить в положении «контроль» 5 Ом. При нажатой кнопке 4 и вращении рукоятки «реохорд» 3 стрелка выводится на «0». При этом значение на шкале реохорда не должно выходить за пределы  $(5 \pm 0,35)$  Ом.

### Определение сопротивления естественного заземлителя

Переключатель 2 прибора установить на первый диапазон («x1»). Нажать на кнопку 4 прибора и вращением ручки «реохорд» 3 вывести стрелку прибора на 0. Если на этом диапазоне измерение произвести невозможно (стрелка не выводится на «0»), кнопка отпускается, и прибор переключается на следующий диапазон.



11.9. Определение сопротивления естественного заземлителя:

а) общий вид; б) схема измерения сопротивления заземляющих устройств

Результат измерения сопротивления естественного заземлителя  $R_{\text{з.эст}}$  занести в таблицу 11.3.

Искусственные заземлители выполнены:

а) стальной стержень диаметром 18 мм, длиной 3 м от поверхности земли.

б) стальной стержень диаметром 12 мм, длиной 3 м, расстояние от поверхности земли до верхнего конца  $t_0 = 0,7$  м.

в) стальная полоса сечения  $48 \text{ мм}^2$ , длиной 3 м, расстояние от поверхности земли до плоскости  $t = 0,7$  м.

Определить расчетным путем (таблица, прил. 11.4) сопротивление одиночных заземлителей, принимая, что они находятся в однородном грунте – суглинках.

Для измерения сопротивления искусственных заземлителей прибором М 416 переключатели S2, S3, S4 оставить в прежнем положении, переключатель S1 поставить в положение «2». В этом случае к схеме измерения подключается заземлитель (а).

а) Переключатель 2 прибора М 416 установить на первый диапазон («x1») и вращением ручки «реохорд» при нажатой кнопке 4 стрелка выводится на «0». Если не удастся это сделать на первом диапазоне, прибор переключить на следующий («x5», «x20» и т. д.). Полученный результат по шкале реохорда умножается на соответствующий множитель. Результат заносится в табл. 11.3.

б) Переключатель S1 поставить в положение «4», при этом к схеме измерения подключается заземлитель (В). Повторить измерения согласно пункту 3.3.3.а. Результат заносится в табл. 11.4.

Сравнить полученные результаты с расчетными и сделать выводы.

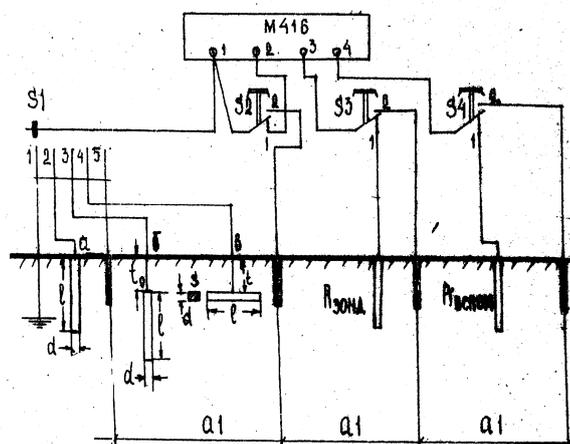


Рис. 11.10. Схема подключения заземлителей

### Определение удельного сопротивления грунта растеканию электрического тока

Удельное электрическое сопротивление грунта измеряется методом четырех электродов. При этом методе электроды устанавливаются на равных расстояниях (рис.11.9.б).216Крайние электроды соединяют с

токовыми зажимами измерителя заземления 1 и 4, средние - с потенциальными 2, 3. Удельное электрическое сопротивление грунта при этом

$$\rho_{\text{изм}} = 2\pi aR,$$

где  $R$  – показание прибора, Ом;

$a$  – расстояние между парой стержней (м).

При этом считается, что грунт однородный.

Для определения удельного сопротивления грунта растеканию тока перед окнами лаборатории в грунт через 7 м вбиты 4 стержня диаметром 18 мм, длиной 0,65 м, заглубленные на 0,15 м от поверхности земли, что не превышает  $1/20$  расстояния между стержнями, т. е.  $a/20 = 7/20 = 0,35$  м.

Провода от стержней подведены под панелью через переключатели  $S1 \div S4$  к клеммам прибора № 416.

Для измерения удельного сопротивления грунта переключатели  $S2 \div S4$  поставить в положение 2,  $S1$  - в положение 5.

Удельное сопротивление грунта получим из расчета

$$\rho_{\text{изм}} = 2\pi a1R \text{ (Ом/м)}.$$

Если при расчете конструкции заземления принять за основу найденное значение  $\rho_{\text{изм}}$ , то может оказаться, что после выполнения в натуре разработанной конструкции сопротивления заземления растеканию тока  $R_{\text{заземл}}$  будет выше установленных норм по ПУЭ, что недопустимо. Это может произойти в том случае, если удельное сопротивление определяется при большой влажности, а при его высыхании удельное сопротивление значительно увеличилось. Для исключения погрешностей в результате измерения удельного сопротивления грунта вследствие его высыхания в расчетные формулы подставляется не измеренное значение удельного сопротивления  $\rho_{\text{изм}}$ , а его расчетное значение  $\rho_{\text{расч}}$

$$\rho_{\text{расч}} = \rho_{\text{изм}} \cdot K,$$

где  $K$  – повышающий коэффициент.

Значение повышающего коэффициента  $K$  зависит от минерального состава грунта и его влажности (прил. 9).

Результат измерения заносится в табл. 11.3.

### Расчет заземляющего устройства

Расчет заземляющего устройства производится по заданию преподавателя, которое заносится в табл. 11.3.

Таблица 11.3

Таблица результатов расчетов

Климатическая зона РФ	Напряжение сети	Мощность потребителя кВА, ток замыкания $I_3$	Тип нейтрали напряжения п, с

### Порядок расчета искусственного заземлителя:

а) по заданным преподавателем условиям выбирается нормируемая величина сопротивления заземления  $R_{дон}$  (прил. 2);

б) определяется сопротивление искусственного заземлителя ( $R_u$ ). Считая, что искусственные и естественные заземлители соединены параллельно и общее их сопротивление не должно превышать  $R_{дон}$

$$R_u = \frac{R_e \cdot R_{дон}}{R_e - R_{дон}};$$

в) определяется сопротивление растеканию тока одиночного вертикального заземлителя. Согласно выбранной конструкции (прил.4) с учетом коэффициента сезонности  $\psi$  (прил. 6);

г) определяется количество заземлителей ( $n$ , шт)

$$n \geq \frac{R_{одиноч}}{R_{иск}};$$

д) определяется коэффициент использования заземлителей ( $\eta$ ) при предварительно найденном их количестве  $n$  (прил. 7);

е) уточняется число заземлителей ( $n'$ , шт) с учетом коэффициента их использования  $\eta$

$$n' = \frac{R_{одиноч}}{R_{иск} \cdot \eta};$$

ж) определяется длина полосы связи ( $L$ ), соединяющей электроды:  $L = 1,05 \cdot a \cdot (n-1)$  при выносном заземлении,  $L = 1,05 \cdot a \cdot n$  при контурном заземлении,  $n'$  - найденное число заземлителей;

з) определяется сопротивление полосы связи, проложенной в грунте

$$R_{полосы} = \frac{\rho_{расч} \cdot \Psi}{2\pi l} \cdot \ln \frac{2l^2}{h \cdot b},$$

где  $\Psi$  - коэффициент сезонности (прил. 6),  $h$  - глубина заложения, м,  $b$  - ширина полосы связи, м;

и) определяется общее сопротивление искусственного заземляющего устройства ( $R_{иск}$ , Ом)

$$R_{иск} = \frac{R_{одиноч} \cdot R_{полосы}}{n \cdot R_{полосы} \cdot \eta_{полосы} + R_{одиноч} \cdot \eta_{одиноч}};$$

к) определяется общее сопротивление искусственного и естественного заземления

$$R_{\text{общ}} = \frac{R_{\text{ест}} \cdot R_{\text{исх}}}{R_{\text{ест}} + R_{\text{исх}}},$$

где  $R_{\text{общ}}$  не должно превышать установленные нормы по ПУЭ (см. прил. 2).

### Содержание отчета

1. Краткие сведения о заземляющих устройствах.
2. Схемы измерения.
3. Результаты измерений и расчетов (табл. 11.1, 11.2. и 11.3.).
4. Чертеж схемы искусственного заземления.
5. Выводы.



Таблица 11.2

Сводная таблица расчетных и экспериментальных данных

Сопротивление естественного заземлителя, Ом	Сопротивление вертикального и искусственного заземления ( $R_{одиноч}$ , Ом)				Сопротивление горизонтального заземлителя ( $R_{полосы}$ , Ом)		Измеренное удельное сопротивление грунта ( $\rho_{изм}$ , Ом/м)	Расчетное удельное сопротивление грунта ( $\rho_{расч}$ , Ом/м)	Допустимое сопротивление заземления по ПУЭ ( $R_{доп}$ , Ом)	Коэффициент сезонности $\Psi$	Соотношение расстояния между электродами и их длиной ( $a/l$ ), м	Расчетное число вертикальных заземлителей $n^1$ , шт	Длина полосы связи $L$	Общее сопротивление заземляющего устройства ( $R_{общ}$ , Ом)	Сопротивление искусственного заземлителя ( $R_{исч}$ , Ом)
	а		б		Расч.	Изм.									
	Расч.	Изм.	Расч.	Изм.											

## Приложение 11.1

### Наибольшие допустимые значения сопротивлений заземляющих устройств в электроустановках

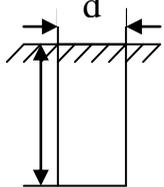
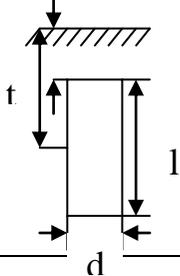
№ п/п	Характеристика установок	Наибольшее допустимое сопротивление заземляющих устройств, Ом
	Электроустановки напряжением выше 1000 В	
1.	Защитное заземление в установках с большими токами замыкания на землю (500 А и выше)	0,5
2.	Защитное заземление в установках с малыми токами замыкания на землю (до 500 А):	
	А. Без компенсации емкостных токов:	
	а) если заземляющее устройство одновременно используется для электроустановок до 1000 В;	125/I <sub>з</sub> , но не более 10, I <sub>з</sub> - расчетный ток замыкания на землю
	б) если заземляющее устройство используется только для установок выше 1000 В	250/I <sub>з</sub> , но не более 10
	Электроустановки напряжением до 1000 В	
3.	Установки с глухим заземлением нейтрали:	
	а) трехфазный ток 380 В	4
	б) трехфазный ток 220 В	8
4.	Установки с изолированной нейтралью:	
	а) защитное заземление при мощности генераторов и трансформаторов 100 кВА и менее	10
	б) защитное заземление в остальных случаях	4

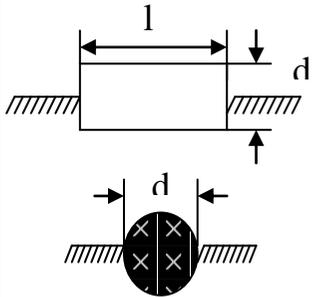
## Приложение 11.2

### Наименьшие размеры остальных заземлителей

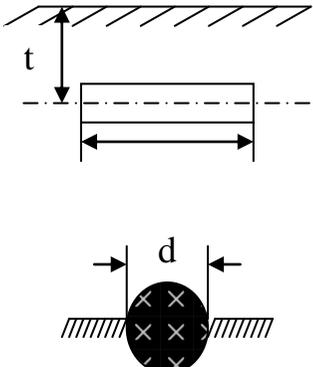
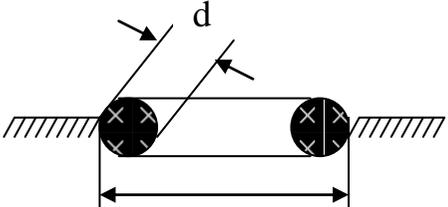
№ п/п	Сортамент металла	Наименьшие размеры		
		в зданиях	в наружных установках	в земле
1.	Стержни стальные круглые: диаметр, мм	5	6	6
2.	Полосы стальные прямоугольные: сечение, мм; толщина, мм	24	48 4	48 4
3.	Угловая сталь: толщина полок, мм	2	2,5	4
4.	Стальные газопроводные трубы: толщина стенок, мм	1,5	2,5	3,5
5.	Стальные тонкостенные трубы: толщина стенок, мм	1,5	Не допускается	

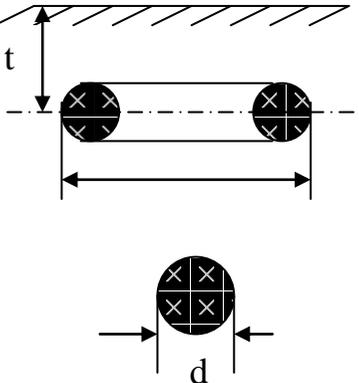
Формулы для вычисления сопротивления одиночных заземлителей растекания тока в однородном грунте

№ п/п	Тип заземлителя	Схема	Формулы с применением		Условия применения
			натуральных логарифмов	десятичных логарифмов	
1	Стержневой круглого сечения (трубчатый) или уголкового у поверхности земли		$R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{4l}{d}$	$R = \frac{0,366\rho}{l} \lg \frac{4l}{d}$	$l \gg d$
2	То же в земле		$R = \frac{\rho}{\lg \pi l} \left( \ln \frac{22}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right)$	$R = \frac{0,366\rho}{l} \cdot \left( \lg \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4t+l}{4t-l} \right)$	$l \gg d,$ $t_0 \gg 0,5 \text{ м}$ Для уголка с шириной полки

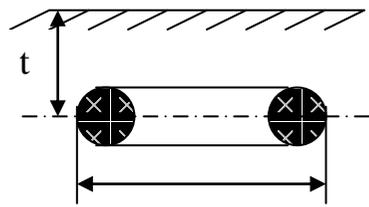
3	Протяженный на поверхности земли (стержень, труба, кабель и т.д.)		$R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{2l}{d}$	$R = \frac{0,732\rho}{l} \lg \frac{2l}{d}$	$l \gg d$ Для полосы шириной $b$ $d = 0,5 b$
---	---	---	--	--	--

Продолжение табл. 11.3

4.	То же в земле		$R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{l^2}{d \cdot t}$	$R = \frac{0,366\rho}{l} \lg \frac{l^2}{d \cdot t}$	$l \gg t,$ $l \gg d$ Для полосы шириной $b$ $b = \frac{d}{0,5}$
5.	Кольцевой на поверхности земли		$R = \frac{\rho}{\pi^2 D} \ln \frac{BD}{d}$	$R = \frac{0,366\rho}{D} \lg \frac{BD}{d}$	$D \gg d$ Для полосы шириной $b$ $d = 0,5 b$

6.	То же в земле		$R = \frac{\rho}{2\pi^2 D} \ln \frac{4\pi D^2}{dt}$	$R = \frac{0,366\rho}{D} \lg \frac{4\pi D^2}{dt}$	$D \gg d,$ $D \gg 2t$ Для полосы шириной $b$ $d=0,5 b$
----	------------------	---	---	---	--

Продолжение табл. 11.3

7.	Круглая пластина в земле		$R = \frac{\rho}{4D} \left( 1 + \frac{2}{\pi} \cdot \arcsin \frac{D}{\sqrt{16t^2 + D^2}} \right)$		$2t \gg D$
----	--------------------------------	---	---	--	------------

Приложение 11.4

Приближенное значение удельных электрических сопротивлений  
различных грунтов, Ом·м

№ п/п	Грунт, вода	Возможные пределы колебаний	При влажности 20%
----------	-------------	--------------------------------	-------------------

1.	Глина	8÷70	40
2.	Суглинок	40÷150	100
3.	Песок	400÷700	700
4.	Супесок	150÷400	300
5.	Торф	10÷30	20
6.	Чернозем	9÷53	20
7.	Садовая земля	30÷60	40
8.	Каменистый	500÷800	-
9.	Скалистый	10 <sup>4</sup> ÷10 <sup>7</sup>	-

Приложение 11.5

Признаки климатических зон для определения коэффициента сезонности  $\psi$

№ п/п	Характеристика климатической зоны	Климатические зоны РФ			
		I	II	III	IV
1.	Средняя многолетняя низшая температура (январь), °С	от -20 до -15	от -14 до -10	от -10 до 0	от 0 до +5
2.	Средняя многолетняя высшая температура (июль), °С	от 16 до 18	от 18 до 22	от 22 до 24	от 24 до 26
3.	Среднегодовое количество осадков, см	40	50	50	30÷50
4.	Продолжительность замерзания вод, дней	190÷170	150	100	0

Коэффициенты сезонности $\psi$ для однородной земли			
Климатическая зона	Состояние земли во время измерения ее сопротивления при влажности		
	повышенной	нормальной	малой
Вертикальный электрод длиной 3÷5 м			
I	1,9	1,7	1,5
II	1,7	1,5	1,3
III	1,5	1,3	1,2
IV	1,3	1,1	1,0
Вертикальный электрод длиной свыше 5 м			
I	1,5	1,4	1,3
II	1,4	1,3	1,2
III	1,3	1,2	1,1
IV	1,2	1,1	1,0
Горизонтальный электрод длиной 10 м			
I	9,3	5,5	4,1
II	5,9	3,5	2,6
III	4,2	2,5	2,0
IV	2,5	1,5	1,1
Горизонтальный электрод длиной 50 м			
I	7,2	4,5	3,6
II	4,8	3,0	2,4
III	3,2	2,0	1,6
IV	2,2	1,4	1,12

Приложение 11.6

Коэффициенты использования ( $\eta_v$ ) вертикальных электродов группового заземлителя (труб, уголков и т.п.) без учета влияния полосы связи

Число заземлителей	Отношение расстояний между электродами к длине					
	1	2	3	4	5	6
	Электроды размещены в ряд			Электроды размещены по контуру		
2	0,85	0,91	0,94	-	-	-
4	0,73	0,83	0,89	0,69	0,78	0,85

## Продолжение прилож. 11.6

6	0,65	0,77	0,85	0,61	0,73	0,80
10	0,59	0,74	0,81	0,56	0,68	0,76
20	0,48	0,67	0,76	0,47	0,63	0,71
40	-	-	-	0,41	0,58	0,66
60	-	-	-	0,39	0,55	0,64
100	-	-	-	0,39	0,52	0,62

## Приложение 11.7

Коэффициенты использования ( $\eta_r$ ) горизонтального полосового электрода, соединяющего вертикальные электроды (трубы, уголки и т.п.) грунтового заземлителя

Отношение расстояния между вертикальными электродами К их длине	Число вертикальных электродов							
	2	4	6	10	20	40	60	100
Вертикальные электроды размещены в ряд								
1	0,85	0,77	0,72	0,62	0,42	-	-	-
2	0,94	0,80	0,84	0,75	0,56	-	-	-
3	0,96	0,92	0,88	0,82	0,68	-	-	-
Вертикальные электроды размещены по контуру								
1	-	0,45	0,40	0,34	0,27	0,22	0,20	0,19
2	-	0,55	0,48	0,40	0,32	0,29	0,27	0,23
3	-	0,70	0,64	0,56	0,45	0,39	0,36	0,33

## Приложение 11.8

Значение повышающего коэффициента (К) для условий талых грунтов

№ п/п	Грунт	Глубина заложения, м	Значения		
			При большой влажности	При средней влажности	При сухом грунте
1	Суглинок	0,5-0,8	3,0	2,0	1,5
2	Суглинок	0,8-3,0	2,0	1,5	1,4
3	Садовая земля до глубины 0,6 м, ниже слоя глины	0-3	2,3	1,3	1,2
4	Гравий с примесью глины, ниже-глина	0-2	1,8	1,2	1,1
5	Гравий с примесью песка	0-2	1,5	1,3	1,2
6	Торф	0-2	1,4	1,1	1,0
7	Песок	0-2	2,4	1,6	1,2
8	Глина	0-2	2,4	1,4	1,2

## 12. ПОЖАРНАЯ ПРОФИЛАКТИКА

### 12.1. Процесс горения

Почти во всех производствах применяются вещества, способные воспламеняться и гореть, а в некоторых случаях - образовывать с воздухом взрывоопасные смеси.

**Горение** – быстропротекающая реакция окисления, сопровождающаяся выделением тепла и (обычно) света.

Химическая реакция горения всегда является сложной и состоит из ряда элементарных химических превращений. Химическое превращение при горении протекает одновременно с физическими процессами: переносом тепла и массы. Поэтому скорость горения всегда определяется как условиями тепло- и массопередачи, так и скоростью протекания химических превращений.

Для возникновения горения необходимо наличие: горючего вещества, окислителя и импульса. Импульсом может быть: открытый огонь, искра (электрическая, статическая или от удара металлических предметов, молния, нагрев вещества выше температуры его самовоспламенения и др.).

Горючие вещества бывают в трех агрегатных состояниях: твердом, жидком и газообразном (возможно и 4-ое состояние вещества - плазма).

При горении твердых материалов горючее вещество и воздух не перемешаны, имеют поверхность раздела, и горение протекает в так называемом **диффузионном режиме**, т.е. скорость реакции определяется скоростью подвода (отвода) продуктов реакции (лимитирующая стадия - диффузия).

Если молекулы кислорода хорошо перемешаны с горючим веществом - горение определяется кинетикой химической реакции (обмен электронами), а режим - кинетическим. Горение такой смеси может происходить в виде **взрыва**.

Причинами взрывов и пожаров могут быть не только халатное и небрежное обращение с открытым огнем, но и ошибки в проектировании, нарушение технологического процесса, неисправность, перегрузка или неправильное устройство электрических сетей, производственного оборудования, разряды статического электричества, неисправность установок и систем.

### 12.2. Показатели пожароопасности веществ

**Пожароопасность веществ и материалов** – совокупность их свойств, характеризующих их способность к возникновению и распространению горения. Следствием горения может быть пожар и взрыв.

Перечень показателей, характеризующих пожаро- взрывоопасность веществ приведен в табл. 12.1.

Таблица 12.1

## Показатели взрыво- пожароопасности веществ разных агрегатных состояний

Показатель	Агрегатное состояние			
	газы	жидкости	твердые	пыли
Группа горючести	+	+	+	+
Температура вспышки	–	+	+	–
Температура воспламенения	–	+	+	+
Температура самовоспламенения	+	+	+	+
Концентрационные пределы воспламенения	+	+	–	+
Температурные пределы воспламенения	–	+	–	–
Самовозгорание	–	–	+	+
Минимальная энергия зажигания	+	+	–	+
Способность взрываться и гореть при взаимодействии с водой, O <sub>2</sub> и др. веществами	+	+	+	+
Скорость распространения пламени	+	+	–	–
Скорость выгорания	–	+	–	–
Минимальное взрывоопасное содержание кислорода	+	+	–	+
Максимальное давление взрыва	+	+	–	+
Скорость нарастания давления	+	+	–	+

**Температура вспышки** ( $T_{всп}$ ) - наименьшая температура конденсированного вещества, при которой в условиях специальных испытаний над его поверхностью образуются пары, способные вспыхнуть в воздухе при поднесении к ним внешнего источника зажигания (пламени или нагретого до высокой температуры тела). Устойчивое горение при этом не устанавливается вследствие малой скорости испарения горючей жидкости. Температура вспышки показывает, при какой температуре вещество подготовлено к воспламенению и становится огнеопасным в открытом сосуде.

Согласно ГОСТ 12.1.004-85 в зависимости от температуры вспышки горючие жидкости подразделяются на:

- легковоспламеняющиеся (ЛВЖ) с температурой вспышки не выше 61<sup>0</sup>С (в закрытом тигле) или не выше 66<sup>0</sup>С (в открытом тигле);
- горючее (ГЖ) с температурой вспышки паров выше, соответственно, 61 и 66<sup>0</sup>С.

ЛВЖ в свою очередь делятся на три разряда:

- а) особо опасные ЛВЖ - имеющие температуру вспышки от -18<sup>0</sup>С и ниже в закрытом тигле или - 13<sup>0</sup>С и ниже в открытом;
- б) постоянно опасные ЛВЖ - имеющие температуру вспышки выше - 18<sup>0</sup>С до +23<sup>0</sup>С в закрытом тигле или выше -13<sup>0</sup>С до +27<sup>0</sup>С - в открытом;
- в) опасные при повышенной температуре ЛВЖ. К данному разряду относятся жидкости с температурой вспышки более +23<sup>0</sup>С до +61<sup>0</sup>С

включительно (в закрытом тигле) или более  $+27^{\circ}\text{C}$  до  $+66^{\circ}\text{C}$  - в открытом.

**Температура воспламенения** ( $T_{\text{воспл}}$ ) - наименьшая температура вещества, при которой в условиях специальных испытаний оно выделяет горючие пары и газы с такой скоростью, что при воздействии на них источника зажигания наблюдается способность воспламениться при поднесении внешнего источника воспламенения.

Разница между температурой вспышки и воспламенения для ЛВЖ составляет  $1-2^{\circ}\text{C}$ , для ГЖ - до  $10-15^{\circ}\text{C}$  и более.

Горение сопровождается выделением тепла, продуктов сгорания и свечением.

Для устойчивого горения необходимо, чтобы теплообразование при этом процессе было больше теплоотдачи в окружающую среду. Если в результате горения образуются газы, то горение сопровождается пламенем.

Процесс воспламенения горючих газов и жидкостей без поднесения к ним открытого огня, а только под влиянием внешнего воздействия тепла называется **самовоспламенением**.

**Температура самовоспламенения** – самая низкая температура вещества, при которой происходит резкое увеличение скорости экзотермической реакции, заканчивающейся пламенным горением.

**Взрыв** - процесс чрезвычайно быстрого, под влиянием внешнего источника воспламенения, химического превращения вещества, сопровождающегося выделением газов и большого количества тепла, нагревающего эти газы до высокой температуры, в результате чего газы совершают работу.

Взрывная способность горючих газов, паров и пыли в воздухе сохраняется в определенных интервалах их концентраций. Существуют нижние и верхние концентрационные и температурные пределы распространения пламени.

**Нижний (верхний) концентрационные пределы распространения пламени (НКПРП и ВКПРП)** - минимально (максимальное) содержание горючего вещества в однородной смеси с окислительной средой, при которой возможно распространение пламени по смеси на любое расстояние от источника зажигания.

Невозможность воспламенения горючей смеси при концентрации ниже НКПРП объясняется малым количеством горючего вещества и избытком воздуха. Чем меньше коэффициент избытка воздуха, тем больше скорость горения и выше давление паров при взрыве.

Верхний концентрационный предел распространения пламени (ВКПРП) характеризуется избытком горючего и малым количеством воздуха.

Чем ниже НКПРП и больше концентрационная область распространения пламени, тем большую пожарную опасность они

представляют.

В первом случае взрыв не происходит из-за недостатка горючего вещества, во втором - из-за недостатка воздуха (кислорода), необходимого для окисления горючего вещества.

**Температурные пределы воспламенения** паров в воздухе определяются температурами вещества, при которых его насыщенные пары образуют концентрации, соответствующие нижнему и верхнему концентрационным пределам воспламенения.

## 12.2. Категории помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности

В соответствии с общесоюзными нормами технологического проектирования (НПБ 105-95) все производственные здания и помещения по взрывопожарной опасности подразделяются на категории А, Б, В1 - В4, Г и Д (табл. 12.2).

Таблица 12.2

Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности (по НПБ 105-95)

Категория помещен.	Характеристика веществ и материалов, находящихся (образующихся) в помещении
А взрывопожароопасная	Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28°С в таком количестве, что могут образовать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа. Вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа.
Б взрывопожароопасная	Горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28°С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа.
В1-В4 пожароопасная	Горючие и трудно горючие жидкости, твердые горючие и трудно горючие вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или применяются, не относятся к категориям А или Б.
Г	Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени; горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива.
Д	Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии.

Категории В1-В4 определяются величиной удельной пожарной нагрузки  $g$  в МДж/м<sup>2</sup>:

$$g=Q/S,$$

где  $Q$  – пожарная нагрузка, МДж;  $S$  – площадь размещения пожарной нагрузки,  $m^2$  (но не менее  $10 m^2$ ).

$$\text{Пожарная нагрузка } Q = \sum_{i=1}^n G_i \cdot Q_{ni}^p,$$

где  $G_i$  – количество  $i$ -го материала пожарной нагрузки, кг;

$Q_{ni}^p$  – низшая теплота сгорания  $i$ -го материала пожарной нагрузки, МДж/кг.

Для категории В1  $g > 2200$  МДж/ $m^2$ ; В2:  $1401 < g < 2200$ ; В3:  $181 < g < 1400$ ; В4:  $1 < g < 180$ .

Категория зданий определяется путем последовательной проверки принадлежности помещения к категориям от высшей (А) к низшей (Д). Категорию зданий определяют согласно следующим рекомендациям:

**Здание относится к категории А**, если в нем суммарная площадь помещений категории А превышает 5% площади всех помещений или  $200 m^2$ . Допускается не относить здание к категории А, если суммарная площадь помещений категории А зданий не превышает 25% суммарной площади всех размещенных в нем помещений (но не более  $1000 m^2$ ), если эти помещения оборудуются установками автоматического пожаротушения.

**Здание относится к категории Б**, если одновременно выполнены два условия:

- а) здание не относится к категории А;
- б) суммарная площадь помещений категории А и Б превышает 5% суммарной площади всех помещений или  $200 m^2$ .

Допускается не относить здание к категории Б, если суммарная площадь помещений категории А и Б в здании не превышает 25% суммарной площади всех размещенных в нем помещений (но не более  $1000 m^2$ ), и эти помещения оборудуются установками автоматического пожаротушения.

**Здание относится к категории В**, если одновременно выполнены два условия:

- а) здание не относится к категории А или Б;
- б) суммарная площадь помещений категории А, Б, В превышает 5% (10%, если в зданиях отсутствуют помещения категории А и Б) суммарной площади всех помещений.

Допускается не относить здание к категории В, если суммарная площадь помещений категории А, Б, В не превышает 25% суммарной площади всех размещенных в нем помещений (но не более  $3500 m^2$ ) и эти помещения оборудуются установками автоматического пожаротушения.

**Здание относится к категории Г**, если одновременно выполняются два требования:

- а) здание не относится к категории А, Б, В;
- б) суммарная площадь помещений категории А, Б, В и Г превышает 5% суммарной площади всех помещений.

Допускается не относить здание к категории Г, если суммарная площадь помещений категории А, Б, В и Г в здании не превышает 25% суммарной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 5000м<sup>2</sup>) и помещения категории А, Б, В оборудуются установками автоматического пожаротушения.

Здание относится к категории Д, если оно не относится к категориям А, Б, В и Г.

На объектах разных категорий возникновение отдельных пожаров будет зависеть от степени огнестойкости зданий, а образование сплошных пожаров – от плотности застройки.

Под **огнестойкостью** понимают способность строительных конструкций сопротивляться возникновению высокой температуры в условиях пожара и выполнять при этом свои обычные эксплуатационные функции.

**Предел огнестойкости** – время (в минутах) наступления одного или последовательно нескольких нормируемых для данной конструкции признаков предельных состояний:

**потеря несущей способности** – обрушение конструкции или возникновение предельных деформаций, обозначается индексом **Р**.

**потеря целостности** – проникновение продуктов сгорания за изолирующую преграду, обозначается индексом **Е**.

**потеря теплоизолирующей способности** – повышение температуры на не обогреваемой поверхности конструкции в среднем более чем на 140° или в любой точке поверхности более чем на 180° и обозначается индексом **Ж**.

При этом предел огнестойкости окон устанавливается только по времени потери целостности (Е).

Здания и пожарные отсеки (части здания, выделенные пожарными стенами) согласно СНиП 21-01-97, подразделяются на I, II, III, IV и V степени огнестойкости (см. табл. 12.3).

Таблица 12.3

Степени огнестойкости зданий

Степень огнестойкости здания	Несущие элементы здания	Пределы огнестойкости строительных конструкций не менее					
		Наружные несущие стены	Перекрытия междуэтажные	Элементы бесчердачных покрытий		Лестничные клетки	
				настилы	фермы, балки, прогоны	внутренние стены	марши и площадки и лестниц
I	R 120	E 30	REI 60	RE 30	R 30	REI 120	R 60
II	R 90	E 15	REI 45	RE 15	R 15	REI 90	R 60
III	R 45	E 15	REI 45	RE 15	R 15	REI 60	R 45
IV	R 15	E 15	REI 15	RE 15	R 15	REI 45	R 15

V	не нормируется
---	----------------

К несущим элементам здания относятся конструкции, обеспечивающие его общую устойчивость и герметическую неизменяемость при пожаре - несущие стены, рамы, колонны, балки, фермы, арки и т.п.

Пределы огнестойкости заполнения проемов (дверей, ворот, окон) не нормируются.

Если минимальный предел огнестойкости указан R 15 (RE 15, REI 15) допускается применять незащищенные стальные конструкции, независимо от их фактического предела огнестойкости, но не менее R 8.

### 12.3 Огнестойкость строительных конструкций

**Строительные материалы** согласно СНиП 21.01-97 подразделяются на две группы: негорючие (НГ) и горючие (Г) (табл. 12.4).

**Негорючие** материалы под действием огня или высокой температуры не воспламеняются, не тлеют и не обугливаются (минеральные).

**Горючий** материал под воздействием огня или высокой температуры воспламеняется, обугливается или тлеет и продолжает гореть, тлеть или обугливаться после удаления источника зажигания (органические).

Горючие строительные материалы, согласно ГОСТ 30244, подразделяются на четыре группы:

- Г1 (слабогорючие);
- Г2 (умеренногорючие);
- Г3 (нормальногорючие);
- Г4 (сильногорючие).

Таблица 12.4

Характеристика групп горючести строительных материалов

Группа горючести материалов	Параметры горючести			
	Температура дымовых газов, t, °C	Степень повреждения по длине, S <sub>i</sub> , %	Степень повреждения по массе, S <sub>T</sub> , %	Продолжительность самостоятельного горения, T <sub>сг</sub>
Г1	< 135	< 65	< 20	0
Г2	< 235	< 85	< 50	< 30
Г3	< 450	> 85	< 50	< 300
Г4	> 450	> 85	> 50	> 300
НГ	Прирост температуры в печи за счет горения образца не превысил 50°C, а продолжительность устойчивого пламенного горения не более 10 мин			

**Определение горючести строительных материалов проводят экспериментально.**

Для отделочных материалов кроме горючести вводится понятие величины критической поверхностной плотности теплового потока (КППТ), при которой возникает устойчивое пламенное горение материала (ГОСТ 30402–96). В зависимости от значения **КППТ** все материалы подразделяются на три группы воспламеняемости:

В1 (трудновоспламеняемые) – КППТ равна или больше 35 кВт/м<sup>2</sup>;

В2 (умеренновоспламеняемые) – КППТ > 20, но < 35 кВт/ м<sup>2</sup>;

В3 (легковоспламеняемые) КППТ <20 кВт/ м<sup>2</sup>;

Горючие строительные материалы **по распространению пламени по поверхности**, согласно ГОСТ 30444, подразделяются на четыре группы:

РП1 (нераспространяющие);

РП2 (слабораспространяющие);

РП3 (умеренно распространяющие);

РП4 (сильнораспространяющие).

Горючие строительные материалы **по дымообразующей способности**, согласно ГОСТ 12.1.044, подразделяются на три группы:

Д1 (с малой дымообразующей способностью);

Д2 (с умеренной дымообразующей способностью);

Д3 (с высокой дымообразующей способностью).

Горючие строительные материалы по токсичности продуктов горения, согласно ГОСТ 12.1.044, подразделяются на четыре группы:

Т1 (малоопасные);

Т2 (умеренно опасные);

Т3 (высокоопасные);

Т4 (чрезвычайно опасные).

**По пожароопасности**, согласно ГОСТ 30403, строительные конструкции подразделяются на четыре класса:

К0 (непожароопасные);

К1 (малопожароопасные);

К2 (умеренно пожароопасные);

К3 (пожароопасные).

Класс пожароопасности определяется по табл. 12.5.

Таблица 12.5

Класс пожароопасности конструкции	Допустимый размер повреждения конструкции, см		Наличие		Дополнительные характеристики поврежденного материала		
	вертикальные	горизонтальные	Теплового эффекта	горения	Группа		
					горючести	воспламеняемости	дымообразующей способности
К0	0	0	Н.Д.	Н.Д.	–	–	–

K1	До 40	До 25	Н.Д. Н.Р.	Н.Д. Н.Р.	Н.Р. Г2	Н.Р. В2	Н.Р. Д2
K2	>40, но до 80 «	>25, но до 50 «	Н.Д. Н.Р.	Н.Д. Н.Д.	Н.Р. Г3	Н.Р. В3	Н.Р. Д2
K3				Н.Р.			

Примечание: Н.Д. – не допускается; Н.Р. – не регламентируется.

Здания и пожарные отсеки по конструктивной пожарной опасности подразделяются на классы, согласно табл.12.6.

Таблица 12.6

### Классы конструктивной пожарной опасности здания

Класс конструктивной пожарной опасности здания	Класс пожарной опасности строительных конструкций				
	Несущие элементы (колонны, фермы и др.)	Стены наружные с внешней стороны	Стены, перегородки, перекрытия и бесчердачные покрытия	Стены лестничных клеток и противопожарные преграды	Марши и площадки лестниц и лестничных клеток
С0	К0	К0	К0	К0	К0
С1	К1	К2	К1	К0	К0
С2	К3	К3	К2	К1	К1
С3	Не нормируется			К1	К3

Здания по функциональной пожарной опасности подразделяются на классы в зависимости от способа их использования и безопасности людей в случае возникновения пожара.

**Ф1.** Для постоянного и временного проживания.

**Ф2.** Зрелищные и культурно-просветительные учреждения (Ф2.1 – театры, кинотеатры, библиотеки; Ф2.2 – музеи, выставки, танцевальные залы; Ф2.3 и Ф2.4 – учреждения соответственно Ф2.1 и Ф2.2, расположенные на открытом воздухе).

**Ф3.** Предприятия по обслуживанию населения (Ф3.1 -торговли; Ф3.2 - общественного питания; Ф3.3 - вокзалы; Ф3.4 - поликлиники и амбулатории; Ф3.5 - помещения посетителя предприятий бытового обслуживания; Ф3.6 - физкультурно-оздоровительные комплексы.

**Ф4.** Учебные заведения, научные и проектные организации, учреждения управления (Ф4.1 - школы, внешкольные учебные заведения; 4.2 - Вузы; Ф4.3 - органы управления, проектно-конструкторские организации, Ф4.4 - пожарные депо);

**Ф5.** Производственные и складские здания.

- Ф5.1 – производственные и лабораторные помещения
- Ф5.2 – складские здания и помещения, стоянки автомобилей без

технического обслуживания, книгохранилища, архивы;

- Ф5.3 – сельскохозяйственные здания.

Производственные и складские помещения, лаборатории и мастерские в зданиях классов Ф1, Ф2, Ф3, Ф4, относятся к классу Ф5.

По масштабам и интенсивности пожары можно подразделить на:

- отдельный пожар, возникающий в отдельном здании (сооружении) или в небольшой изолированной группе зданий;
- сплошной пожар, характеризующийся одновременно интенсивным горением преобладающего числа зданий и сооружений на определенном участке застройки (более 50%);
- огневой шторм, особая форма распространяющегося сплошного пожара, образующаяся в условиях восходящего потока нагретых продуктов сгорания и быстрого поступления в сторону центра огневого шторма значительного количества свежего воздуха (ветер со скоростью 50 км/ч);
- массовый пожар, образующийся при наличии в местности совокупности отдельных сплошных пожаров.

Распространение пожаров и превращение их в сплошные определяется плотностью застройки территории объекта. О влиянии плотности размещения можно судить по ориентировочным данным, приведенным ниже:

Расстояние между зданиями, м	0	5	10	15	20	30	40	50	70	90
Вероятность распространения пожара, %	100	87	66	47	27	23	9	3	2	0

Быстрое распространение пожара возможно при следующих сочетаниях степени огнестойкости и плотности застройки: для зданий I и II степени огнестойкости плотность застройки должна быть не более 30%; для зданий III степени – 20%; для зданий IV и V степени - не более 10%.

Влияние трех факторов (плотности застройки, степени огнестойкости и скорости ветра) на скорость распространения огня можно проследить на следующих цифрах:

1) при скорости ветра до 5 м/с в зданиях I и II степени огнестойкости скорость распространения пожара составляет примерно 120 м/ч; в зданиях IV степени огнестойкости – примерно 300 м/ч, а в случае сгораемой кровли до 900 м/ч;

2) при скоростях ветра до 15 м/с в зданиях I и II степени огнестойкости скорость распространения пожара достигает 360 м/с.

## 12.4 Пожарная сигнализация

Для защиты объектов от пожаров используется сигнализация и средства пожаротушения.

**Пожарная сигнализация** должна быстро и надежно подавать сигнал

о пожаре. Электрическая пожарная сигнализация включает пожарные извещатели, установленные в защищаемых помещениях, приемно-контрольную станцию, источник питания, звуковые и световые средства сигнализации, а также автоматические установки пожаротушения и дымоудаления.

Важнейшим элементом системы являются пожарные извещатели. Извещатели делятся на ручные (кнопочные) и автоматические. В зависимости от датчика извещатели подразделяются на световые, тепловые, дымовые и комбинированные.

**Дымовые извещатели** в качестве чувствительного элемента имеют фотоэлемент, ионизационные камеры или дифференциальное фотореле.

**Световые извещатели** имеют датчики, реагирующие на ультрафиолетовую или инфракрасную область спектра.

**Тепловые извещатели** в качестве чувствительного элемента имеют терморпару, биметаллическую пластину или полупроводник.

#### **Предотвращение распространения пожара достигается:**

- предотвращением распространения горения в технологическом оборудовании и коммуникациях;
- ограничением применения сгораемых веществ и материалов в технологических процессах;
- применением не распространяющих горение строительных материалов и конструкций;
- разделением различных по пожарной опасности процессов;
- ограничением размеров зданий и пожарных отсеков;
- повышением пределов огнестойкости и снижением горючести ограждающих и несущих строительных конструкций;
- использованием противопожарных преград;
- защитой проемов, устройством преград в коммуникациях, заделкой стыков;
- использованием первичных, автоматических и привозных средств пожаротушения, а также систем обнаружения и сигнализации о пожаре;
- устройством противопожарных разрывов и преград между зданиями;
- использованием противопожарного водопровода;
- обеспечением доступа пожарных к возможным очагам пожара.

### **12.5. Выбор соотношения между функциональной пожарной опасностью, степенью огнестойкости и классом конструктивной пожарной опасности**

Минимизация суммы экономического ущерба и затрат на противопожарную защиту в строительных решениях зданий и сооружений обеспечивается в первую очередь соответствием степени огнестойкости и класса конструктивной пожарной опасности классу функциональной

пожарной опасности.

В табл. 12.7 приведены примеры конструктивных решений зданий, соответствующих нормативным степеням огнестойкости и классу конструктивной пожарной опасности.

Таблица 12.7

Примеры конструктивного решения	Степень огнестойкости	Класс конструктивной пожарной опасности
1	2	3
Несущие и ограждающие конструкции из натуральных или искусственных каменных материалов, бетона или железобетона с применением листовых и плитных негорючих материалов.		CO
Несущие конструкции из натуральных или искусственных каменных материалов, бетона или железобетона.	I	C1
Ограждающие конструкции с применением материалов группы Г2, защищенных от огня и высоких температур, класса пожарной Опасности К1 междуэтажных перекрытий в течение 60 мин, наружных стен и бесчердачных покрытий в течение 30 мин. Стены наружные с внешней стороны могут быть с применением материалов группы Г3		C2
Несущие элементы из натуральных или искусственных каменных материалов, бетона или железобетона, а также из стальных конструкций с огнезащитой, обеспечивающей предел огнестойкости 45.		C0
Ограждающие конструкции с применением листовых и плитных негорючих материалов.	II	C1
Несущие элементы из натуральных или искусственных каменных материалов, бетона или железобетона, а также из стальных конструкций с огнезащитой, обеспечивающей предел огнестойкости 45.		
Ограждающие конструкции из панелей или поэлементной сборки, выполненные с применением материалов класса Г2, имеющие требуемый предел огнестойкости и класс пожарной опасности К1 перекрытий в течение 45 мин, покрытий и стен — в течение 15 мин. Наружная облицовка стен возможна из материалов группы Г3.		
Несущие элементы из цельной или клееной древесины, подвергнутой огнезащите, обеспечивающей предел огнестойкости 45 и класс пожарной опасности К2 в течение 45 мин.		C2

<p>Ограждающие конструкции из панелей или поэлементной сборки, выполненные с применением материалов класса Г2, имеющие требуемый предел огнестойкости и класс пожарной опасности К2 перекрытий в течение 45 мин, покрытий и стен — в течение 15 мин. Наружная облицовка стен возможна из материалов группы Г4.</p> <p>Несущие стержневые элементы из стальных незащищенных конструкций, стены, перегородки, перекрытия и покрытия из негорючих листовых или плитных материалов с негорючим утеплителем.</p> <p>Несущие элементы из стальных незащищенных конструкций.</p>	III	C0  C1
Продолжение табл. 12.7		
1	2	3
<p>Несущие элементы из цельной или клееной древесины и других горючих материалов, с огнезащитой, обеспечивающей предел огнестойкости 15 и класс пожарной опасности К1 в течение 15 мин.</p> <p>Стены, перегородки, перекрытия и покрытия из негорючих листовых материалов с утеплителем из материалов групп Г1, Г2, класса пожарной опасности К1 в течение 45 мин для перекрытий и 15 мин — для стен и бесчердачных покрытий.</p> <p>Несущие элементы из цельной или клееной древесины или других горючих материалов, имеющие предел огнестойкости 15. Стены, перегородки, перекрытия и покрытия из листовых материалов и с утеплителем из материалов группы Г3</p> <p>Несущие и ограждающие конструкции, имеющие предел огнестойкости менее 15, с применением материалов групп Г1 и Г2.</p> <p>Несущие и ограждающие конструкции из древесины, подвергнутой огнезащитной обработке или других материалов группы Г3.</p> <p>Несущие и ограждающие конструкции из древесины или других материалов группы Г4</p>	IV	C2  C1  C2  C3

При отсутствии технико-экономического обоснования соотношение степени огнестойкости, класса конструктивной пожарной опасности здания, пожарной нагрузки, числа этажей и площади пожарных отсеков следует принимать в соответствии с табл. 12.9 – 12.11.

### **12.6. Технические средства ограничения распространения и тушения пожара**

Ограничение распространения пожара техническими средствами осуществляется при выполнении ими следующих функций:

- изоляция очага горения от воздуха или снижение концентрации кислорода разбавлением негорючими газами до значения, при котором

не происходит горение;

- охлаждение очага горения, технологического оборудования до температуры ниже определенного предела, при котором прекращается распространение горения;
- интенсивное торможение скорости химических реакций в пламени;
- механический срыв пламени сильной струей огнетушащего средства;
- создание условий огнепреграждения.

При выборе технических средств учитываются:

- физико-химические свойства горящих материалов, отсутствие их реакции со средствами тушения;
- величины пожарной нагрузки и ее размещения;
- скорости выгорания пожарной нагрузки;
- скорости распространения горения по пожарной нагрузке и по зданию;
- газообмена очага пожара с окружающей средой и с атмосферой;
- теплообмена между очагом пожара с окружающими материалами и конструкциями;
- размещение и формы очага пожара и помещения, в котором произошел пожар;
- метеорологических условия.

Для ликвидации и ограничения распространения пожаров следует применять: первичные средства - переносные и возимые огнетушители, размещаемые в зданиях пожарные краны, стационарные - с запасом огнетушащих веществ, ручные или автоматические, лафетные стволы, передвижные - различные пожарные автомобили.

Использование средств пожаротушения следует осуществлять с учетом возможной порчи ими ценностей, повреждения элементов здания, загрязнения окружающей среды.

Здания и помещения должны оборудоваться средствами пожаротушения и сигнализации о пожаре.

## 12.7. Средства пожаротушения

Для ликвидации процесса горения необходимо прекратить подачу в зону горения горючего вещества и окислителя или снизить их поступление до значений, при которых горение не произойдет. Это достигается охлаждением зоны горения ниже температуры самовоспламенения или понизить температуру горящего вещества ниже температуры воспламенения; разбавить реагирующие вещества негорючими веществами; изолировать горючие вещества от зоны горения.

К огнетушащим веществам относят воду, пены, инертные газы, галогеноуглеводородные, порошковые и комбинированные составы.

**Вода** – наиболее распространенное и дешевое средство. Она обладает высокой теплоемкостью (теплота парообразования 2258 Дж/г),

повышенной термической стойкостью. При испарении 1 л воды образуется 1700 л пара. Воду применяют для тушения твердых горючих материалов, создания водяных завес и охлаждения объектов, расположенных вблизи очага горения.

Водой, из-за ее электропроводности, нельзя тушить электрооборудование. Ее не используют для тушения легких нефтепродуктов, т.к. они всплывают и продолжают гореть.

Воду подают в очаг горения в виде сплошных и распыленных струй. Сплошной струей сбивают пламя. Ее используют, когда к зоне горения трудно добраться и для охлаждения соседних с горящим объектом металлоконструкций.

Тушение распыленной струей более эффективно, вследствие лучшей ее испаряемости.

Для тушения ГЖ (ДТ, керосина, масел и др.) применяют распыленную воду в виде капельных струй, с их размером от 0,3 до 0,8 мм. Наилучший эффект для тушения ЛВЖ достигается мелкораспыленными и туманообразными водяными струями.

При введении в воду от 0,2 до 2,0% поверхностно-активных веществ (смачивателей) расход воды снижается в 2 – 2,5 раза.

При добавлении к воде 5 – 10% галогенированных углеводородов (бромэтила, тетрафтордибромэтана и др.) эффект тушения увеличивается за счет их ингибирующего действия.

Пена (химическая и воздушно-механическая) используется для тушения твердых веществ и ЛВЖ.

**Химическая пена** образуется в результате реакции между щелочью и кислотой в присутствии пенообразователя. Ее состав: 80% CO<sub>2</sub>, 19,7% H<sub>2</sub>O и 0,3% пенообразователя.

**Воздушно-механическая пена** получается смешиванием воды, пенообразователя и воздуха. Огнетушащие свойства пены определяются ее кратностью. **Кратность пены** это отношение объема пены к объему раствора, из которого она образована. Пены бывают низкократные – с кратностью от 8 до 40, средней кратности – от 40 до 120 и высокократные – свыше 120. Состав пены низкой кратности: 90% воздуха, 9,7% H<sub>2</sub>O и 0,2–0,4% пенообразователя.

Для тушения пожаров ГЖ и ЛВЖ применяют воздушно-механическую пену средней кратности. Высоккратную пену используют в подвалах и других замкнутых объемах, а также для тушения разлитых в небольших количествах жидкостей.

Стойкость пены характеризуется ее сопротивляемостью процессу разрушения, высокократные пены менее стойки.

**Инертные разбавители** – водяной пар, диоксид углерода, азот, аргон, дымовые газы, летучие ингибиторы (галогеносодержащие вещества).

**Водяной пар** применяют для тушения пожаров в помещениях небольшого объема и создания паровых завес на открытых технологических площадках. Огнетушащая концентрация пара составляет 35% (об).

**Диоксид углерода** применяют для тушения ЛВЖ, электрооборудования, на аккумуляторных станциях. Для подачи CO<sub>2</sub> применяют огнетушители и стационарные установки. Тушение пожара основано на разбавлении концентрации кислорода в зоне горения.

**Порошковые составы** сбивают и ингибируют пламя. Их используют для тушения электрооборудования, пирофорных соединений. Наиболее распространены порошковые составы на основе бикарбоната и карбоната натрия и калия, аммонийных солей фосфорной кислоты, силикагеля.

Выбор средств пожаротушения сводится к обеспечению надежного тушения при наименьших затратах.

Для объектов, в которых применяется большое количество ЛВЖ и в которых нельзя осуществить объемное тушение, целесообразно использовать стационарные пенные и порошковые установки.

В табл. 12.8 приведены классы пожаров и средств их тушения.

Таблица 12.8

Классы пожаров и рекомендуемые огнетушащие средства

Класс пожара	Характеристика горючей среды или объекта	Огнетушащие средства
А	Обычные твердые горючие материалы (бумага, дерево, ткань и др.)	Все виды огнетушащих средств (прежде всего вода)
В	Горючие жидкости (бензин, лаки, масла, растворители и др.), плавящиеся при нагревании материалы	Распыленная вода, все виды пен, составы на основе галогенов, порошки
С	Горючие газы (метан, пропан, водород, ацетилен и др.)	Газовые составы: инертные разбавители (CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> ), галогеноуглеводороды, порошки, вода (для охлаждения)
Д	Металлы и их сплавы (К, Na, Al, Mg и др.)	Порошки (при спокойной подаче на горячую поверхность)
Е	Электроустановки, находящиеся под напряжением	Галогеноуглеводороды, диоксид углерода, порошки

### 12.8.1. Установки пожаротушения

Установки водяного пожаротушения. Для подачи воды при тушении пожара используют пожарные стволы или оросители, которыми можно создавать сплошные, капельные, распыленные и мелкораспыленные водя-

ные струи.

Для тушения пожаров водой применяют установки водяного пожаротушения, пожарные автомашины и водяные стволы (ручные и лафетные). Наиболее широкое распространение получили спринклерные и дренчерные установки.

**Спринклерные установки** представляют собой разветвленные трубопроводы, размещенные под потолком помещения, в которые вмонтированы спринклера, орошающие от 9 до 12 м<sup>2</sup> площади пола.

Выходное отверстие спринклерной головки закрыто легкоплавким замком с температурой плавления 72 °С. В спринклерных установках вскрываются лишь те головки, которые оказались в зоне высокой температуры пожара. Они включаются через 2-3 мин. после повышения температуры.

**Дренчерные установки** представляют собой трубопроводы заполненные водой до штуцеров дренчеров. Дренчерные головки включаются автоматически или вручную одновременно. Их используют для орошения.

**Установки водопенного тушения.** Для тушения пожаров пены применяются передвижные средства (ручные пенные стволы, пеноподъемники, пеногенераторы и др.), полустационарные (пенокамеры), стационарные генераторы и автоматические стационарные установки.

Установка пенного тушения автоматически включает подачу раствора пенообразователя в генераторы, где образуется пена.

**Установки газового пожаротушения** могут быть объемного и локального пожаротушения (по объему и по площади). В помещениях объема до 3000 м<sup>3</sup> применяют объемные тушения газовыми составами (СО<sup>2</sup>, N<sub>2</sub> и Ar), а объемом до 6000 м<sup>3</sup> - фреон.

Для тушения локальных очагов горения применяют ручные огнетушители (типа ОУ) и передвижные (типа УП).

### **12.10. Помещения, здания и сооружения производственного и складского назначения (класс Ф5)**

Степень огнестойкости, класс конструктивной пожарной опасности зданий, допустимое число этажей и площадь этажа здания в пределах пожарного отсека следует принимать в соответствии с табл. 12.9 – 12.11.

При оборудовании помещений установками автоматического пожаротушения указанные в табл. 12.9 - 12.11 площади этажей допускается увеличивать на 100 %, за исключением зданий III и IV степеней огнестойкости.

Таблица 12.9

Категория зданий или	Допустимое число	Степень огнестой-	Класс конструктивной	Площадь этажа в пределах пожарного отсека, м <sup>2</sup> , зданий*
----------------------	------------------	-------------------	----------------------	---

пожарных отсеков	этажей	кости зданий	пожарной опасности зданий	одноэтажных	двухэтажных	трехэтажных и более
1	2	3	4	5	6	7
А	6	I	C0	Не ограничивается		
			C1	Не огр. 7800	5200 5200	3500 5200 3500
	6	II	C0	Не ограничивается		
			C1	Не огр. 5200	5200 3500	3500 —
	6 2 1	III	C0, C1	5200 3500	—	—
					—	—
	8	I	C0	Не ограничивается		
	6		Не огр.	10400	7800	

Продолжение табл. 12.9

1	2	3	4	5	6	7
Б	6		C1	Не огр. 5200	10400 3500	7800 —
			C0	Не ограничивается		
	6 2	II	C1	7800 5200	5200 3500	3500 —
			C0, C1	5200 3500	—	—
1	III					

\* Над чертой при величине пожарной нагрузки менее: для I степени огнестойкости 2200 МДж/м<sup>2</sup>, II — 1400 МДж/м<sup>2</sup>, III — 180 МДж/м<sup>2</sup>, под чертой для остальных случаев.

Таблица 12.10

Категория зданий или пожарных отсеков	Допустимое число этажей	Степень огнестойкости зданий	Класс конструктивной пожарной опасности зданий	Площадь этажа в пределах пожарного отсека, м <sup>2</sup> , зданий		
				одноэтажных	двухэтажных	трехэтажных и более
1	2	3	4	5	6	7
B1	6	I	C0	25000	10400	7800
B2	8			Не огр.	25000	10400
B3	8			Не ограничивается		25000
B4	10			Не ограничивается		
B1	6					10400

B2	8		C1	25000	10400	7800
B3	8			Не огр.	25000	10400
B4	10			Не ограничивается		
B1	6	II	C0	15000	10400	7800
B2	6			25000	15000	10400
B3	8			Не огр.	25000	15000
B4	10			Не ограничивается		
B1	3	II	C1	10400	7800	5200
B2	3			15000	10400	7800
B3	6			25000	15000	10400
B4	10			Не огр.	25000	15000
B1, B2, B3	2	III	C0	25000	10400	—
B4	6			Не огр.	25000	10400
B1, B2, B3	2		C1	10400	7800	—
1	2	3	4	5	6	7
B4	3	III	C2	15000	10400	7800
B1, B2, B3	1			2600	2000	—
B4	2			3500	2600	—
B1, B2, B3	1	IV	C1	3500	2600	—
и B4	2		C2, C3	2600	1500	—

Таблица 12.11

Категория зданий или пожарных отсеков	Допустимое число этажей	Степень огнестойкости зданий	Класс конструктивной пожарной опасности зданий	Площадь этажа в пределах пожарного отсека зданий (м <sup>2</sup> )		
				одноэтажных	двухэтажных	трехэтажных и более
Г	10	I	C0, C1	Не ограничивается		
	10	II	C0	Не ограничивается		
	6		C1	25000	15000	10400
	6	III	C0	Не ограничивается		
	3		C1	20000	—	—
	1		C2	3500	2600	—
Д	10	I	C0, C1	Не ограничивается		
	10	II	C0	Не ограничивается		
	6		C1	Не огр.	25000	15000
	6	III	C0	Не ограничивается		
	3		C1	25000	10400	—
	2		C2	10400	7800	—
	2	IV	C1	3500	2600	—
	2		C2, C3	2600	1500	—

Колонны и перекрытия этажей и площадок, размещаемых в зданиях I, II и III степеней огнестойкости следует проектировать из материалов группы НГ, а в зданиях IV степени огнестойкости допускается — из материалов групп Г1, Г2.

Для несущих конструкций стальных этажерок, размещаемых в зданиях с помещениями категорий А, Б, В1 и В2 следует предусматривать защиту, обеспечивающую предел огнестойкости этих конструкций не менее R 45. При этом должны быть предусмотрены средства автоматического пожаротушения.

Административные (Ф4.3) и бытовые помещения (Ф3.6) могут размещаться во вставках и встройках производственных зданий I, II и III степеней огнестойкости категорий В, Г и Д.

Во встроенных помещениях производственных зданий допускается предусматривать уборные, помещения для отдыха, обогрева или охлаждения, личной гигиены женщин, ручных ванн, устройств питьевого водоснабжения, умывальные и полу души, помещения для мастеров и другого персонала, которые по условиям производства следует размещать вблизи рабочих мест, а в помещениях категорий В, Г и Д — также курительные.

В зданиях III степени огнестойкости и класса пожарной опасности С2 встроенные помещения (за исключением уборных, помещений личной гигиены женщин, ручных ванн, устройств питьевого водоснабжения, умывальных и полу душей) не допускается размещать у наружных стен, на антресолях, на площадках.

Помещения категорий А, Б и В1—В3 следует отделять одно от другого, а также от помещений категорий В4, Г и Д и коридоров противопожарными перегородками и противопожарными перекрытиями.

При размещении в помещении технологических процессов с одинаковой взрывопожарной и пожарной опасностью необходимость отделения их друг от друга перегородками, а также устройство тамбур шлюзов в местах проемов в этих перегородках должны быть обоснованы в технологической части проекта, при этом применение противопожарных перегородок не является обязательным, кроме случаев, предусмотренных нормами технологического проектирования.

В зданиях I, II и III степеней огнестойкости допускается вместо противопожарных стен принимать противопожарные зоны.

Складские помещения производственных зданий, предназначенные для хранения горючих грузов в горючей упаковке, следует отделять от других помещений противопожарными перегородками 1-го типа и перекрытиями 3-го типа (под и над складами). При этом склады готовой продукции (горючей или негорючей в горючей упаковке), размещаемые в производственных зданиях, необходимо располагать у наружных стен.

В зданиях с покрытиями из стального профилированного настила с рулонной или мастичной кровлей заполнение каркаса подвесных потолков и изоляция трубопроводов и воздухопроводов, расположенных над подвесными потолками, должны выполняться из материалов группы НГ.

Участки перекрытий и технологических площадок, на которых

установлены аппараты, установки и оборудование с наличием в них легковоспламеняющихся, горючих и токсичных жидкостей, должны иметь глухие бортики из негорючих материалов или поддоны. Высота бортиков и площадь между бортиками или поддоны устанавливаются в соответствии с технологической частью проекта.

**Этажерки и площадки.** Площадь одного яруса отдельно стоящей наружной этажерки или площадки с оборудованием производств, размещаемых в помещениях категорий А, Б и В1— В3, не должна превышать:

- при высоте этажерки или площадки до 30 м — 5200 м<sup>2</sup>;
- при высоте 30 м и более — 3000 м<sup>2</sup>.

При большей площади этажерки или площадки площади следует разделять на секции с разрывами между ними не менее 15 м.

Площадь этажерок и площадок с оборудованием производств, размещаемых в помещениях категорий В4, Г и Д, не ограничивается.

**Примечание** - Высотой этажерки или площадки с оборудованием следует считать максимальную высоту оборудования или непосредственно этажерки, занимающих не менее 30 % общей площади этажерки или площадки.

Предельные площади этажерок или площадок относятся к этажеркам или площадкам с аппаратами и емкостями, содержащими легковоспламеняющиеся и горючие жидкости и сжиженные газы. Для этажерок и площадок с оборудованием, содержащим горючие газы в сжиженном состоянии, предельная площадь увеличивается в 1,5 раза.

Ширина отдельно стоящей этажерки или площадки должна быть при высоте этажерки или площадки вместе с оборудованием на ней 18 м и менее — не более 48 м, более 18 м — не более 36 м.

**Подвалы, тоннели и каналы** не допускается предусматривать в зданиях категорий А и Б и на территориях, где расположены наружные установки, в которых применяются или образуются взрывоопасные или токсичные газы плотностью более 0,8 по отношению к воздуху, а также взрывоопасная пыль.

## 12.11. Лабораторная работа

### ОЦЕНКА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ И ЗДАНИЙ ПО ВЗРЫВОПОЖАРНОЙ И ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ И РАЗРАБОТКА ПРОТИВОПОЖАРНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

Цель работы:

1. Ознакомиться с устройством приборов для определения температуры вспышки и воспламенения горючих жидкостей.
2. Определить температуры вспышки и воспламенения горючих жидкостей.
3. Оценить взрывопожарную или пожарную опасности производственных

- помещений и зданий, по заданию преподавателя.
4. Обосновать необходимую степень огнестойкости зданий.
  5. Определить максимально-допустимые расстояния до эвакуационных выходов и необходимое время для эвакуации людей.
  6. Выбрать средства для тушения пожаров.

### Экспериментальная часть

Для определения температуры вспышки применяют приборы **открытого и закрытого типа**.

**Прибор открытого типа** (рис.12.1) состоит из внутреннего тигля 2, внешнего тигля (песчаной бани) 3, штатива 4, термометра 1 и газовой горелки. На штативе устанавливается тигель и крепится термометр.

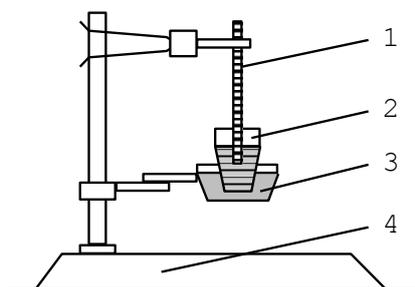


Рис. 12.1. Прибор открытого типа для определения температуры вспышки и воспламенения (ЛТВО)

**Прибор закрытого типа** (см. рис. 12.2) состоит из латунного стакана, внутри которого имеется кольцевая риска для фиксации уровня наливаемой жидкости. Сверху стакан закрывается крышкой, на которой смонтированы мешалка с гибкой передачей и поворотное воспламеняющее устройство. В крышке имеется отверстие, куда вставляется термометр. Стакан помещается в нагревательную ванну, по боковым поверхностям и дну которой уложена электрическая спираль. Полость корпуса заполнена термоизоляционным материалом. Прибор подключается к электрической сети через реостат.

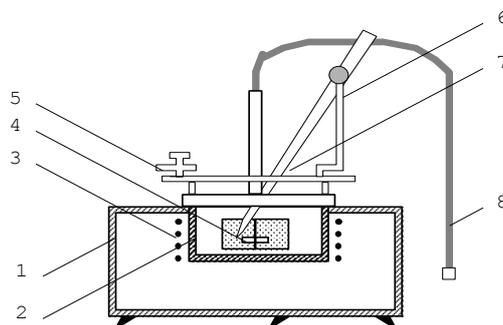


Рис. 12.2. Прибор закрытого типа для определения температуры вспышки и воспламенения (ПВНЭ): 1 - воздушная ванна, 2 - латунный стакан, 3 - нагревательный элемент, 4 - мешалка, 5 - горелка, 6 - рычаг открытия отверстия латунного стакана, 7 - термометр, 8 - рукоятка для вращения мешалки.

### Методика определения температуры вспышки

## и воспламенения горючей жидкости

Вначале для исследуемой жидкости по известной температуре ее кипения рассчитываются приближенные значения температуры вспышки и воспламенения.

Приближенное значение температуры вспышки ( $T_{всп}$ ), К можно рассчитать по следующим формулам:

$$а) T_{всп} = T_{кип} \cdot K,$$

где  $T_{кип}$  - температура кипения исследуемой жидкости, град К;

$K$  - коэффициент = 0,736;

$$б) t_{всп} = T_{всп} - 273, \text{ град. С.}$$

Приближенное значение температуры воспламенения можно определить по формуле

$$t_{всп} = 1,05 t_{всп} + 3, \text{ } ^\circ \text{ С.}$$

Экспериментальное определение температур вспышки и воспламенения производится при помощи прибора ПВНЭ или ЛТВО.

### Определение температуры вспышки на приборе ПВНЭ

Обезвоженный и охлажденный не менее, чем на  $20^\circ \text{ С}$  ниже температуры вспышки испытуемый нефтепродукт наливают в тигель до кольцевой риски, закрывают тигель чистой сухой крышкой, вставляют термометр и помещают тигель в нагревательную ванну. При испытании нефтепродуктов с температурой вспышки до  $50^\circ \text{ С}$  нагревательная ванна должна быть охлаждена до комнатной температуры ( $20 \pm 5^\circ \text{ С}$ ). Зажигают фитиль воспламеняющего устройства, предварительно заправленного легким маслом (швейным, трансформаторным), или газовую горелку и регулируют пламя так, чтобы форма его была близка к шару диаметром 3-4 мм.

По барометру или данным метеорологической станции записывают барометрическое давление.

Нагревание жидкости производят следующим образом: при испытании нефтепродуктов с температурой вспышки до  $50^\circ \text{ С}$  температуру повышают со скоростью  $1^\circ$  в минуту при непрерывном перемешивании с начала и до конца опыта.

При анализе нефтепродуктов с температурой вспышки от  $50$  до  $150^\circ \text{ С}$  начальное нагревание ведут со скоростью  $5 - 8^\circ$  в минуту; при температуре вспышки более  $150^\circ \text{ С}$  - со скоростью  $10-12^\circ$  в минуту при периодическом помешивании.

Когда нефтепродукт нагревается до температуры на  $30^\circ$  ниже расчетной температуры вспышки, нагревание ведут так, чтобы температура повышалась со скоростью  $2^\circ$  в минуту. При достижении температуры на  $10^\circ$  ниже расчетной температуры вспышки начинают проводить испытание на вспыхивание через  $2^\circ$ . Нефтепродукт при этом все время перемешивают. Только в момент испытания на вспыхивание

перемешивание прекращается.

За температуру вспышки принимают температуру, показываемую термометром при появлении первого синего пламени над поверхностью нефтепродукта.

После получения первой вспышки опыт продолжают, повторяя испытание на вспыхивание через 1° - для нефтепродуктов с температурой вспышки до 50°С и через 2° - выше 50°С.

Если при этом вспышки не произойдет, все испытания повторяют заново. Если при новом опыте температура вспышки, полученная при первом определении, повторяется, определение считается окончательным, и за температуру вспышки принимают показания термометра в момент первого появления синего пламени над поверхностью нефтепродукта.

В этом случае, когда испытанию подвергают неизвестный нефтепродукт, сначала определяют температуру кипения или проводят предварительное определение температуры вспышки. После установления приблизительной температуры вспышки проводят повторное испытание по изложенной выше методике.

Допустимые расхождения для параллельных определений

Температура вспышки	Допустимые расхождения
до 50°С	± 1°С
выше 50°С	± 2°С

### СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

В отчете должны быть указаны следующие разделы:

1. Цель работы.
2. **Краткая характеристика применяемых приборов.**
3. Методика выполнения работы.
4. Результаты опытов (должны быть сведены в таблицу по прилагаемой форме):

Наименование исследуемой жидкости	№ опытов	Расчетная температура вспышки	Температурная поправка, °С	Расчетная температура воспламенения	Экспериментальная температура		Примечание
					вспышки, °С	воспламенения, °С	

5. Характеристика испытанной жидкости (ЛВЖ или ГЖ).
6. Для производства, по заданию преподавателя, например: буровая, установка подготовки нефти, технологическая установка, автобаза и др. сделать эскиз расположения зданий и объектов на территории производства (установки).
7. Из прил. 12. 2 выбрать используемые вещества и сделать выводы о их

взрыво- пожароопасности.

8. Определить категорию помещений по пожарной опасности (см. табл.12.2).
7. Определить категорию пожароопасности зданий.
8. Выбрать степень огнестойкости зданий (см. табл. 12.9).
9. Предел огнестойкости конструктивных элементов (табл. 12.3).
10. Указать расстояние между объектами (см. табл.12.12).
11. Указать расход воды на внутреннее пожаротушение (табл. 12.13 – 12.14).
12. Выбрать необходимые средства пожаротушения (прил. 12.1).

Таблица 12.12

**Расстояния между зданиями и сооружениями  
промышленных предприятий**

Степень огнестойкости зданий и сооружений	Расстояние при степени огнестойкости (м)		
	I и II	III	IV и V
I и II	Г и Д не нормируется Для зданий А, Б и В -9	9	12
III	9	12	15
IV и V	12	15	18

Таблица 12.13

**Расходы воды на наружное пожаротушение  
производственных зданий шириной до 60 м**

Степень огнестойкости	Категория зданий	Расход воды на 1 пожар при объеме здания, тыс. м <sup>3</sup>						
		до 3	3-5	5-20	20-50	50-200	200-400	400-600
I, II	Г, Д	10	10	10	10	15	20	25
	А, Б, В	10	10	15	20	30	35	40
III	Г, Д	10	10	15	20	35	-	-
	В	10	15	20	30	40	-	-
IV, V	Г, Д	10	15	20	30	-	-	-
	В	15	20	25	40	-	-	-

Таблица 12.14

**Расход воды на внутреннее пожаротушение  
производственных и складских зданий**

Степень огнестойкости зданий	Категория зданий	Количество струй (множимое) и расход (л/с) на одну струю (множитель) в здании объемом тыс. м <sup>3</sup>				
		0,5-5	5-50	50-200	200-400	400-800
I, II	А, Б, В	2x2,5	2x5	2x5	3x5	4x5
III	В	2x2,5	2x5	2x5	-	-
	Г, Д	-	2x2,5	2x2,5	-	-
IV, V	В	2,х2,5	2x2,5	-	-	-
	Г, Д	-	2x2,5	-	-	-

### **Контрольные вопросы**

1. По какому показателю жидкости, способные гореть, подразделяются на ЛВЖ и ГЖ?
2. Что такое вспышка и температура вспышки?
3. Что такое воспламенение, температура воспламенения?
4. Что такое взрыв?
5. Дать определение температурных и концентрационных пределов воспламенения.
6. Как подразделяются материалы по горючести?
7. Как подразделяются материалы по огнестойкости?
8. Предел огнестойкости?
9. Какими показателями характеризуются степени огнестойкости зданий?
10. К каким категориям по пожароопасности относятся помещения на производстве по Вашей специальности?
11. Какие средства пожаротушения можно применить для тушения пожара в выбранном Вами помещении?
12. Как осуществляется пожарная профилактика в зданиях и сооружениях?

Характеристика огнетушителей

Обозначение	Основные компоненты заряда	Емкость корпуса, л	Масса заряда, кг	Масса заряженного огнетушителя, кг	Кол-во огнегасительного состава	Время действия, с	Дальность действия, м	Диапазоны температур при хранении, °С	Способ создания давления	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ОП-5 ГОСТ (82-60)	Щелочной раствор (400г двууглекислого натрия с солодковым экстрактом в 8,5 л воды в корпусе); кислотный раствор (115 г. сернокислого окисного железа и 120 г. серной кислоты) в полиэтиленовом стакане	9	9.1	14.5	90 пены	60	6-8	До 0: при незамерзающем заряде до -20	Создается в момент приведения в действие за счет реакции между кислотой и щелочной частями.	Применяется при тушении твердых горючих материалов, легковоспламеняющихся и горючих жидкостей на площади примерно 1 м <sup>2</sup> .



Азота оксиды (в пересчете на NO <sub>2</sub> )	Бурый газ, при низких температурах жидкость	1,45	21,3	-	-	5	С парами м органическ веществ да взрывчатые
Аммиак NH <sub>3</sub>	Бесцветный горючий газ с резким запахом	0,597	33,4	-	650	20	15 - 2
Ацетилен C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	Бесцветный горючий взрывоопасный газ	0,9107	83,6	-	335	-	2,5 - 10
Бензины	Бесцветные лековоспламен яющиеся жидкости	2,7-3,5	-	-17 - 44	255-474	100 - 300	0,76 - 8,
Бензол C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	Бесцветная лековоспламен яющаяся жидкость	2,77	80,1	-11	562	5	1,4 - 7

1	2	3	4	5	6	7	8
Бутан C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	Бесцветный горючий газ	2,0665	0,5	-	405	300	1,8 -
Бутилен C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	Бесцветный горючий газ	1,9336	6,25	-	384	-	1,6 -
n Бутиловый спирт (C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> OH)	Легковоспламе няющаяся жидкость	2,6	117,5	-34	345	10	1,7 -
Водород H <sub>2</sub>	Бесцветный горючий газ, без запаха и вкуса	0,0695	252,8	-	510	-	4,0 -
Дихлорэтан (CH <sub>2</sub> Cl- CH <sub>2</sub> Cl)	Бесцветная лековоспламен яющаяся жидкость	3,4	83,5	9	413	10	6,2 -
Метан CH <sub>4</sub>	Бесцветный горючий газ без запаха	0,5543	161,58	-	537	300	5 -
Метилловый спирт	Бесцветная лековоспламен						

(метанол) CH <sub>3</sub> OH	яющаяся жидкость	1,1	64,7	8	460	5	6 -
Нафталин C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	Горючее белое кристаллическое вещество. Блестящие лепестки с характерным запахом. Пыль нафталина с воздухом взрывоопасна	4,45	217,9	80	530	20	0,37 -

1	2	3	4	5	6	7	8
Нефть	Горючая жидкость	3,5	30	-40 - 17	270-320	300	1,26-
Оксид углерода (CO)	Горючий бесцв газ без запаха	0,967	191,5	-	610	20	12,5 -
Оксид этилена (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O)	Горючий и взрывоопасный газ	1,50	10,4	-18	429	1	3,0 -
Пропан (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CH <sub>2</sub>	Бесцветный горючий газ	1,5617	42,06	-	466	300	1,4 -
Пропилен CH <sub>2</sub> =CHCH <sub>3</sub>	Бесцветный грючий газ	1,4504	47,75	-	410	-	2,2 -
Ртуть металлическая Hg	Жидкий металл, не окисляется на воздухе	-	354,0	-	-	0,01	-
Сероводород H <sub>2</sub> S	Бесцветный грючий газ	1,191	59,5	-	246	10	4,3 -
Сероуглерод (CS <sub>2</sub> )	Бесцветная легковоспламе няющаяся жидкость	2,6	46,25	-43	90	1	1,0 -
Стирол (C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>3</sub> )	Бесцв. легковоспламе н. жидкость	3,59	146	30	530	5	1,1 -

1	2	3	4	5	6	7	8
---	---	---	---	---	---	---	---

Толуол (C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>3</sub> )	Бесцветная летучая легковоспламен яющаяся жидкость	3,2	110,626	4	536	50	1,3 -
Уксусная кислота CH <sub>3</sub> COOH	Бесцветная легковоспламе няющаяся жидкость	2,06	118,1	38	454	5	3,3
Фенол (карболовая кислота) C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH	Бесцветн. горюч. кристаллическое в-во с сильным запахом	3,24	181,9	75	595	0,3	0,3
Формальдег ид CH <sub>2</sub> =O	Бесцветный горюч. и взрывооп. газ с резким запахом	1,1	-21,0	-	430	0,5	7
Хлор Cl <sub>2</sub>	Газ с резким запахом	2,486	33,8	-	-	1	-
Этан C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	Бесцветный горючий газ	1,04	-88,63	-	515	300	2,9 -
Этилбензол C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	Бесцветная ЛВЖ	3,66	136,2	20	420	-	0,9 -
Этилен (этен) CH <sub>2</sub> =CH <sub>2</sub>	газ бесцветный горючий и взрывоопасный	0,974	-103,7	-	540	-	3 -
Этиловый спирт C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	Бесцветная ЛВЖ	1,6	78,37	13,0	404	1000	3,6 -

## 13. ПОЖАРО - И ВЗРЫВООПАСНОСТЬ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

### 13.1. Классификация зон помещения по ПУЭ

Для предотвращения пожара и взрыва от тепловых источников электрического происхождения во взрывоопасных зонах помещений необходимо применить электрооборудование во взрывозащищенном исполнении. Взрывозащищенным является электрооборудование, в котором предусмотрены конструктивные меры по устранению или затруднению возможности воспламенения окружающей его взрывоопасной среды при эксплуатации этого оборудования.

Для предупреждения пожаров и аварий от коротких замыканий, перегрузок, больших переходных сопротивлений и других причин необходим правильный выбор, монтаж и соблюдение установленного режима эксплуатации электрических сетей и электрооборудования (машин, аппаратов, устройств).

В соответствии с правилами устройства электроустановок (ПУЭ) помещения и наружные установки в зависимости от способности к образованию взрывоопасных смесей или возгоранию находящихся в них материалов и веществ делятся на взрыво- и пожароопасные.

**Взрывоопасные зоны.** Помещение или пространство в помещении либо вокруг наружной установки, в котором имеются или могут образоваться взрывоопасные смеси, является взрывоопасной зоной.

Все помещение будет взрывоопасной зоной, если взрывоопасные парогазовоздушные или пылевоздушные смеси при воспламенении могут развивать расчетное избыточное давление, превышающее 5 кПа. Если взрывоопасная смесь при воспламенении развивает расчетное избыточное давление менее 5 кПа, то взрывоопасной считается зона в помещении в пределах до 5 м по горизонтали и вертикали от технологического оборудования, у которого возможно выделение горючих газов, паров, жидкостей и пыли. Помещение за пределами взрывоопасной зоны следует считать невзрывоопасным, если нет других факторов, создающих в нем взрывоопасность.

**Зоны класса В - I** располагаются в помещениях, где выделяются горючие газы или пары легко воспламеняющихся жидкостей в таком количестве, что могут образовывать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных режимах работы, например, при загрузке или разгрузке технологических аппаратов, хранении или переливании ЛВЖ, находящихся в открытых емкостях.

**Зоны класса В - Ia** располагаются в помещениях, где при нормальной эксплуатации взрывоопасных горючих газов или паров ЛВЖ с воздухом не образуются, а их образования возможны только в результате

аварий или неисправностей (нефтяные, газонасосные, компрессорные, цехи нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств).

**Зоны класса В - Iб** располагаются в помещениях, где как и в предыдущем случае, при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси горючих газов или паров ЛВЖ с воздухом не образуются, а возможно их образование только в результате аварий или неисправностей. Эти зоны отличаются одной из следующих особенностей:

1) горючие газы в них обладают высоким нижним концентрационным пределом воспламенения (15 % и более);

2) резким запахом (например, аммиачные компрессорные);

3) горючие газы и пары имеются в небольших количествах, недостаточных для создания взрывоопасной смеси, при воспламенении которой может развиваться избыточное давление не более 5 кПа и в которых работы с ГГ и ЛВЖ производятся без применения открытого огня (помещения зарядки аккумуляторных батарей, лаборатории и др.).

**Зоны класса В - Iг** - это пространства у наружных технологических установок, содержащих горючие газы или ЛВЖ, у наземных и подземных резервуаров с ЛВЖ или горючими газами, у эстакад для слива и налива ЛВЖ, у открытых нефтеловушек, прудов-отстойников и др.

Для наружных взрывоопасных установок взрывоопасная зона класса В-Iг считается в следующих максимальных пределах по горизонтали и вертикали:

- 0,5 м - от проемов за наружными ограждающими конструкциями помещений с взрывоопасными зонами классов В - I, В - Ia, В - II;
- 3 м - от закрытого технологического аппарата, содержащего горючие газы или ЛВЖ, от вытяжного вентилятора, установленного снаружи (на улице) и обслуживающего помещение с взрывоопасными зонами любого класса;
- 5 м - от устройства для выброса из предохранительных и дыхательных клапанов аппаратов с ГЖ или ЛВЖ;
- 8 м - от резервуаров с ЛВЖ и ГГ (газгольдеров) при наличии обвалования - в пределах всей площади внутри обвалования;
- 20 м - от места открытого слива и налива для эстакад с открытым сливом и наливом ЛВЖ.

**Зоны класса В - II** располагаются в помещениях, где выделяются горючие пыли и волокна в таком количестве, что способны образовать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных режимах работы.

**Зоны класса В - IIа** располагаются в помещениях, где взрывоопасные концентрации пыли с воздухом могут образоваться только в результате аварии или неисправности.

Класс зоны помещения смежного с взрывоопасной зоной другого помещения определяется по табл.13.1.

Таблица 13.1

**Класс зоны помещения, смежного с взрывоопасной  
зоной другого помещения**

Класс взрывоопасной зоны	Класс зоны помещения, смежного с взрывоопасной зоной другого помещения и отдельного от нее	
	стеной с дверью	стеной без проемов или проемами, оборудованными тамбурами-шлюзами
В - I	В - Ia	Невзрыво- и непожароопасная
В - Ia	В - Ib	- " -
В - Ib	Невзрыво- и непожароопасная	- " -
В - II	В - IIa	- " -
В - IIa	Невзрыво- и непожароопасная	- " -

**Пожароопасная зона** - пространство внутри или вне помещения, в пределах которого постоянно или периодически образуются горючие вещества.

**Зоны класса II - I** располагаются в помещениях, где образуются горючие жидкости с температурой вспышки выше 61 °С.

**Зоны класса II - II** располагаются в помещениях, где выделяется горючая пыль или волокна с нижним концентрационным пределом воспламенения более 65 г/м<sup>3</sup>.

**Зоны класса II - IIa** располагаются в помещениях, где обращаются твердые горючие вещества.

**Зоны класса II - III** располагаются вне помещений, в них обращаются ГЖ с температурой вспышки выше 61 °С или твердые горючие вещества.

В помещениях и наружных установках зоны, в которых твердые и газообразные вещества сжигаются в качестве топлива или утилизируются путем сжигания, не относятся в части их электрооборудования к пожароопасным.

### 13.2. Взрывозащищенное электрооборудование

**Классификация электрооборудования.** Взрывозащищенное электрооборудование подразделяется по уровням и видам взрывозащиты, а также по группам и температурным классам.

**По уровню взрывозащиты** электрооборудование бывает повышенной надежности против взрыва, взрывобезопасное и особовзрывоопасное.

В электрооборудовании повышенной надежности против взрыва защита обеспечивается только при нормальном режиме работы (**знак уровня - 2**). Во взрывобезопасном электрооборудовании - как при

нормальном режиме работы, так и при повреждениях, определяемых условиями эксплуатации, кроме поврежденных средств взрывозащиты (**знак уровня - 1**). В особовзрывобезопасном электрооборудовании приняты дополнительные (по отношению к взрывоопасному электрооборудованию) средства взрывозащиты (**знак уровня - 0**).

**Виды взрывозащиты** электрооборудования следующие: взрывонепроницаемая оболочка - **d**; заполнение или продувка оболочки при избыточном давлении защитным газом - **p**; искробезопасная цепь - **i**; кварцевое заполнение оболочки с токоведущими частями - **q**; масляное заполнение оболочки с токоведущими частями - **o**; специальная взрывозащита - **s**; защита вида "e".

Группа взрывозащищенного оборудования определяется областью его применения;

I - рудничное, предназначенное для шахт и рудников;

II - для внутренней и наружной установки (кроме рудничного). II - группа делится на подгруппы IIА, IIВ и IIС, которые соответствуют категории взрывоопасных смесей.

При создании взрывозащищенного электрооборудования большую роль играет безопасный экспериментальный максимальный зазор (БЭМЗ) между фланцами, через который взрыв не передается в окружающую среду при любой концентрации смеси в воздухе. Взрывоопасные смеси газов и паров с воздухом в зависимости от допустимого размера БЭМЗ подразделяются на пять категорий, соответствующих подгруппам II группы электрооборудования (табл. 13.2).

Таблица 13.2

Категории взрывоопасных смесей газов и паров с воздухом

Категория	Наименование смеси	БЭМЗ, мм	Категория	Наименование смеси	БЭМЗ, мм
I	Рудничный метан	более 1	II А	Промышленные газы	более 0,9
II	Промышленные газы	–	II В	- " -	0,5 - 0,9
			II С	- " -	до 0,5

Температурные классы электрооборудования II группы зависят от предельной температуры поверхностей взрывозащищенного электрооборудования, безопасной в отношении воспламенения окружающей взрывоопасной среды.

Группы взрывоопасной смеси газов и паров с воздухом, соответствующие температурным классам электрооборудования II группы, зависят от температуры самовоспламенения этих смесей (табл. 13.3).

Таблица 13.3

## Группы взрывоопасных смесей паров и газов с воздухом

Группа	Температура самовоспламенения, °С	Группа	Температура самовоспламенения, °С
T 1	выше 450	T 4	135 - 200
T 2	300 - 450	T 5	100 - 135
T 3	200 - 300	T 6	85 - 100

Распределение взрывоопасных смесей паров и газов с воздухом по категориям и группам приведено в табл. 13.4.

**Маркировка взрывозащитного электрооборудования.** В маркировку электрооборудования по взрывозащите входят: уровень взрывозащиты (**0, 1, 2**); знак Ex, указывающий на соответствие электрооборудования стандартам; вид взрывозащиты (**q, d, p, o, s, i, e**); группа и подгруппа оборудования (**II, IIA, IIB и IIC**), температурный класс (**T1 - T6**). Например, **2ExeIIB6** (повышенная надежность против взрыва, с защитой вида "e", группа II, температурный класс T6). В маркировке по взрывозащите могут применяться дополнительные знаки и надписи в соответствии со стандартом на электрооборудование.

Таблица 13.4

## Распределение взрывоопасных смесей по категориям и группам

Категория смеси	Группа смеси	Вещества, образующие с воздухом взрывоопасную смесь
1	2	3
I	T 1	Рудничный метан
II A	T 1	Аммиак, ацетон, бензол, изобутилен, изобутан, изопропилбензол, уксусная кислота, ксилол, промышленный метан, окись углерода, пропан, растворители Р - 4, Р - 5 и РС - 1, этан, хлористый этил
	T 2	Алкилбензол, бензин Б-95/130, бутан, бутилацетат, изооктан, растворители № 646, 647, 648, спирты: бутиловый нормальный, бутиловый третичный, изоамиловый, изобутиловый, изопропиловый, метиловый, этиловый, этилбензол, циклогексанол
	T 3	Бензины: А-66, А-72, А-76, "Галоша", Б-70, гексан, гептан, керосин, нефть, петролейный эфир, пентан, растворитель № 651, скипидар, амиловый спирт, топливо Т-1 и ТС-1, уайт-спирит
	T 4	Альдегиды, декан, тетраметилдиаминметан
II B	T 1	Коксовый газ, синильная кислота
	T 2	Дивинил, диметилдихлорсилан, диоксан, камфарное масло, акриловая кислота, нитроциклогексан, окись пропилена, окись этилена, растворители АМП-3 и АКР, формальдегид, этилен
	T 3	Акролеин, сероводород, тетраэтоксисилан, триэтоксисилан, дизельное топливо, формальгликоль этоксисилан, дизельное топливо, формальгликоль
	T 4	Дибутиловый и диэтиловый эфир, диэтиловый эфир этиленгликоля

1	2	3
II C	T 1	Водород, водяной газ, светильный газ, смесь водорода с азотом (3:1)
	T 2	Ацетилен, метилдихлорсилан
	T 3	Трихлорсилан
	T 5	Сероуглерод

До введения в действие приведенных стандартов электрооборудование маркировали по Правилам изготовления взрывозащищенного и рудничного электрооборудования ПИВРЭ (1967 г.), а до него - по Правилам изготовления взрывозащищенного электрооборудования ПИВЭ (1963 г.). Маркировки по ПИВРЭ и ПИВЭ широко используются на производствах и приведены в табл. 13.5.

Таблица 13.5

#### Маркировка оборудования по ПИВРЭ и ПИВЭ

Категория взрывоопасной смеси	БЭМЗ, мм	Группа взрывоопасной смеси	Температура самовоспламенения
1	более 1,0	T1 (А)	более 450
2	0,65 - 1,0	T2 (Б)	300 - 450
3	0,35 - 0,65	T3 (Г)	200 - 300
4	менее 0,35	T4 (Д)	135 - 100
		T5	100 - 135

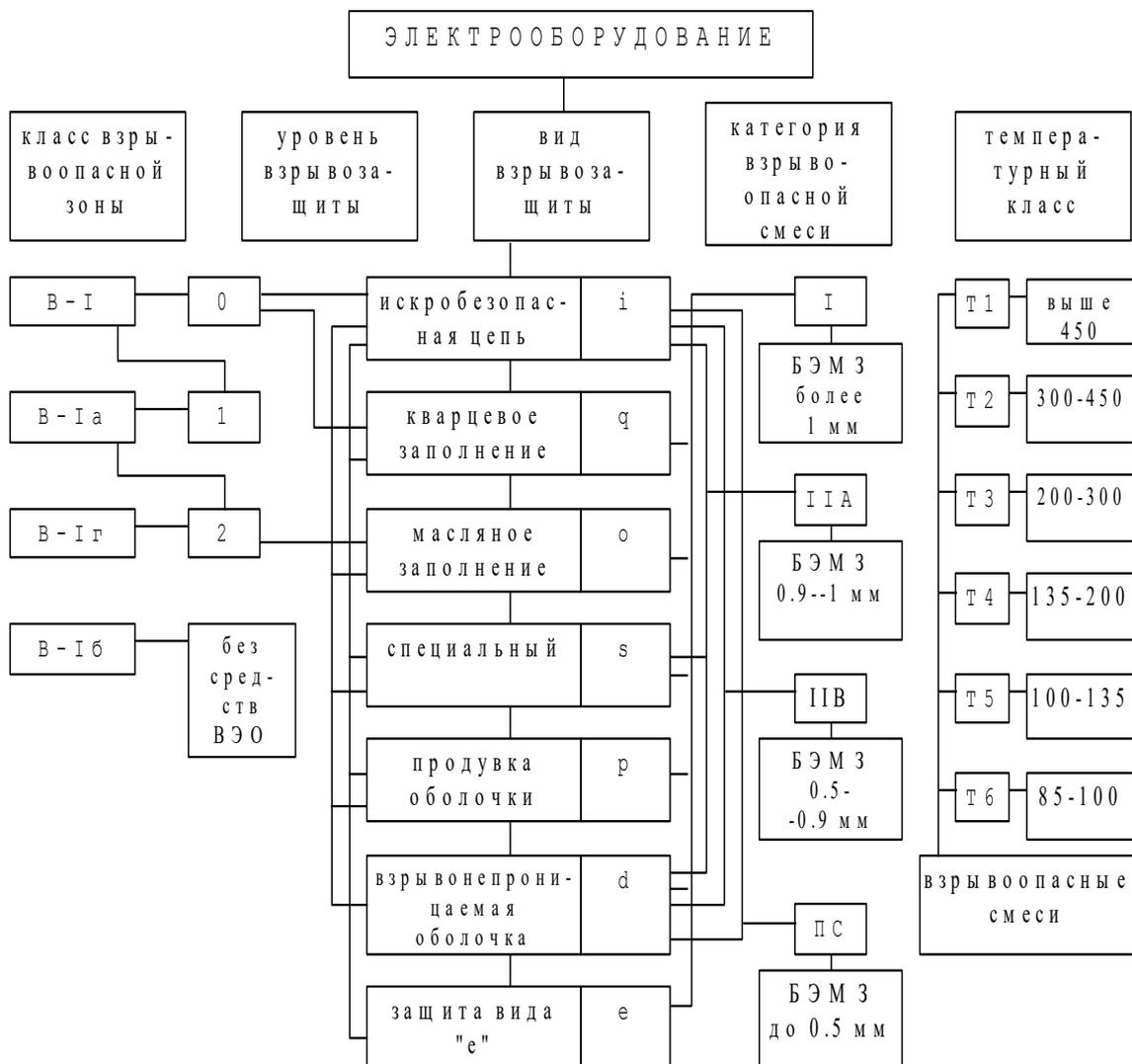
Уровень взрывозащиты: **Н** - повышенной надежности против взрыва;  
**В** - взрывобезопасное;  
**О** - особовзрывобезопасное.

Исполнение: **В** - взрывонепроницаемая оболочка;  
**М** - маслonaполненное;  
**П** - продуваемое под избыточным давлением;  
**И** - искробезопасное;  
**К** - кварцевое заполнение;  
**С** - специальное.

Порядок маркировки электрооборудования по ПУЭ приведен в табл. 13.6.

**Таблица 13.6**

**Порядок маркировки электрооборудования**



**13.3. Выбор электрооборудования**

**Электрические машины.** Во взрывоопасных зонах любого класса могут применяться электрические машины напряжением до 10 кВ при условии, что уровень их взрывозащиты или степень защиты соответствуют табл. 13.7, 13.8, 13.9.

Таблица 13.7

Допустимый уровень взрывозащиты или степень защиты оболочки электрических машин в зависимости от класса зоны по ПУЭ

Класс взрывоопасной зоны	Уровень взрывозащиты или степень защиты
В - I, В - II	Взрывобезопасное
В - Ia, В - Iг	Повышенной надежности против взрыва
В - Iб	Без средств взрывозащиты, оболочка со степенью защиты не менее IP44

В - Па	То же, только степень защиты - IP54
--------	-------------------------------------

Таблица 13.8

Допустимые уровни взрывозащиты или степень защиты оболочек электрических аппаратов и приборов

Класс взрывозащитной зоны	Уровень взрывозащиты или степень защиты
<b>Стационарные установки</b>	
В - I, В - II	Взрывобезопасное, особовзрывобезопасное
В - Ia, В - Iг	Повышенной надежности против взрыва (для аппаратов и приборов искрящих или подверженных нагреву до + и выше 80°C); для приборов, не искрящих и не подверженных нагреву – без средств взрывозащиты; для аппаратов с нагревом не выше 80°C, оболочка со степенью защиты не менее IP54
<b>Передвижные и ручные переносные установки</b>	
В - I, В - Ia, В - II	Взрывобезопасное, особовзрывобезопасное
В - Ib, В - Iг	Повышенной надежности против взрыва
В - Па	Без средств взрывозащиты; оболочка со степенью защиты не менее IP54

Таблица 13.9

Допустимый уровень взрывозащиты или степень защиты электрических светильников

Класс взрывоопасной зоны	Уровень взрывозащиты или степень защиты
<b>Стационарные установки</b>	
В - I	Взрывозащищенные
В - Ia, В - Iг, В - II	Повышенной надежности против взрыва
В - Ib, В - Ia	Без средств взрывозащиты; степень защиты IP53
<b>Переносные светильники</b>	
В - I, В - Ia, В - II	Взрывозащищенные
В - Ib, В - Iг, В - Па	Повышенной надежности против взрыва

### 13.4. Лабораторная работа

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТУШЕНИЯ ПЛАМЕНИ В ЗАЗОРЕ

Цель работы:

1. Ознакомиться с классом зон по ПУЭ, маркировкой и выбором электрооборудования.
2. Исследовать процесс тушения в зазоре электрооборудования во взрывонепроницаемом исполнении.
3. Сделать выводы.

### 13.4.1. Расчет величины тушащего зазора

Горючие газы, образовавшиеся в результате взрыва внутри оболочки, выходя под давлением взрыва через щель огнепреградителя, расширяются. При этом теплоотдача в окружающую среду (цех) превышает тепловыделение, чем предупреждается загорание взрывоопасной смеси пламенем, выбрасываемым через фланцевые зазоры. Величина зазора должна быть меньше тушащего для данной смеси паров или газов. Она зависит только от свойств этой смеси и не зависит ни от материала, из которого выполнена щелевая защита, ни от ее длины.

Существует стандартный метод для определения зазора между фланцами по ГОСТ 12.1.001-78 ССБТ "Смеси взрывоопасные. Классификация". Максимальный зазор между фланцами оболочки, через который не происходит передача взрыва в окружающую среду при любой концентрации смеси в воздухе, называется безопасным экспериментальным зазором (БЭМЗ).

По величине БЭМЗ взрывоопасные смеси газов и паров подразделяются на категории (см. табл.9.21).

Из теории предела распространения пламени Я.Б. Зельдовича следует, что гашение пламени в узких каналах достигается при условии

$$Pe_{\text{крит}} = \frac{V_H \cdot d_{\text{кр}}}{a} = \text{const} , \quad (13.1)$$

где  $Pe_{\text{крит}}$  - критическое значение числа Пекле;

$V_H$  - нормальная скорость распространения пламени, м/с;  
(ацетон - 0,32; бензол - 0,37; этиловый спирт - 0,36, гексан - 0,37);

$d_{\text{кр}}$  - критический диаметр тушащего канала, м;

$a$  - коэффициент температуропроводности исходной смеси, м<sup>2</sup>/с; (ацетон - 0,0000208; бензол - 0,0000212; этиловый спирт - 0,0000202; гексан - 0,0000212).

Эквивалентный критический размер кольцевой щели определяется из соотношения

$$d_{\text{туш}} = \frac{D - \left[ D^2 - \left( Pe_{\text{кр}} \cdot \frac{a}{V_H} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}}{2} , \quad (13.2)$$

где  $D$  - средний диаметр конического отверстия между камерами,  
 $D = 0,025$  м.

Для многих горючих веществ  $Pe = 55 - 70$ .

По уравнению (2) рассчитывается величина тушащего зазора. Величина  $Pe_{\text{кр}}$  задается преподавателем ( $Pe = 55, 60, 65, 70$ ).

Для экспериментальной проверки вычисленного зазора необходимо рассчитать стехиометрическую концентрацию горючего вещества с

воздухом. **Стехиометрической** называется горючая смесь, содержащая в определенном соотношении горючий компонент и окислитель.

Если во взрывную камеру залить горючее вещество, рассчитанное по стехиометрии, то образуется взрывоопасная смесь.

Стехиометрическая концентрация горючей смеси определяется по следующей формуле:

$$C_{ст} = \frac{100}{m_r + m_{O_2} + m_{N_2}} \% , \quad (13.3)$$

где  $m_r$ ;  $m_{O_2}$ ;  $m_{N_2}$  - стехиометрические коэффициенты горючей жидкости, кислорода и азота, определенные из уравнения горения.

После определения стехиометрической концентрации можно найти и объем горючего, который эту концентрацию обеспечит:

$$V_{c \ m} = \frac{10 \cdot C_c \cdot m \cdot M \cdot V_n}{V_t \cdot Y_r} , \quad (13.4)$$

где  $M$  - молекулярная масса (см. табл. 9.22);

$V_n$  - объем каждой полости, равный 1 литру;

$Y_r$  - удельная плотность горючего, г/ л;

$V_t$  - объем грамм-молекулы, равный 24,05 л.

Таблица 13.10

Реакции горения некоторых веществ и их физические свойства

Название горючего вещества	Химическая формула	Реакция горения		
		$m_r$	$m_{O_2}$	$m_{N_2}$
Ацетон	$C_3H_6O$	$1C_3H_6O + 4O_2 + 4 \cdot 3,76N_2 = 3CO_2 + 3H_2O + 4 \cdot 3,76N_2$		
Бензол	$C_6H_6$	$1C_6H_6 + 7,5O_2 + 7,5 \cdot 3,76N_2 = 6CO_2 + 3H_2O + 7,5 \cdot 3,76N_2$		
Этиловый спирт	$C_2H_5OH$	$1C_2H_5OH + 3O_2 + 3 \cdot 3,76N_2 = 2CO_2 + 3H_2O + 3 \cdot 3,76N_2$		
Гексан	$C_6H_{14}$	$1C_6H_{14} + 9,5O_2 + 9,5 \cdot 3,76N_2 = 6CO_2 + 7H_2O + 9,5 \cdot 3,76N_2$		

Таблица 13.11

Физические свойства горючих веществ

Название горючего вещества	Молекулярная масса, г/ моль	Удельная плотность, $\gamma_r$ , г/ л	Стехиометрическая концентрация, $C_{ст}$	Стехиометрический объем, $V$ , мл
Ацетон	58,08	790,5	4,99	0,15
Бензол	78,11	879,0	2,73	0,10
Этил. спирт	46,02	789,5	6,55	0,35
Гексан	86	660	2,16	0,11

### Установка для проведения эксперимента

Экспериментальная установка (рис.13.3) состоит из сосуда с двумя полостями А и В объемом 1 л каждая, с системами электрического зажигания горючей смеси и предохранительного щитка 1. Сосуд рассчитан

на давление 10 МПа. Полости через клапан 2 и воздухопроводы 3 соединены с вентилятором 4, используемым для их продувки. Продувка производится нажатием кнопки, расположенной на корпусе. Полости имеют внутри выступы 5, которые служат для ускорения испарения залитой жидкости. Для безопасного обслуживания установка при поднятом щитке 1 обесточивается.

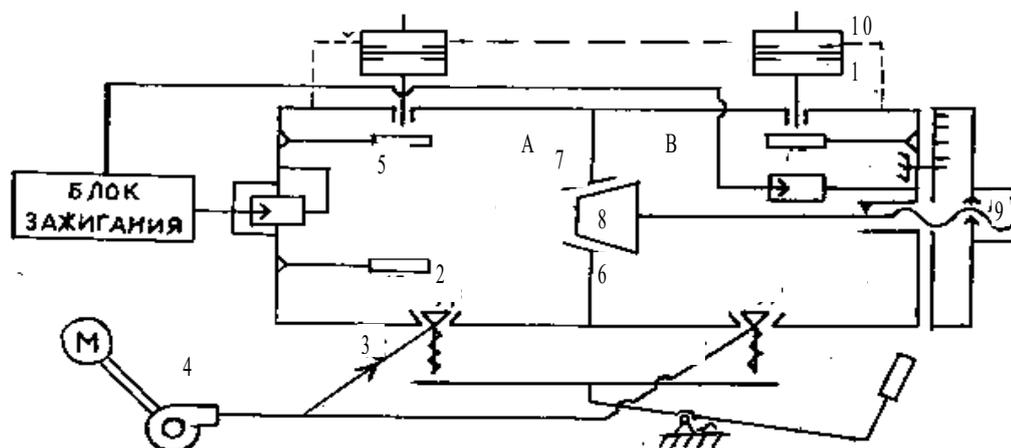


Рис.13.3. Схема установки для проведения эксперимента.

В разделяющей перегородке 6 сосуда установлена втулка с коническим отверстием 7, в которое входит пробка 8 с резьбой на хвостике. С помощью втулки можно менять зазор между фланцами оболочки поворотом рукоятки лимба 9.

Перед началом работы необходимо продуть установку воздухом в течение 5 - 10 с, нажав кнопку вентилятора. Жидкое горючее вещество задается преподавателем. Для заданной жидкости выполняются расчеты по приведенным выше формулам (1-4). Поднять щиток 1, через отверстия штуцеров 9 залить горючую жидкость в количестве, рассчитанном по формуле (4). После этого под пластины 10 выхлопных штуцеров заложить листки плотного материала, например, кальку или бумагу. Для полного испарения залитой жидкости внутри полостей выждать 1 - 2 мин. Установить зазор, рассчитанный по формуле (1). Образовавшуюся в полости взрывоопасную смесь паров жидкости с воздухом нужно поджечь искрой, включив зажигание. Фиксировать взрыв по звуку и разрыву мембран на выхлопных штуцерах. Смесь поджигается в одной из камер.

Если зазор тушащий, то во второй полости взрыва не происходит, т.е. можно фиксировать "непередачу взрыва", и во второй полости сохраняется взрывоопасная смесь паров с воздухом. В этом случае для контроля результата необходимо воспламенить горючую смесь во второй камере, нажав кнопку на корпусе первой камеры, после чего должен произойти взрыв. Если зазор больше тушащего, то происходит "передача взрыва", т.е. при поджигании в одной из полостей взрыв происходит одновременно в обеих камерах и при нажатии кнопки взрыва в этой камере не возникает.

Результаты опытов занести в табл. 9.23 и оформить отчет по работе.

Таблица 13.12

## Результаты опытов и расчетные величины

Исследуемая горючая жидкость	Концентрация веществ	Величина зазора	Наличие взрыва в полости		Заключение о зазоре (тушащий или нет)
			1	2	

На основе изученного материала выбрать электрооборудование для производственных помещений по специальности и результаты занести в табл. 13.14.

## Список помещений и объектов для оценки

1. Компрессорный цех.
2. Насосная нефтяная.
3. Технологический цех.
4. Сливоналивная эстакада.
5. Буровая установка.

Таблица 13.14

## Выбор электрооборудования

Помещение	Применяемые вещества	Класс зоны по ПУЭ	Категория и группа взрывоопасной смеси	Маркировка электрооборудования

## Контрольные вопросы

1. Что называется взрывоопасной зоной?
2. На какие классы по ПУЭ делятся взрывоопасные зоны?
3. На какие классы по ПУЭ делятся пожароопасные зоны?
4. Какие бывают уровни взрывозащиты?
5. Какие бывают виды взрывозащиты?
6. Чем характеризуется группа?
7. Чем характеризуется температурный класс?
8. Приведите пример маркировки электрооборудования.
9. Где используется принцип тушения пламени в зазоре?
10. За счет чего происходит тушение пламени в зазоре?
11. Влияет ли длина щели на эффективность тушения?
12. Чем определяется величина тушащего зазора?
13. Дайте определение БЭМЗ?
14. Дайте определение стехиометрической концентрации горючей смеси.

## 14. МОЛНИЕЗАЩИТА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

**Молниезащита** - комплекс защитных устройств, предназначенный для обеспечения безопасности людей, сохранности сооружений, оборудования и материалов от возможных взрывов, загораний и разрушений, возникающих при воздействии молнии и других проявлений атмосферного электричества.

**Прямой удар молнии** (поражение молнии) - непосредственный контакт молнии со зданием или сооружением, сопровождающийся протеканием через него тока молнии.

**Вторичное проявление молнии** - наведение потенциалов на металлических элементах конструкции, оборудования, в незамкнутых металлических контурах, вызванная близкими разрядами молнии и создающие опасность искрения внутри защищаемого объекта.

**Занос высокого потенциала** - перенесение наведенных молнией высоких потенциалов в защищаемое здание или сооружение по внешним коммуникациям (трубопроводы, эстакады, кабеля и др.).

**Молниеотвод** - устройство, воспринимающее удар молнии и отводящее ее ток в землю. Он состоит из молниеприемника, токоотвода, заземлителя и опоры (опор). Опорой может служить само здание или сооружение. Наиболее распространенные типы молниеотводов: стержневые, тросовые (одиночные, двойные и многократные), сетчатые.

**Зона защиты молниеотвода** - пространство, внутри которого здание или сооружение защищено от прямых ударов молнии с надежностью, не ниже определенного значения. Наименьшей постоянной надежностью обладает поверхность зоны защиты; в глубине зоны защиты надежность выше, чем на ее поверхности.

**Электростатическая индукция** - наведение потенциалов на наземных объектах в результате изменений электрического поля грозового облака.

**Электромагнитная индукция** - наведение потенциалов в незамкнутых между собой металлических контурах в результате быстрых изменений тока молний.

### 14.1. Категории молниезащиты объекта

Под категорией молниезащиты понимается степень сложности устройств средств защиты зданий и сооружений от опасных проявлений атмосферного электричества. Выделяют три категории молниезащиты: I, II и III (см. табл.14.1).

Таблица 14.1

Здания, сооружения и наружные установки	Среднегодовая грозовая деятельность	Ожидаемое количество поражений в год, N	Категория устройства молниезащиты	Тип зоны защиты
Здания и сооружения с зонами классов В-I и В- II		не ограничивается	I	A
То же, В-Ia, В-Iб, В-IIa	$\geq 10$	$N \leq I$	II	B
Наружные технологические установки, открытые склады с зонами классов В-Iг	-	$N > I$ не ограничивается	II	A B
Здания и сооружения I и II степени огнестойкости с зонами классов П-I	$\geq 20$	0,1-2	III	B
П-II и П-IIa		$N > 2$	III	A
То же III, IV и V степени огнестойкости	$\geq 20$	$N > I$	III	A
Наружные технологические установки и открытые склады горючих жидкостей с зонами класса П-III	$\geq 20$	$0,1 < N \leq 2$ $N > 2$	III III	B A
Дымовые трубы, водонапорные башни, вышки различного назначения высотой 15 и более метров	$\geq 10$	не ограничивается	III	B

I и II категории молниезащиты — здания и сооружения защищаются от прямых ударов молний, электростатической и электромагнитной индукции и заноса высоких потенциалов. Наружные установки, отнесенные по устройству молниезащиты ко II категории, защищаются от прямых ударов молний и электростатической индукции.

III категория — здания и сооружения защищаются от прямых ударов молний и заноса высоких потенциалов через наземные металлические коммуникации.

Наружные установки, отнесенные к III категории, защищаются от прямых ударов молний.

При выполнении молниезащиты зданий и сооружений всех категорий для повышения безопасности людей заземлители размещают в редко посещаемых местах, удаленных не менее 5 м от проезжих и пешеходных дорог. При невозможности такого размещения необходимо установить предупреждающие надписи.

## 14.2. Требования к устройству молниезащиты

### 14.2.1. Молниезащита I категории

Защита от прямых ударов осуществляется отдельно стоящими стержневыми (рис.14.1) или тросовыми (рис.14.2) молниеотводами.

Указанные молниеотводы должны обеспечивать зону защиты типа А.

Величина импульсного сопротивления заземлителя для каждого молниеотвода или токоотвода должна быть не более 10 Ом.

Защита от электростатической индукции выполняется присоединением металлических корпусов оборудования, установленного в здании, а также металлических конструкций к специальному заземлителю или защитному заземлителю электрооборудования. Общее сопротивление заземлителя не более 10 Ом.

Для защиты от электромагнитной индукции между трубопроводами и другими протяженными металлическими конструкциями при их сближении на 10 см и менее через каждые 20 м устраиваются пайкой или сваркой металлические перемычки. Защита от заносов высоких потенциалов обеспечивается подземной прокладкой коммуникаций и их заземлением.

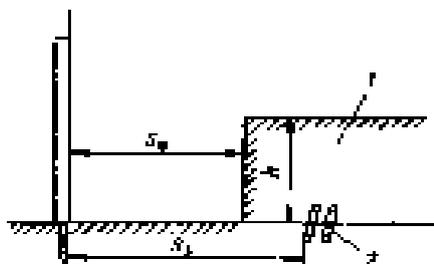


Рис.14.1. Отдельно стоящий стержневой молниеотвод:  
1-защищаемый объект; 2-металлические коммуникации

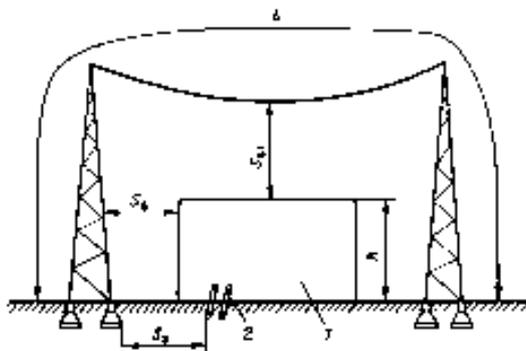


Рис 14.2. Отдельно стоящий тросовый молниеотвод:  
1-защищаемый объект; 2-металлические коммуникации

**Молниезащита II категории.** Защита от прямых ударов молнии выполняется одним из следующих способов:

- отдельно стоящими или установленными на зданиях неизолированными стержневыми или тросовыми молниеотводами. Тип зоны защиты принимается по табл. 14.1. От каждого стержневого молниеприемника или каждой стойки тросового молниеотвода,

расположенных на зданиях, должно быть проложено не менее двух токоотводов;

- путем наложения молниеприемной сетки на плоскую неметаллическую кровлю или использования в качестве молниеприемника металлической кровли здания. В зону защиты должно входить пространство над обрезом газоотводных труб для свободного отвода в атмосферу газов взрывоопасной концентрации. Металлическая сетка выполняется из стальной проволоки диаметром 6-8 мм, укладывается на кровлю под слой гидроизоляции. Размер ячейки сетки не более 36 м<sup>2</sup> (6 × 6 м), узлы сетки соединяются сваркой. Токоотводы располагают по периметру здания не реже чем через 25 м.

Величины импульсного сопротивления заземления не более 10 Ом; в грунтах с удельным сопротивлением 500 Ом·м и выше - не более 40 Ом.

Рекомендуется объединять заземлители защиты от атмосферного электричества с заземлением электрооборудования.

В качестве токоотводов рекомендуется использовать металлические конструкции защищаемых объектов: колонны, рамы, фермы и т.д.

Наружные металлические установки, содержащие взрывоопасные газы, ЛВЖ, а также сжиженные газы, защищаются следующим образом:

- корпуса установок или емкостей при толщине крыш менее 4 мм - молниеотводами, установленными отдельно;
- корпуса емкостей при толщине стенок более 4 мм присоединяются токоотводами к заземлителям;
- корпуса установок со сжиженными газами при объеме парка более 8000 м<sup>3</sup>, а также парк резервуаров класса В-Іг при общем объеме РВО более 100 тыс.м<sup>3</sup> - отдельно стоящими молниеотводами. Корпуса резервуаров должны быть присоединены к заземлителям.

Плавающие крыши и понтоны соединяются не менее чем двумя гибкими металлическими перемычками с токоотводами. Соединения выполняются сваркой.

Защита от электромагнитной индукции осуществляется устройством через каждые 25-30 м перемычек между протяженными металлическими конструкциями, расположенными друг от друга на расстоянии 10 см и менее.

Защита от заноса высоких потенциалов по наземным и подземным коммуникациям производится присоединением трубопровода или брони кабеля к заземлителям с импульсным сопротивлением не более 10 Ом на вводе здания и на ближайшей к зданию опоре.

**Молниезащита III категории.** Защита от прямых ударов молнии выполняется так же, как при II категории молниезащиты. Молниеприемная сетка имеет ячейки площадью не более 150 м<sup>2</sup>. Импульсные сопротивления заземлителя защиты - не более 20 Ом.

Для металлических труб, башен и вышек установка молниеприемников не требуется. Импульсное сопротивление заземлителей для них не более 50 Ом.

Защита от заноса высоких потенциалов осуществляется заземлением внешних коммуникаций.

Защита от электростатической и электромагнитной индукции не предусматривается.

### 14.3. Расчет зон защиты молниеотводов

Зона защиты молниеотвода – это часть пространства, внутри которого здание, сооружение защищено от прямых ударов молнии с определенной степенью надежности. Зона защиты типа А обеспечивает надежность 99,5%, зона защиты типа Б - 95 %.

**Определение необходимого типа зоны защиты.** Тип зоны защиты определяется исходя из ожидаемого количества (N) поражений молнией в год зданий и сооружений. Подсчет ожидаемого количества N поражений молнией в год производится по формулам:

- для сосредоточенных зданий и сооружений (дымовые трубы, вышки, башни)

$$N = 9\pi h^2 \cdot n \cdot 10^{-6}; \quad (14.1)$$

- для зданий и сооружений прямоугольной формы

$$N = [(S + 6h)(L + 6h) - 7,7h^2] n \cdot 10^{-6}, \quad (14.2)$$

где h - наибольшая высота здания или сооружения, м;

S, L - соответственно ширина и длина здания или сооружения, м;

n - среднегодовое число ударов молнии в 1 км<sup>2</sup> земной поверхности (удельная плотность ударов молнии в землю) в месте нахождения здания или сооружения.

Для зданий и сооружений сложной конфигурации в качестве S и L принимаются ширина и длина наименьшего прямоугольника, в который может быть вписано здание или сооружение в плане.

Среднегодовая продолжительность гроз определяется по табл.14.2, 14.3.

Таблица 14.2

Среднегодовая интенсивность грозовой деятельности для некоторых районов СНГ

Наименование городов, районов	Среднегодовая продолжительность гроз, ч
Мурманск, Хатанга, п/о Чукотский, п/о Камчатка, о.Сахалин, Магадан, п/о Мангышлак, Красноводск	до 10
Архангельск, Надым, Новый Уренгой, Владивосток, Ашха-	от 10 до 20

бд, Самарканд, Ташкент, Кзыл-Орда, Баку	
Рига, Петрозаводск, Москва, Ярославль, Ухта, Сургут	от 20 до 40
Гродно, Новгород, Калинин, Тула, Рязань, Кострома, Пенза, Волгоград, Ростов-на-Дону, Тюмень	от 40 до 60
Львов, Минск, Киев, Кишинев, Полтава, Брянск, Орел, Смоленск, Воронеж, Краснодар, Тбилиси	от 60 до 100
Ужгород, Дрогобыч, Запорожье, Харьков, Ворошиловград, Сухуми	от 80 до 100
Майкоп, Ереван	более 100

Для произвольного пункта на территории РФ удельная плотность ударов молнии в землю  $n$  определяется исходя из среднегодовой продолжительности гроз в часах.

Таблица 14.3

Среднегодовая продолжительность гроз, ч	Удельная плотность ударов молнии $n$ в год на 1 км <sup>2</sup>
10—20	1
20—40	2
40—60	4
60—80	5,5
80—100	7
100 и более	8,5

### 14.3.1. Зоны защиты молниеотводов

**Одиночный стержневой молниеотвод.** Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода высотой  $h$  представляет собой круговой конус (рис. 3), вершина которого находится на высоте  $h_0 < h$ . На уровне земли зона защиты образует круг радиусом  $r_0$ . Горизонтальное сечение зоны защиты на высоте защищаемого сооружения  $h_x$  представляет собой круг радиусом  $r_x$ .

Зоны защиты одиночных стержневых молниеотводов высотой  $h \leq 150$  м имеют следующие габаритные размеры:

$$\begin{aligned} \text{Зона А: } \quad h_0 &= 0,85 \cdot h; \quad r_0 = (1,1 - 0,002 \cdot h) \cdot h; \\ r_x &= (1,1 - 0,002 \cdot h) (h - h_x / 0,85) \end{aligned}$$

(14.3)

$$\text{Зона Б: } \quad h_0 = 0,92 \cdot h; \quad r_0 = 1,5 \cdot h; \quad r_x = 1,5 \cdot (h - h_x / 0,92)$$

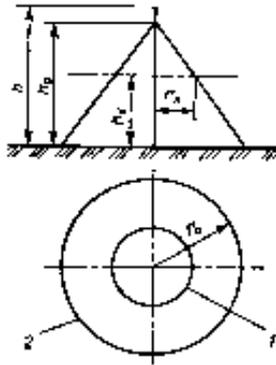


Рис.14.3. Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода:  
 1-граница зоны защиты на уровне  $h_x$ ;  
 2-граница зоны защиты на уровне земли

Для зоны Б высота одиночного стержневого молниеотвода при известных значениях  $h_x$  и  $r_x$  может быть определена по формуле:

$$h = \frac{(r_x + 1,63 h_x)}{1,5} \quad (14.4)$$

**Двойной стержневой молниеотвод.** Двойными считаются молниеотводы, находящиеся на расстоянии  $L \leq 5h$ ; между ними образуется общая зона защиты. Зона защиты двойного стержневого молниеотвода одинаковой высоты ( $h \leq 150$  м) показана на рис. 14.4. Торцевые области зоны защиты определяются как зоны одиночных стержневых молниеотводов по формулам п. 1 для обоих типов зон защиты.

Зоны защиты двойного стержневого молниеотвода одинаковой высоты имеют следующие габариты:

Зона А:

$$\text{при } L \leq h \quad h_c = h_0; r_{cx} = r_x; r_c = r_0; \quad (14.5)$$

$$\begin{aligned} \text{при } h < L \leq 2h \quad h_c &= h_0 - (0,17 + 3 \cdot 10^{-4}h)(L - h); \\ r_{cx} &= r_0 \frac{h_c - h_x}{h_c}; \quad r_c = r_0; \end{aligned} \quad (14.6)$$

$$\begin{aligned} \text{при } 2h < L \leq 4h; \quad h_c &= h_0 - (0,17 + 3 \cdot 10^{-4}h)(L - h); \\ r_c &= r_0 \left[ 1 - \frac{0,2(L - 2h)}{h} \right]; \end{aligned} \quad (14.7)$$

$$r_{cx} = r_c(h_c - h_x)/h_c.$$

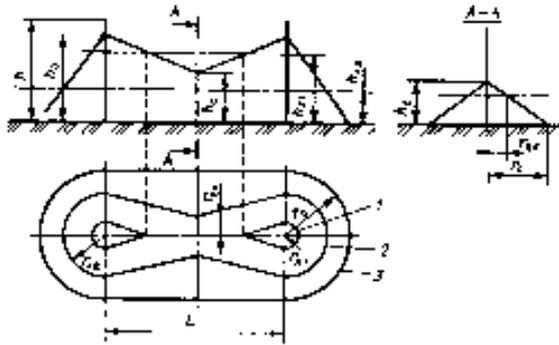


Рис.14.4. Зона защиты двойного стержневого молниеотвода:  
1-граница зоны защиты на уровне  $h_{x1}$ ; 2-граница зоны защиты на уровне  $h_{x2}$ ;  
3-граница зоны защиты на уровне земли

Зона Б:

$$\text{при } L \leq h: h_c = h_0; r_{cx} = r_x; r_c = r_0; \quad (14.8)$$

$$\text{при } h < L \leq 1,5h \begin{cases} h_c = h_0 - 0,14(L - 1,5h), \\ r_{cx} = r_0 \frac{h_c - h_x}{h_c}; r_c = r_0. \end{cases} \quad (14.9)$$

При известных  $h_c$  и  $L$  (при  $r_{cx} = 0$ ) высота молниеотвода для зоны Б определяется по формуле:

$$h = \frac{h_c + 0,14L}{1,06} \quad (14.10)$$

Зона защиты стержневых молниеотводов разной высоты  $h_1$  и  $h_0 \leq 150$  м представлена на рис. 14.5.

Зона А существует при  $L \leq 4h_{\min}$ ,

зона Б - при  $L \leq 6h_{\min}$ .

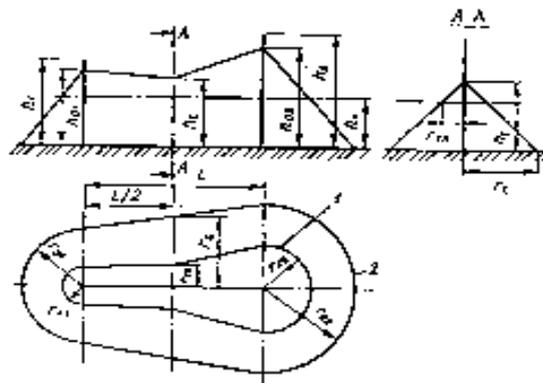


Рис.14.5. Зона защиты двух стержневых молниеотводов разной высоты:  
1-граница зоны защиты на уровне  $h_{x1}$ ; 2-граница зоны защиты на уровне  $h_{x2}$ ;  
3-граница зоны защиты на уровне земли

Торцевые области определяются как зоны защиты одиночных стержневых молниеотводов соответствующей высоты. Остальные размеры зоны определяются по формулам:

$$r_c = \frac{r_{01} + r_{02}}{2}; \quad h_c = \frac{h_{c1} + h_{c2}}{2}; \quad r_{cx} = r_c \frac{h_c - h_x}{h_c},$$

где  $h_{c1}$  и  $h_{c2}$  для обоих типов зон защиты вычисляются по формулам для  $h_c$ .

### Одиночный тросовый молниеотвод

Зона защиты одиночного тросового молниеотвода высотой  $h$  м приведена на рис. 14.6, где  $h$  - высота троса в точке наибольшего провеса. С учетом стрелы провеса при известной высоте опор  $h_{оп}$  - высота стального троса сечением 35-5- мм<sup>2</sup> определяется при длине пролета  $a < 120$  м как  $h = h_{оп} - 2$  м, а при  $a = 120 + 150$  м как:  $h = h_{оп} - 3$  м.

Зоны защиты одиночных тросовых молниеотводов имеют следующие габариты:

<p>Зона А:</p> $\begin{cases} h_0 = 0,85h; \\ r_0 = (1,35 - 0,0025h)h; \\ r_x = (1,35 - 0,0025h)(h - h_x / 0,85). \end{cases}$	<p>Зона Б:</p> $\begin{cases} h_0 = 0,92h; r_0 = 1,7h, \\ r_x = 1,7(h - h_x / 0,92). \end{cases}$
--	---

Для зоны типа Б высота одиночного тросового молниеотвода при известных величинах  $h_x$  и  $r_x$  определяется по формуле:

$$h = \frac{(r_x + 1,85 h_x)}{1,7}, \quad (14.11)$$

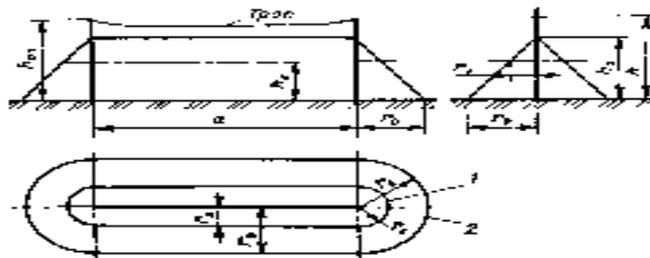


Рис.14.6. Зона защиты одиночного тросового молниеотвода:  
1-граница зоны защиты на уровне  $h_x$ ; 2-граница зоны защиты на уровне земли.

### Двойной тросовый молниеотвод

Зона защиты двойного тросового молниеотвода высотой  $h \leq 150$  м показана на рис. 14.7.

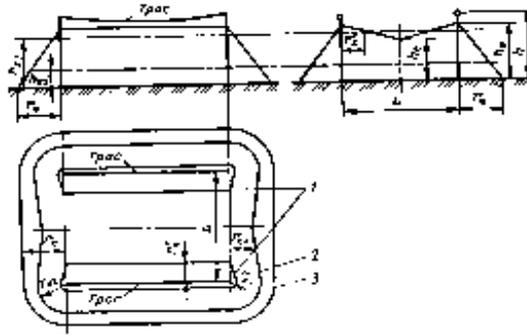


Рис. 14.7. Зона защиты двойного тросового молниеотвода:  
 1-граница зоны защиты на уровне  $h_{x1}$ ; 2-граница зоны защиты на уровне  $h_{x2}$ ;  
 3-граница зоны защиты на уровне земли

Размеры  $r_0$ ,  $h_0$ ,  $r_x$  для обоих типов зон защиты рассчитываются по формулам 14.1. Остальные габариты зон защиты определяются следующим образом:

Зона А:

при  $L \leq h$ :  $h_c = h_0$ ;  $r_{cx} = r_x$ ;  $r_c = r_0$ ;

при  $h < L \leq 2h$ :

$$\begin{cases} h_c = h_0 - (0,14 + 5 \cdot 10^{-4} h)(L - h); \\ r_x^{\odot} = L/2[(h_0 - h_x)/(h_0 - h_c)]; \\ r_c = r_0; r_{cx} = r_0(h_c - h_x)/h_c. \end{cases} \quad (14.12)$$

При  $2h < L \leq 4h$

$h_c = h_0 - (0,14 + 5 \cdot 10^{-4} h)(L - h)$

$$r_x' = \frac{L}{2} \cdot \frac{(h_0 - h_x)}{(h_0 - h_c)}; \quad r_c = r_0 \left[ 1 - \frac{0,2(L - 2h)}{h} \right]; \quad r_{cx} = r_0(h_c - h_x)/h_c.$$

Зона Б :

при  $L \leq h$ :  $h_c = h_0$ ;  $r_{cx} = r_x$ ;  $r_c = r_0$ ; (14.13)

при  $h < L \leq 6h$ :

$$\begin{cases} h_c = h_0 - 0,12(L - h); \\ r_x^{\odot} = \frac{L}{2} \frac{h_0 - h_x}{h_0 - h_c}; \\ r_c = r_0; r_{cx} = r_0(h_c - h_x)/h_c. \end{cases}$$

При известных  $h_c$  и  $L$  (при  $r_{cx} = 0$ ) высота молниеотвода для зоны Б определяется из соотношения

$$h = \frac{h_c + 0,12 \cdot L}{1,06}. \quad (14.14)$$

#### 14.4. Практическая работа

Цель работы:

1. Выбрать категорию и тип зоны молниезащиты (см. табл. 14.1 и 14.2).

2. Выполнить расчет молниеотвода для одного из объектов (по заданию преподавателя):

а) резервуара;

б) технологического цеха (компрессорного, насосного, открытые установки, стоянки и др.);

в) дымовой трубы.

### Примеры расчетов

Резервуарные парки с ЛВЖ по устройству молниезащиты относятся ко II категории и подлежат защите на всей территории РФ, а молниеотводы предусматриваются с зонами защиты типа Б (см. табл. 14.1).

Для отдельных резервуаров, их групп или резервуарного парка за величину  $L$  и  $S$  следует принимать стороны прямоугольника, в который могут быть вписаны все резервуары. Величина защитного уровня  $h_x$  для резервуарных парков с емкостями 10, 15 и 20 тыс.м<sup>3</sup> принимается с учетом наибольшей высоты резервуара ( $H$ ), а высота зоны взрывоопасности над крышей – 5 м. Так, высота защищаемого уровня для резервуаров РВС - 20000 принимается равной 18 м ( $h_x = H + 5 = 12,94 + 5 = 17,94$  м). Защитный уровень резервуара типа РВС - 50000 - 24,4 м.

**Задача 1.** Рассчитать необходимую высоту одиночного стержневого молниеотвода для защиты газораспределительных станций (ГРС)  $L = 10$  м,  $S = 6$  м,  $h_x = 4,5$  м, расположенных в районе Перми, см. рис. 14.8а.

*Решение:* Определим категорию здания ГРС. Так как класс зоны по ПУЭ-87 В–1а, то категория здания II (табл. 14.1).

Число возможных воздействий молний:

$N = [(S+6 \cdot h_x)(L+6 \cdot h_x) - 7,7 \cdot h_x] n \cdot 10^{-6} = [(6+6 \cdot 4,5)(10+6 \cdot 4,5) - 7,7 \cdot 4,5^2] 6 \cdot 10^{-6} = 0,00639 < 1$ , следовательно, принимаем зону типа Б.

$$h = \frac{r_x + 1,63h_x}{1,5} = \frac{8,6 + 1,63 \cdot 4,5}{1,5} = 10,6 \text{ м}$$

где  $r_x$  - радиус зоны защиты на высоте  $h_x = 4,5$  м, который находим из уравнения

$$r_x = 0,5 + \sqrt{(S+1)^2 + \left(\frac{L}{2}\right)^2} = 0,5 + \sqrt{(6+1)^2 + (10/2)^2} = 8,6 \text{ м}$$

Итак, необходимая высота молниеотвода 10,6 м.

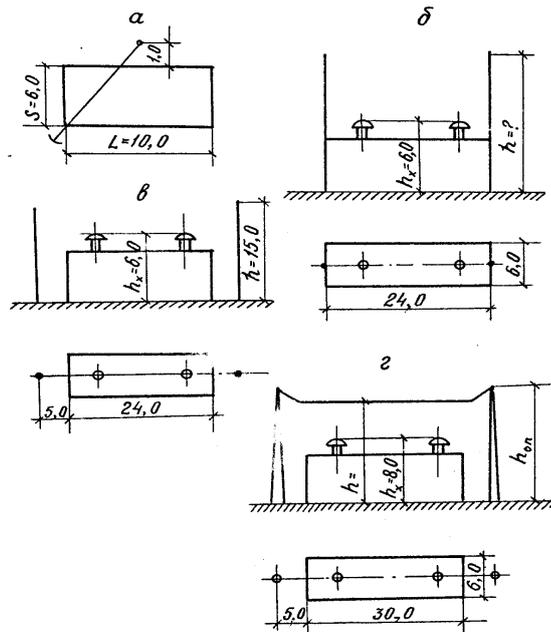


Рис 14.8. Схемы вариантов молниезащиты зданий

### Задача 2.

Рассчитать необходимую высоту двойного стержневого молниеотвода для защиты здания насосной станции сырой нефти. Станция находится в местности с грозовой деятельностью 40-60 часов в год. Размеры здания и расположение молниеприемников даны на рис. 14.8 б.

*Решение:* Здание насосной относится к зонам класса В-Ia. Следовательно, молниезащита II категории (см. табл. 14.1).

Для определения зоны защиты рассчитаем число возможных воздействий молний:

$$N = [(6 + 6 \cdot 6) \cdot (24 + 6 \cdot 6) - 7,7 \cdot 6^2] \cdot 6 \cdot 10^{-6} = 0,013 < 1,$$

значит, зона защиты типа Б.

Необходимая высота молниеотвода определяется подбором при условии, что  $S / 2 = 3 \text{ м} \leq r_{\text{сх}}$ . Примем  $h = 10 \text{ м}$ .

По формуле для  $h < L \leq 1,5h$  (как для одиночного молниеотвода):

$$r_0 = r_c = 1,5 \cdot h = 1,5 \cdot 10 = 15 \text{ м};$$

$$h_c = h_0 - 0,14 \cdot (L - 1,5 \cdot h) = 0,92 \cdot 10 - 0,14 \cdot (24 - 1,5 \cdot 10) = 7,94 \text{ м};$$

$$r_{\text{сх}} = r_0 \cdot (h_c - h_x) / h_c = 15 \cdot (7,94 - 6) / 7,94 = 3,66 \text{ м};$$

$$h_0 = 0,92 \cdot h = 0,92 \cdot 10 = 9,2 \text{ м}.$$

Так как  $r_{\text{сх}} = 3,66 > S / 2 = 3$  (на защищаемом уровне  $h_x = 6 \text{ м}$ ), то высота молниеотвода ( $h = 10 \text{ м}$ ) подобрана правильно.

### Задача 3.

Сделать вывод о соответствии молниезащиты двойным стержневым молниеотводом здания насосной станции сырой нефти. Размеры здания и грозовая деятельность те же, что и в задаче 2. Двойной стержневой

молниеотвод принят отдельно стоящим, расположен по оси здания на расстоянии 5 м от торцевых частей здания (см. рис. 14.8 в).

*Решение:* Аналогично задаче 2 категория здания II, зона защиты типа Б.

Требуемая высота молниеотвода определяется с учетом следующего условия:  $S/2=3 \text{ м} \leq r_{cx}$ .

По формуле 5:

$$r_{cx} = 22,5 \cdot [(12,19 - 6)/12,19] = 11,42 \text{ м}; \quad r_o = 1,5 \cdot h = 1,5 \cdot 15 = 22,5;$$

$$h_c = 13,8 - 0,14 \cdot (34 - 1,5 \cdot 15) = 12,19 \text{ м}; \quad h_o = 0,92 \cdot 15 = 13,8 \text{ м}.$$

Так как  $r_{cx} = 11,4 > S/2 = 3 \text{ м}$ , то высота молниеотвода  $h = 15 \text{ м}$  соответствует требованиям РД 34.21.122–87.

#### **Задача 4.**

Здание газокomppressorной станции размером 30×6 и высотой 8 м (см. рис. 8 г) защищено отдельно стоящим тросовым молниеотводом. Грозовая деятельность – более 80 часов. Рассчитать необходимую высоту молниеотвода.

*Решение:* По таблице 14.1 здание компрессорной станции относится ко II категории;  $N = [(6 + 6 \cdot 8)(30 + 6 \cdot 8) - 7,7 \cdot 8^2] \cdot 12 \cdot 10^{-6} = 0,0446 < 1$ , значит зона защиты типа Б.

Требуемая высота молниеотвода, при  $h_x=8 \text{ м}$  и  $r_x=3$  определяется по формуле  $h = (r_x + 1,85 \cdot h_x)/1,7 = (3 + 1,85 \cdot 8)/1,7 = 10,47 \text{ м}$ .

### **Контрольные вопросы**

1. Чем опасны молнии? Что такое прямой удар молнии и ее вторичные проявления?
2. Как выбирается категория молниезащиты?
3. Что собой представляет зона защиты молниеотвода?
4. Чем различаются I, II и III категории зданий по молниезащите?
5. В чем различие зон защиты А и Б?
6. Как рассчитывается ожидаемое количество поражений молний для точечных и площадных объектов?
7. Когда объект считается защищенным от молнии?

## 15. СТАТИЧЕСКОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

Интенсификация технологических процессов, увеличение скоростей транспортирования и переработки твердых, жидких и газообразных материалов приводят к появлению электрических зарядов на перерабатываемом материале и поверхности стенок аппаратов. Такие заряды в определенных условиях представляют опасность как источники электрического разряда и зажигания горючих смесей, что является опасным производственным фактором.

### 15.1. Возникновение зарядов статического электричества

На промышленных предприятиях широко используют и получают в больших количествах вещества и материалы, обладающие способностью к на электризации, т. е. к возникновению зарядов статического электричества. Электрические разряды часто являются причиной пожаров и взрывов. Кроме этого, статическое электричество - причина нарушения технологического процесса, снижения точности показаний приборов и автоматики.

При трении диэлектриков или диэлектриков и проводников на поверхности соприкосновения образуется двойной электрический слой, представляющий собой расположенные определенным образом электрические заряды с противоположными знаками.

Заряды статического электричества накапливаются в них главным образом при соударении частиц о поверхности трубопроводов. Интенсивная электризация наблюдается при пневмотранспорте пылевидных и сыпучих материалов, дроблении и перемешивании, сливе и наливке жидкостей.

Пары и газы в чистом виде не электризуются. При истечении из аппаратов или баллонов газ может электризоваться, что объясняется присутствием в нем твердых или жидких примесей или продуктов конденсации. Практически всегда приходится считаться с возможностью электризации газа, так как в стальных трубах, аппаратах или баллонах может образовываться ржавчина, а в газе могут проявиться кристаллики двуокиси углерода или капли конденсата. Электризация газа может носить адсорбционный или индуктивный характер.

Жидкости, имеющие низкую электропроводность, так же могут подвергаться электризации. На границе раздела жидкой и твердой фаз образуется двойной электрический слой. При движении жидкости двойной слой частично разрушается и в жидкости накапливается избыточное число ионов одного знака.

Электризация жидкостей в процессе производства происходит в следующих случаях: при наливке, сливе и перекачке электризующихся жидкостей (сероуглерода, бензола, толуола, нефти и др.) из незаземленных резер-

вуаров, цистерн и других емкостей; при фильтровании, перемешивании и разбрызгивании жидкостей; при перевозке жидкостей в незаземленных цистернах и бочках.

Опыт показывает, что величина заряда статического электричества, возникающего на пленке или ленте, зависит от электропроводности материалов, их относительной диэлектрической проницаемости, скорости скольжения, характера контакта между поверхностями, линейных размеров, электрических свойств среды, скорости разделения материалов (см. рис. 15.1).



Рис. 15.1. Схема электризации материалов при их разделении

Влияние производственной среды на электризацию связано с относительной влажностью воздуха и его температурой. Резкое увеличение электризации наблюдается при относительной влажности воздуха менее 50 %.

Степень электризации жидкостей в основном зависит от ее диэлектрических свойств и кинематической вязкости, скорости течения жидкости, диаметра и длины трубопровода. С увеличением скорости течения разность потенциалов увеличивается.

## 15.2. Опасность разрядов статического электричества в производственных условиях

Разряд статического электричества возникает тогда, когда напряженность электростатического поля над поверхностью диэлектрика или проводника достигает критической (пробивной) величины. Для воздуха пробивное напряжение составляет 30 кВ/см (при NTR).

Степень электризации среды считается безопасной, если измеренные максимальные значения поверхностной плотности заряда не превосходят предельно допустимые значения для данной среды. За предельно допустимое принято такое значение, при котором максимально возможная энергия заряда ( $W$ ) поверхности данного вещества не превышает 0,25 минимальной энергии воспламенения данной среды. Энергию разряда можно определить из следующего соотношения:

$$W = 0,5 \cdot C \cdot U^2 = 0,5 \cdot Q \cdot U, \quad (15.1)$$

где  $W$  - энергия искры, Дж;

$C$  - электрическая емкость, разряжаемая искрой, Ф;

U - разность потенциалов между электродами, В;  
Q - величина заряда, вызвавшего искру, Кл.

### 15.3. Воздействие статического электричества на человека

Заряды статического электричества могут накапливаться и на людях. Электризация тела человека происходит при использовании одежды из синтетических тканей, работе с наэлектризованными изделиями, материалами и др. Накопление зарядов статического электричества возможно тогда, когда человек изолирован от земли и заземленных предметов непроводящей обувью, полами, диэлектрическими перчатками.

Величина накопившегося на человеке заряда может быть достаточна для искрового разряда при контакте с заземленным предметом. Для определения энергии разряда с тела человека на заземленный предмет можно воспользоваться следующей эмпирической формулой:

$$W = 33,34 \cdot 10^{-9} (\lg (H - 130) \pm V) \cdot U^2, \quad (15.2)$$

где H - рост человека, см;

V - коэффициент, характеризующий материал покрытия пола (0,095 ÷ 0,45);

U - потенциал относительно земли, В.

Если за максимальную величину потенциала, которую человек начинает ощущать, принять 35 кВ, материал пола - металл, рост человека - 180 см, то энергия разряда составит 44,7 мДж. Эта величина энергии разряда достаточна для зажигания практически всех газо- и паровоздушных смесей.

Физиологическое действие статического электричества на организм человека зависит от величины энергии разряда. Искровой разряд обычно ощущается как укол, толчок или вызывает судороги. Сам разряд не является опасным для жизни, так как сила тока ничтожно мала, однако, под воздействием этих разрядов возможны рефлекторные движения, приводящие к опасным последствиям.

### 15.4. Меры защиты от статического электричества

Опыт защиты от опасных проявлений статического электричества обобщен в "Правилах защиты от статического электричества". В соответствии с этими правилами мероприятия по защите от статического электричества проводятся во взрывоопасных, пожароопасных помещениях и зонах открытых установок, относящихся к классам В-I, В-Ia, В-Iб, В-Iг, В-II, В-IIa и др. (ПУЭ). В помещениях, не относящихся к этим классам, защиту осуществляют на тех участках, где статическое электричество отрицательно влияет на производственные процессы.

Меры защиты от статического электричества направлены на предупреждение возникновения и накопления зарядов, создание условий рассеивания зарядов и устранения опасности вредного воздействия статического электричества. К основным мерам защиты относятся: заземление оборудования и коммуникаций; уменьшение электрического сопротивления материалов; снижение интенсивности возникновения зарядов статического электричества; нейтрализация зарядов статического электричества; отвод зарядов статического электричества, накапливающихся на людях.

**Заземление** - наиболее простая и часто применяемая мера защиты от статического электричества. Каждую систему аппаратов и трубопроводов, в которых возможно появление статического электричества, заземляют не менее чем в двух местах. Автоцистерны, наливные суда во время заполнения присоединяют к заземлителю. Сопротивление заземляющего устройства, предназначенного для отвода статического электричества, должно быть не более 100 Ом. Неметаллическое оборудование считается электрически заземленным, если сопротивление любой его точки относительно контура заземления не превышает 100 Ом.

Если заземлением не удастся предотвратить накопление статического электричества, то следует применять меры к **уменьшению объемных и поверхностных электрических сопротивлений материалов**. Это достигается повышением относительной влажности, химической обработкой поверхности, применением антистатических веществ, нанесением электропроводных пленок.

Отвод зарядов обеспечивается при относительной влажности 65-70%. При этом на поверхности оборудования образуется электропроводящая пленка воды. Это достигается увлажнением воздуха.

Для увеличения поверхностной проводимости материалы обрабатывают растворами поверхностно-активных веществ. Этот метод применяют при производстве синтетических волокон и полимеров.

Для уменьшения электризации твердых диэлектриков и диэлектрических жидкостей в них вводят растворимые антистатические присадки, увеличивающие объемную проводимость этих материалов. Электропроводящие накопители (графит, сажа, мелкодисперсный металл) образуют токопроводящие мостики и материалы практически не электризуются.

**Снижение интенсивности возникновения зарядов статического электричества** достигается подбором скорости движения веществ, исключением разбрызгивания, дробления и распыления веществ, отводом электростатического заряда, подбором поверхностей трения и очисткой горючих газов от примесей.

Безопасные скорости транспортировки жидких и пылевидных веществ в зависимости от удельного электрического сопротивления нормируются "Правилами защиты от статического электричества". Наиболее опасными по диэлектрическим свойствам и пожароопасности являются

этиловый эфир, сероуглерод, бензол, бензин, этиловый и метиловый спирты.

Для уменьшения интенсивности образования зарядов в трубопроводах для перекачки нефтепродуктов устраивают расширенные участки - релаксационные емкости. В эти емкости стекает часть зарядов, образовавшихся при перекачке по трубопроводу. Снижение электризации жидкостей и газов достигается также их очисткой.

При невозможности использования простых средств защиты от статического электричества рекомендуется **нейтрализовать заряды** ионизацией воздуха в местах их возникновения или накопления. Для этого используют ионизаторы, которые подбирают таким образом, чтобы число пар ионов, образующихся в единице объема воздуха, соответствовало скорости образования зарядов в производственном процессе. В зависимости от принципа работы различают индукционные, радиоизотопные и комбинированные ионизаторы.

Индукционные ионизаторы позволяют создать вблизи заряженного тела электрическое поле высокой напряженности, при этом возникает коронный разряд, ионизирующий воздух. Образовавшиеся ионы, знак которых противоположен заряду тела, притягиваются к поверхности и нейтрализуют ее заряд. Индукционные ионизаторы выполняются в виде стержней, на которых укреплены заземленные металлические наконечники.

Радиоизотопные ионизаторы представляют собой излучатели  $\alpha$ - и  $\beta$ -частиц, ионизирующие воздух.

Возникновение заряда статического электричества на человеке может вызвать воспламенение и взрыв пожароопасных веществ. Для **отвода зарядов статического электричества, накапливающегося на людях**, используют устройство электропроводящих полов или заземленных зон, помостов и рабочих площадок; заземление ручек дверей, поручней, лестниц, рукояток приборов, машин и аппаратов; обеспечение рабочих токопроводящей обувью и антистатической одеждой.

## 15.5. Лабораторная работа

### ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ВОСПЛАМЕНЕНИЯ ГОРЮЧИХ ВЕЩЕСТВ ОТ СТАТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

Цель работы:

1. Исследовать влияние режима пневмотранспортирования диэлектрического материала на интенсивность процесса электризации.
2. Экспериментально определить воспламеняющуюся способность искровых разрядов статического электричества.

### 15.5.1. Методы измерения статического электричества

Напряженность и потенциал поля измеряют электрометрами, представляющими собой конденсатор с подвижным и неподвижным электродами. При приложении напряжения подвижный электрод перемещается. Для определения плотности электрических зарядов пользуются гальванометрами постоянного тока.

### 15.5.2. Описание и принцип работы лабораторной установки

Установка напольного типа (см. рис. 15.2) состоит из укрепленной на каркасе 1 циркуляционной системы (пневмотранспорта) с вентилятором 2 и взрывной камеры 3.

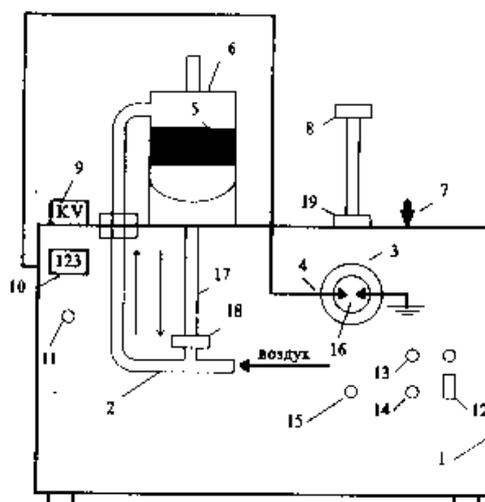


Рис.15.2. Схема экспериментальной установки:.

1 - каркас; 2 - циркуляционная система пневмотранспортирования; 3 - взрывная камера; 4 - электроды; 5 - металлическая футеровка; 6 - бункер; 7 - клапан для заливки горючей смеси во взрывную камеру; 8 - выхлопная труба; 9 - киловольтметр; 10 - цифровой вольтметр; 11 - секундомер; 12 - кнопка включения установки; 13 - кнопка запуска пневмосистемы; 14 - кнопка "стоп"; 15 - кнопка продувки взрывной камеры; 16 - смотровое окно; 17, 18 - риски; 19 - рычаг компенсатора взрывной волны

В камере установлены электроды 4, на которых происходит разряд статического электричества, поступающего с металлической футеровки 5 бункера пневмосистемы 6.

Во взрывной камере имеются отверстия для впрыскивания горючей смеси 7 и выхода отработанных газов, оснащенные выхлопной трубой 8. В камере смонтировано окно для визуального наблюдения за разрядами. На левой панели каркаса расположены киловольтметр 9, счетчик импульсов 10 и секундомер 11. На правой панели размещены кнопка включения установки 12, кнопка "Пуск" пневмосистемы 13, кнопка "Стоп" 14, рычаг управления системой продувки взрывной камеры 15, смотровое окно взрывной камеры 16.

Диэлектрический материал потоком воздуха перемещается по пневмопроводу 2 в бункер 6. При контакте поверхности пневмопровода и диэлектрического материала образуется двойной электрический слой. На одной поверхности образуются отрицательные заряды, на другой - положительные. При сохранении контакта суммарный заряд на контактирующих материалах (стенках пневмопровода и транспортируемом материале) равен нулю, при этом электрическое поле исчезает и разряд произойти не может. При разделении контактирующих поверхностей во время падения сыпучего материала в бункер происходит разделение зарядов, их накопление, при этом увеличивается разность потенциалов между двумя разноименно заряженными поверхностями и происходит разряд.

Накапливаемый на стенках пневмопровода заряд снимается при помощи металлической футеровки 5 и передается во взрывную камеру 3 на один из электродов 4. При этом второй электрод соединен с заземлителем. Потенциал статического электричества на металлической футеровке бункера измеряется электрическим киловольтметром 9. Счетчик импульсов 10 фиксирует количество искровых разрядов между электродами во взрывной камере. Во взрывную камеру заливается объем горючей смеси, обеспечивающий стехиометрическую концентрацию ее в воздухе, которая, при прохождении между электродами разряда, взрывается.

### **15.5.3. Работа на установке**

До начала работы необходимо включить установку кнопкой 12 и запустить вентилятор циркуляционной системы кнопкой 13, которая начинает перемещение сыпучего материала по пневмопроводу в бункер. Расход транспортируемого материала регулируется с помощью шиберов 18. Внутренняя поверхность приемного бункера футерована фольгой, электрически соединенной с высоковольтным электродом во взрывной камере, где зарядами статического электричества поджигается горючая смесь, которая вводится во взрывную камеру через отверстие в верхнем фланце. Перед каждым воспламенением (взрывом) взрывная камера продувается чистым воздухом для удаления продуктов горения путем нажатия на кнопку 15 в течение 15 секунд. Подсчет количества зарядов во взрывной камере осуществляется цифровым вольтметром 10, который включается в работу нажатием кнопки 1 на приборе, а останавливается кнопкой 2. Кнопка 3 служит для сброса показаний на нуль.

Максимальное значение потенциала равно 10 кВ.

Выхлопная труба у своего основания имеет рычаг управления компенсатором взрывной волны 19, который после взрыва опускается вниз. Перед началом работы его необходимо вернуть в исходное крайнее верхнее положение.

## Порядок проведения работы

1. Включить установку тумблером 12.
2. Продуть взрывную камеру свежим воздухом, удерживая кнопку 15 в течение 15 секунд.
3. Поднять вверх до упора рычаг управления компенсатора взрывной волны 19.
4. Максимально открыть шибер 18 и запустить пневмотранспортную систему кнопкой 13.
5. При помощи секундомера 11 и двух рисок 17 определить время прохождения материала через мерный участок, заметив отличающуюся по цвету от основной массы материала частицу. Расход материала ( $V$ ) рассчитывается по формуле:

$$V = \frac{\sigma}{\tau} = \frac{500}{\tau}, \text{ см}^3, \quad (15.1)$$

где  $\sigma$  - объем мерного участка трубы,  $500 \text{ см}^3$ ;

$\tau$  - время прохождения мерного участка трубы частицей материала, сек. (по секундомеру).

Результат занести в табл. 15.1.

Таблица 15.1

Параметр	Ед. изм.	Время прохождения					
		1	2	3	4	5	6
$V$ , расход	$\text{см}^3/\text{с}$						
$N$ , число разрядов	$\text{с}^{-1}$						
$U_{\text{пр}}$ , значение потенциала	кВ						
$I_3$ , ток электризации	А						
$W_{\text{раз}}$ , энергия разряда	Дж						

6. При выбранном расходе материала определить число импульсов в минуту с помощью цифрового вольтметра 10 и секундомера 11. Показание вольтметра во время разряда 10 кВ. Результаты занести в табл. 15.1. После заполнения строк 1-3 установка временно отключается.

7. По данным таблицы построить график зависимости количества импульсов от расхода материала.

8. Определить ток электризации ( $I_3$ , А) в зависимости от расхода материала по данным табл. 15.1 и формуле

$$I_3 = U_{\text{пр}} \cdot C_{\text{разр}} \cdot N, \quad (15.2)$$

где  $N$  - число разрядов,  $\text{с}^{-1}$ ;

$C_{\text{разр}}$  - электрическая емкость разрядной цепи (0,001 Ф);

$U_{\text{пр}}$  - максимальное значение потенциала при разряде (10 кВ).

9. Рассчитать энергию искрового разряда статического электричества для каждого расхода материала ( $W_{\text{разр, Дж}}$ ) по табл. 15.1 и по формуле:

$$W_{\text{разр}} = 0,5 \cdot C_{\text{разр}} \cdot U_{\text{пр}}^2. \quad (15.3)$$

10. Полученное значение энергии разряда сравнить с величинами минимальных энергий воспламенения некоторых веществ по табл. 15.2. Сделать вывод, какие из сред способны воспламенить электрический разряд, полученный на стенде?

Таблица 15.2

Вещество	Энергия, МДж	Вещество	Энергия, МДж
Ацетилен	0,011	Бензин Б-70	0,15
Аммиак	680	Этиловый спирт	0,19
Полистирол (пыль)	15	Циклопропан	0,23
Цинковая пыль	650	Цикорий (пыль)	5
Этан	0,24	Этилен	0,29
Водород	0,013	Ацетон	1,21

11. Определить необходимое количество горючей смеси (ацетона) ( $C_{\text{ст}}$ ) для создания стехиометрической концентрации во взрывной камере. Стехиометрической называется смесь, которая не содержит в избытке ни горючий компонент, ни окислитель и определяется соотношением

$$C_{\text{ст}} = \frac{100}{m_R + m_{O_2} + m_{N_2}}, \quad (15.3)$$

где  $m_R, m_{O_2}, m_{N_2}$  – стехиометрические коэффициенты горючей жидкости, кислорода и азота, определяемые из уравнения горения. Реакции горения некоторых веществ приведены в табл. 15.3.

Таблица 15.3

Вещество	Молекулярный вес (M, кг/К·моль)	Формула	Удельная плотность, г/л	Реакция горения
Ацетон	58,8	$C_3H_6O$	790,5	$C_3H_6O + 4 O_2 + 4 \cdot 3,76 N_2 = 3 CO_2 + 3 H_2O + 4 \cdot 3,76 N_2$
Бензол	48,11	$C_6H_6$	879,0	$C_6H_6 + 7,5 O_2 + 7,5 \cdot 3,76 N_2 = 6 CO_2 + 3 H_2O + 7,5 \cdot 3,76 N_2$
Этанол	46,02	$C_2H_5OH$	789,5	$C_2H_5OH + 3 O_2 + 3 \cdot 3,76 N_2 = 2 CO_2 + 3 H_2O + 3 \cdot 3,76 N_2$

Рассчитаем необходимый объем вещества (V), при котором возможен взрыв из уравнения

$$V = \frac{10 \cdot C_{\text{ст}} \cdot M \cdot V_n}{V_i \cdot \gamma_c}$$

где  $M$  - молекулярный вес, (кг/К·моль);  $V_n$ —объем камеры (1 л) ;  $\gamma_{ж}$ —удельная плотность жидкости (г/л);  $V_t$  —объем грамм-молекулы (22,4 л).

Коэффициент 3,76 отражает соотношение кислорода и азота в воздухе.

12. Рассчитанное количество горючей смеси заливается во взрывную камеру. Для этого предварительно необходимо нажать выступающий клапан заливного отверстия 7. После минутной выдержки для испарения ацетона в камере запускается пневмотранспортная система с максимальным расходом по сыпучему веществу. При достаточной энергии разряда и правильно выбранном объеме вещества должен произойти взрыв.

13. Выключить пневмотранспортную систему.

### Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Схема узла и взрывной камеры.
3. Заполняется таблица (15.1) по экспериментальным данным.
4. Результаты расчета расхода материала, тока электризации и энергии разряда.
5. Расчет количества горючей жидкости для создания стехиометрической концентрации его с воздухом во взрывной камере.
6. Выводы о влиянии расхода материала на количество разрядов и величину максимального тока; о возможности воспламенения горючих веществ при каждом расходе материала.

### Контрольные вопросы

1. В каких случаях происходит накопление зарядов статического электричества на материалах, стенках сосудов и аппаратов?
2. В каких случаях происходят разряды, и чем они опасны?
3. Как осуществляется защита от статического электричества?
4. Опасно ли статическое электричество для человека?
5. Порядок проведения работы на установке.
6. Как может влиять изменение режима пневмотранспортирования диэлектрического материала на интенсивность процесса электризации?
7. Как определяется расход материала по времени его перемещения в переточной трубе?
8. Как определить необходимое количество горючего вещества для создания стехиометрической концентрации в камере?

## 16. ЗАЩИТА ЧЕЛОВЕКА В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Как уже отмечалось, любая деятельность потенциально опасна.

Потенциальность опасности означает ее скрытность, неопределенность во времени и пространстве. **Потенциальная опасность** - это скрытая сила. Чтобы эта сила проявилась, необходимы какие-то условия. Условия, позволяющие потенциальной опасности перейти в реальную, называют причинами. Причины могут быть известными или неизвестными, но они всегда существуют. Знание причин, умение их идентифицировать - основа профилактики чрезвычайных ситуаций.

**Причина** - это пусковой механизм ЧС.

Иными словами, ЧС - это реализовавшаяся опасность. В условиях ЧС общество, движимое естественным стремлением к самосохранению, предпринимает осознанные, заранее предусмотренные меры, направленные на обеспечение БЖД.

Согласно Федеральному закону РФ "О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера" вводятся следующие определения:

- **чрезвычайная ситуация** - это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей;
- **предупреждение чрезвычайных ситуаций** - это комплекс мероприятий, проводимых заблаговременно и направленных на максимально возможное уменьшение риска возникновения чрезвычайных ситуаций, а также на сохранение здоровья людей, снижение размеров ущерба окружающей природной среде и материальных потерь в случае их возникновения;
- **ликвидация чрезвычайных ситуаций** - это аварийно-спасательные и другие неотложные работы, проводимые при возникновении чрезвычайных ситуаций и направленные на спасение жизни и сохранение здоровья людей, снижение размеров ущерба окружающей природной среде и материальных потерь, а также на локализацию зон чрезвычайных ситуаций, прекращение действия характерных для них опасных факторов.

**Зона чрезвычайной ситуации** - это территория, на которой сложилась чрезвычайная ситуация.

### 16.1. Положение о классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера

Утверждено постановлением Правительства РФ №1094 от 13.09.96 г.

1. Положение, разработанное в соответствии с Федеральным законом "О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера", предназначено для установления единого подхода к оценке чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера (далее именуются чрезвычайные ситуации), определения границ зон чрезвычайных ситуаций и адекватного реагирования на них.

2. Чрезвычайные ситуации классифицируются в зависимости от количества людей, пострадавших в этих ситуациях; людей, у которых оказались нарушенными условия жизнедеятельности, размеры материального ущерба, а также границы зон распространения поражающих факторов чрезвычайных ситуаций.

Чрезвычайные ситуации подразделяются на: локальные, местные, территориальные, региональные, федеральные и трансграничные.

К **локальной** относится чрезвычайная ситуация, в результате которой пострадало не более 10 человек, либо нарушены условия жизнедеятельности не более 100 человек, либо материальный ущерб составляет не более 1 тысячи минимальных размеров оплаты труда на день возникновения чрезвычайной ситуации и зона чрезвычайной ситуации не выходит за пределы территории объекта производственного или социального назначения.

К **местной** относится чрезвычайная ситуация, в результате которой пострадало свыше 10, но не более 50 человек, либо нарушены условия жизнедеятельности свыше 100, но не более 300 человек, либо материальный ущерб составляет свыше 1 тысячи, но не более 5 тысяч минимальных размеров оплаты труда на день возникновения чрезвычайной ситуации и зона чрезвычайной ситуации не выходит за пределы населенного пункта, города, района.

К **территориальной** относится чрезвычайная ситуация, в результате которой пострадало свыше 50, но не более 500 человек:

- либо нарушены условия жизнедеятельности свыше 300, но не более 500 человек;

- либо материальный ущерб составляет свыше 5 тысяч, но не более 0,5 млн. минимальных размеров оплаты труда на день возникновения чрезвычайной ситуации и зона **чрезвычайной** ситуации не выходит за пределы субъекта Российской Федерации.

К **региональной** относится чрезвычайная ситуация, в результате которой пострадало свыше 50, но не более 500 человек, либо нарушены условия жизнедеятельности свыше 500, но не более 1000 человек, либо материальный ущерб составляет свыше 0,5 млн., но не более 5 млн. минимальных размеров оплаты труда на день возникновения чрезвычайной ситуации и зона чрезвычайной ситуации охватывает территорию двух субъектов Российской Федерации.

К **федеральной** относится чрезвычайная ситуация, в результате которой пострадало свыше 500 человек, либо нарушены условия жизнедеятельности свыше 1000 человек, либо материальный ущерб составляет свыше 5 млн. минимальных размеров оплаты труда на день возникновения чрезвычайной ситуации и ее зона выходит за пределы более чем двух субъектов Российской Федерации.

К **трансграничной** относится чрезвычайная ситуация, поражающие факторы которой выходят за пределы Российской Федерации, либо которая произошла за рубежом и затрагивает территорию Российской Федерации.

3. Ликвидация чрезвычайной ситуации осуществляется силами и средствами предприятий, учреждений, организаций независимо от их организационно - правовой формы (далее именуются- организации), органов местного самоуправления, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, на территориях которых сложилась чрезвычайная ситуация, под руководством соответствующих комиссий по чрезвычайным ситуациям.

Ликвидация локальной чрезвычайной ситуации осуществляется силами и средствами организации.

Ликвидация местной чрезвычайной ситуации осуществляется силами и средствами органов местного самоуправления.

Ликвидация территориальной чрезвычайной ситуации осуществляется силами и средствами органов исполнительной власти субъекта Российской Федерации.

Ликвидация региональной и федеральной чрезвычайной ситуации осуществляется силами и средствами органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, оказавшихся в зоне чрезвычайной ситуации.

При недостаточности собственных сил и средств для ликвидации локальной, местной, территориальной, региональной и федеральной чрезвычайных ситуаций соответствующие комиссии по чрезвычайным ситуациям могут обращаться за помощью к вышестоящим комиссиям по чрезвычайным ситуациям.

Ликвидация трансграничной чрезвычайной ситуации осуществляется по решению Правительства Российской Федерации в соответствии с нормами международного права и международными договорами Российской Федерации.

К ликвидации чрезвычайных ситуаций могут привлекаться Вооруженные Силы Российской Федерации, Войска гражданской обороны Российской Федерации, другие войска и воинские формирования в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Ликвидация чрезвычайной ситуаций считается завершенной по окончании проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ.

Под физической устойчивостью предприятия к поражающим факторам чрезвычайных ситуаций понимается его способность в определенной степени противостоять этим факторам и выполнять свою функцию.

ЧС - это явление, событие, процесс, у которого могут быть предвестники, несколько стадий развития и последствия. Защита от ЧС предусматривает систему мер, которая включает:

- прогноз ЧС (средства, затраченные на прогноз и проведение подготовительных работ на 2-3 порядка меньше, чем на ликвидацию аварий);
- анализ ЧС;
- проведение подготовительных работ;
- подготовка к действиям в период ЧС;
- ликвидация последствий и др.

Проблема ЧС включает в себя множество аспектов.

## **16.2. Классификация и общая характеристика чрезвычайных ситуаций**

Каждая ЧС имеет свою физическую сущность, свои, только ей присущие причины возникновения, движущие силы, характер развития, свои особенности воздействия на человека и среду его обитания. Исходя из этого, все ЧС могут быть классифицированы (систематизированы) по значительному числу признаков, описывающих эти сложные явления с различных характерных сторон их природы и свойств.

По причинам возникновения можно выделить такие классы ЧС: стихийные бедствия, техногенные катастрофы, антропогенные и экологические катастрофы и социально-политические конфликты.

**Стихийные бедствия** - опасные природные явления или процессы, имеющие чрезвычайный характер и приводящие к нарушению повседневного уклада жизни более или менее значительных групп населения, человеческим жертвам, уничтожению материальных ценностей. К ним относятся землетрясения, наводнения, цунами, извержения вулканов, селевые потоки, оползни, обвалы, ураганы и смерчи, массовые лесные и торфяные пожары, снежные заносы и лавины. К числу стихийных бедствий относят также засухи, длительные проливные дожди, сильные устойчивые морозы, эпидемии, эпизоотии, эпифитотии, массовое распространение вредителей лесного и сельского хозяйства.

Для каждого стихийного бедствия характерно наличие присущих ему поражающих факторов, неблагоприятно воздействующих на состояние

здоровья человека. Количество людей, пострадавших от стихийных бедствий, может быть весьма значительным, а характер поражений очень разнообразным. Больше всего люди страдают от наводнений (40 % от общего урона), ураганов (20 %), землетрясений и засух (по 15 %). Около 10 % общего ущерба приходится на остальные виды стихийных бедствий.

**Техногенными катастрофами** принято считать внезапный выход из строя машин, механизмов и агрегатов во время их эксплуатации, сопровождающийся серьезными нарушениями производственного процесса, взрывами, образованием очагов пожаров, радиоактивным, химическим или биологическим заражением больших территорий, групповым поражением (гибелью) людей.

К техногенным катастрофам относятся аварии на промышленных объектах, строительстве, а также на железнодорожном, воздушном, автомобильном, трубопроводном и водном транспорте, в результате которых образовались пожары, разрушения гражданских и промышленных зданий, создалась опасность радиационного загрязнения, химического и бактериального заражения местности, произошло растекание нефтепродуктов и агрессивных (ядовитых) жидкостей на поверхности земли и воды и возникли другие последствия, создающие угрозу населению и окружающей среде.

Характер последствий техногенных катастроф зависит от вида аварии, ее масштабов и особенностей предприятия, на котором возникла авария (от вида транспорта и обстоятельств, при которых произошла авария).

Техногенные катастрофы могут быть следствием воздействия внешних природных факторов, в том числе стихийных бедствий, проектно-производственных дефектов сооружений, нарушения технологических процессов производства, правил эксплуатации транспорта, оборудования, машин, механизмов и т.д. Однако наиболее распространенными причинами являются нарушения технологического процесса производства и правил техники безопасности.

Знание причин возможных производственных аварий на том или ином предприятии и всесторонняя оценка опасности, которую может представлять предприятие в случае аварии для рабочих и служащих и проживающего вблизи населения, позволяют, во-первых, правильно определить мероприятия по предупреждению аварий и, во-вторых, предусмотреть необходимые меры по защите людей и снижению ущерба в случае возникновения технологической катастрофы.

**Антропогенные катастрофы** - качественное изменение биосферы, вызванное действием антропогенных факторов, порождаемых хозяйственной деятельностью человека, и оказывающее вредное влияние на людей, животный и растительный мир, окружающую среду в целом.

Деградация окружающей среды является следствием развития урбанизации, резкого расширения масштабов хозяйственной деятельности человечества, бездумного потребительского отношения к природе.

К чрезвычайным ситуациям **экологического** характера можно отнести: интенсивную деградацию почвы и ее загрязнение тяжелыми металлами (кадмий, свинец, ртуть, хром и т.д.) и другими вредными веществами; загрязнение атмосферы вредными химическими веществами, шумом, электромагнитными полями и ионизирующими излучениями; кислотные дожди; разрушение озонового слоя; температурные инверсии над промышленными городами (смог); загрязнение, засорение и истощение водных ресурсов и другие ситуации, которые не только снижают качество жизни людей, но и угрожают их здоровью.

**Социально-политические конфликты** — крайне острая форма разрешения противоречий между государствами с применением современных средств поражения (военно-политические конфликты), а также межнациональные кризисы, сопровождающиеся насилием.

**По скорости распространения опасности** ЧС могут быть классифицированы на внезапные (землетрясения, взрывы, транспортные аварии и т.д.); стремительные (пожары, гидродинамические аварии с образованием волны прорыва, аварии с выбросом газообразных химически опасных веществ (АХОВ); умеренные (паводковые наводнения, извержения вулканов, аварии с выбросом радиоактивных веществ); плавные - с медленно распространяющейся опасностью (засухи, эпидемии, аварии на промышленных очистных сооружениях, загрязнение почвы и воды вредными химическими веществами и т.д.).

Показателями масштаба распространения ЧС являются не только размеры территории, непосредственно подвергшейся воздействию поражающих факторов, но и возможные косвенные последствия, которые могут представлять серьезные нарушения организационных, экономических, социальных и других важных связей. Кроме того, в данном признаке классификации учитывается тяжесть последствий, которая порой, несмотря на малую площадь поражения, может быть весьма значительной и трагичной. Поэтому для определения категории ЧС по ее масштабу необходимо оценить одновременно площадь поражения (масштаб первичных и вторичных последствий), косвенные последствия, а также тяжесть последствий. Последние в данной классификации оцениваются уровнем сил и ресурсов, который необходимо привлечь для их ликвидации.

Последствия ЧС могут быть самыми разнообразными. Они зависят от вида, характера чрезвычайной ситуации и масштаба ее распространения.

Основными видами последствий ЧС являются гибель и заболевания людей, разрушения, радиоактивное загрязнение, химическое и

бактериальное заражение. Наряду с различными поражающими факторами действуют и психотравмирующие обстоятельства, представляющие собой обычно комплекс сверхсильных раздражителей, вызывающих нарушение психической деятельности в виде так называемых реактивных (психогенных) состояний. При этом психогенное воздействие экстремальных условий складывается не только из прямой, непосредственной угрозы жизни человека, но и опосредованной, связанной с ожиданием ее реализации вне зон поражения. Если радиусы воздействия опасных и вредных факторов ЧС можно с той или иной степенью достоверности определить заблаговременно расчетным путем, то **радиус психологического воздействия в реальной действительности может иметь самые различные значения**. В ряде случаев он, возможно, будет во много раз превосходить радиусы воздействия других поражающих факторов.

Территория, на которую воздействуют опасные и вредные факторы ЧС, с расположенными на ней населением, животными, зданиями и сооружениями, инженерными сетями и коммуникациями называется **очагом поражения**. Очаги поражения бывают простые (однородные) и сложные (комбинированные).

**Простым очагом поражения** называют очаг, возникший под воздействием одного поражающего фактора, например, разрушения от взрыва, пожара, только химическое или бактериальное заражение. **Сложные очаги поражения** возникают в результате действия нескольких поражающих факторов чрезвычайной ситуации. Например, взрыв на химическом предприятии влечет за собой разрушения, пожары, химическое заражение окружающей местности; землетрясение и ураган, помимо разрушения сооружений, могут вызвать затопление прибрежной полосы, пожары от повреждения электрических сетей, химическое заражение в результате утечки АХОВ при разрушении емкостей и т.д.

Форма очагов поражения в зависимости от природы источника опасных факторов может быть круглой - при землетрясениях; взрывах; полосной - при ураганах, смерчах, затоплениях, селевых потоках, лавинах и др.; неправильной формы - при пожарах, цунами, оползнях и т.п.

Используя понятие изоморфизма (сходство формы при качественном различии явлений материального мира), риск ЧС (как величина ущерба), независимо от природы их происхождения, можно представить в виде функциональной зависимости ( $P_{\text{иск}}$ )

$$\text{Риск} = F(P_a, P_b, C),$$

где  $F$  - оператор (символ ЧС, характеризующий ее основное последствие);

$P_a$  - статистическая вероятность возникновения данного класса ЧС;

$P_b$  - вероятность возникновения неблагоприятных, качественно разрушительных процессов при ЧС;

С - внешние по отношению к ЧС факторы-условия (планировка и характер местности, метеоусловия, плотность населения и уровень его подготовки к действиям в ЧС и т.п.).

Предпосылкой успешной защиты в ЧС является познание условий, причин возникновения и их механизм. Зная сущность процессов, можно их предсказывать.

Независимо от происхождения и типа в **развитии чрезвычайных ситуаций можно выделить четыре характерных стадии** (фазы): зарождения, инициирования, кульминационную и затухания (ликвидация последствий).

**На стадии зарождения** складываются условия, предпосылки будущей ЧС: активизируются неблагоприятные природные процессы; накапливаются проектно-производственные дефекты сооружений и многочисленные технические неисправности; происходят сбои в работе оборудования, инженерно-технического персонала и т.д.

Установить продолжительность стадии зарождения, можно только с помощью регулярной статистики отказов, сбоев "локальных аварий", данных наблюдений сейсмических, метеорологических, противоселевых и других станций.

**На стадии инициирования** чрезвычайного события наиболее существенно влияние человеческого фактора. Так, статистика свидетельствует, что свыше 60 % аварий происходит из-за ошибок персонала.

**На кульминационной стадии** происходит высвобождение энергии или вещества, оказывающих неблагоприятное воздействие на население и окружающую среду, т.е. возникает собственно чрезвычайное событие. Особенность чрезвычайного события — цепной характер протекания, когда разрушительное действие иницирующего события многократно (иногда в сотни раз) усиливается вследствие вовлечения в процесс энергонасыщенных, токсичных, биологически активных компонентов. Образно говоря, это цепной процесс разрушительного высвобождения энергии и веществ.

**Стадия затухания** чрезвычайной ситуации по времени охватывает период от перекрытия (ограничения) источника опасности - локализации ЧС - до полной ликвидации ее прямых и косвенных последствий, включая всю цепочку вторичных, третичных и других последствий. Продолжительность данной стадии может составлять годы, а то и десятилетия.

Знание причинно-следственной цепи формирования ЧС в конкретных условиях дает возможность уменьшить риск возникновения такой ситуации, обеспечить готовность к чрезвычайной обстановке.

### **16.3. Принципы и способы защиты населения**

## **в чрезвычайных ситуациях**

Защита населения в ЧС представляет собой комплекс мероприятий, имеющих цель не допустить неблагоприятное воздействие последствий ЧС или максимально ослабить степень их воздействия. Эффективность защиты населения в ЧС может быть достигнута лишь на основе осознанного учета принципов обеспечения безопасности в чрезвычайных ситуациях и наилучшего использования всех средств и способов.

Принципы обеспечения безопасности по признаку их реализации условно делятся на три группы.

**Заблаговременная подготовка** предполагает, прежде всего, накопление средств защиты (коллективных и индивидуальных) от опасных и вредных факторов и поддержание их в готовности для использования населением, а также подготовку к проведению мероприятий по эвакуации населения из опасных зон (зон риска).

Основными способами защиты населения в ЧС являются: эвакуация населения, укрытие в защитных сооружениях, использование средств индивидуальной защиты, а также средств медицинской профилактики.

**Укрытие населения в защитных сооружениях** - наиболее надежный способ защиты в случае военно-политических конфликтов с применением современных средств поражения, а также в ЧС, сопровождающихся выбросом радиоактивных и химических веществ.

Защитные сооружения - это инженерные сооружения, специально предназначенные для защиты населения от физических, химических и биологически опасных и вредных факторов. В зависимости от защитных свойств эти сооружения подразделяются на убежища и противорадиационные укрытия (ПРУ).

Убежища и укрытия проектируются по строительным нормам и правилам СНиП 2.01.51-90.

**Средства индивидуальной защиты (СИЗ)** населения предназначены для защиты от попадания внутрь организма, на кожные покровы и одежду радиоактивных, отравляющих веществ и бактериальных средств.

**Медицинские средства индивидуальной защиты** предназначены для профилактики и оказания медицинской помощи населению, пострадавшему в ЧС. С их помощью можно спасти жизнь, предупредить или значительно уменьшить степень развития поражения у людей, повысить устойчивость организма человека к воздействию некоторых опасных и вредных факторов (ионизирующих излучений, токсичных веществ и бактериальных средств). К ним относятся радиопротекторы (например, цистамин, снижающий степень воздействия ионизирующих излучений), антитоксические вещества (вещества, предупреждающие или ослабляющие действия токсичных веществ), противобактериальные средства (антибиотики, интерфероны, вакцины, анатоксины и т.п.), а также средства

частичной санитарной обработки (индивидуальный перевязочный пакет, индивидуальный противохимический пакет).

Для обеспечения безопасности жизнедеятельности населения в ЧС особое значение приобретает заблаговременное осуществление ряда мероприятий, в частности, обучение населения действиям в ЧС; организация своевременного оповещения об угрозе возникновения и возникновении ЧС; организация и проведение радиационной, химической и бактериологической разведки, а также дозиметрического и лабораторного (химического) контроля; проведение профилактических противопожарных, противозидемических и санитарно-гигиенических мероприятий; создание запасов материальных средств для проведения спасательных и других неотложных работ.

#### **16.4. Обеспечение безопасности жизнедеятельности в чрезвычайных ситуациях**

Обеспечение безопасности жизнедеятельности в ЧС представляет собой комплекс организационных, инженерно-технических мероприятий и средств, направленных на сохранение жизни и здоровья человека во всех сферах его деятельности.

В качестве основных направлений в решении задач обеспечения безопасности жизнедеятельности могут рассматриваться следующие:

- прогнозирование и оценка возможных последствий ЧС;
- планирование мероприятий по предотвращению или уменьшению вероятности возникновения ЧС, а также сокращению масштабов и последствий их;
- обучение населения действиям в ЧС;
- ликвидация последствий ЧС.

Рассмотрим коротко содержание каждого из этих направлений.

#### **16.5. Прогнозирование и оценка возможных последствий ЧС**

Прогнозирование ЧС - метод ориентировочного выявления и оценки обстановки, складывающейся в результате стихийных бедствий, аварий и катастроф.

В настоящее время хорошо изучены и определены сейсмические районы, районы и места возможных обвалов и селевых потоков, установлены границы зон возможного затопления при разрушении плотин, при наводнениях, а также выявлены промышленные объекты, аварии на которых могут привести к большим разрушениям, поражениям людей, заражению территорий. Это долгосрочный прогноз.

В задачу прогнозирования в области безопасности жизнедеятельности входит также ориентировочное определение времени возникновения ЧС (краткосрочный прогноз), по которому принимаются

оперативные решения по обеспечению безопасности населения во всех сферах его деятельности. В настоящее время усилия многих ученых и специалистов направлены на поиски надежных способов прогнозирования процесса формирования и начала ЧС. Намечились реальные возможности прогнозирования начала некоторых стихийных бедствий. При этом используются расчетные статистические данные цикличности солнечной активности, данные, полученные с искусственных спутников Земли, а также данные метеорологических, сейсмических, вулканических, противоселевых, противолавинных и других станций.

Прогнозирование обстановки, связанной с возникновением ЧС, осуществляется математическими методами.

Исходными данными для прогнозирования являются места (координаты) потенциально опасных объектов и запасы веществ или энергии; численность и плотность населения; характер построек, количество и тип защитных сооружений, их вместимость и другие сведения. При прогнозировании учитываются метеорологические условия, характер местности.

При прогнозировании обстановки в зависимости от вида ЧС определяются границы зон разрушения, катастрофического затопления, пожаров и заражения (радиационного, химического и бактериологического), а также возможные потери населения и ущерб, наносимый объектам народного хозяйства.

Данные прогнозирования обстановки в очагах поражения обобщаются, анализируются и делаются выводы для принятия решения, связанного с организацией и ведением спасательных и других неотложных работ.

Мероприятия, необходимые для предотвращения ущерба от ЧС, можно сгруппировать следующим образом.

**Фоновые (постоянно проводимые) мероприятия, основанные на долгосрочном прогнозе** - выполнение строительно-монтажных работ с учетом требований СНиП, создание надежной системы оповещения населения об опасностях; накопление фонда защитных сооружений и обеспечение населения СИЗ; организация радиационного, химического и бактериологического наблюдения, разведки и лабораторного контроля; всеобщее обязательное обучение населения правилам поведения и действиям в ЧС; проведение режимных, санитарно-гигиенических и противоэпидемических мероприятий; отказ от строительства АЭС, химических и целлюлозно-бумажных и других потенциально опасных объектов в экологически уязвимых зонах; перепрофилирование объектов — источников повышенной опасности для здоровья и жизни людей; разработка, материальное, финансовое обеспечение и практическая отработка планов ликвидации последствий ЧС и т.п.

**Защитные мероприятия, которые необходимы, когда предсказан момент ЧС** развертывание системы наблюдения и разведки, необходимых для уточнения прогноза; приведение в готовность системы оповещения населения от ЧС; ввода в действие специальных правил функционирования экономики и общественной жизни, вплоть до чрезвычайного положения; нейтрализация источников повышенной опасности при ЧС (АЭС, токсичных и взрывоопасных производств и т.п.), прекращение операций с ними, дополнительного укрепления или демонтажа; приведение в готовность аварийно-спасательных служб; частичная эвакуация населения.

#### **16.6. Планирование мероприятий по обеспечению безопасности жизнедеятельности в ЧС**

Планирование является ведущей функцией, центральным звеном в обеспечении безопасности жизнедеятельности в ЧС. Оно позволяет конкретизировать достижения целей и задач по времени, ресурсам и исполнителям. Оно базируется на научных прогнозах обстановки, которая может сложиться в результате возникновения ЧС, на всестороннем анализе и оценке людских и материальных ресурсов, а также на достигнутом уровне развития теории и практики защиты населения в чрезвычайных ситуациях.

Конечным результатом планирования служит составление определенного вида документа-плана. Он должен содержать следующие элементы: конкретные показатели (виды работ, мероприятия); сроки выполнения этих работ, необходимые для выполнения плана ресурсы (виды, количество, источники); указания лицам, ответственным за выполнение каждого пункта плана; способы контроля за ходом выполнения плана.

Реальность плана проверяется в ходе тренировок и учений, проводимых применительно к действительным условиям организации работ по обеспечению безопасности жизнедеятельности в ЧС.

#### **16.7. Обеспечение устойчивой работы объектов народного хозяйства в чрезвычайных ситуациях**

Под устойчивостью работы объектов народного хозяйства (ОНХ) понимают способность противостоять разрушительному воздействию поражающих факторов ЧС, производить продукцию в запланированном объеме и номенклатуре, обеспечивать безопасность жизнедеятельности рабочих и служащих, а также приспособленность к восстановлению своего производства в случае повреждения.

Устойчивая работа объекта в ЧС может быть достигнута путем проведения комплекса организационных, организационно-технических и других мероприятий. Эти мероприятия, прежде всего, должны быть направлены на защиту рабочих и служащих от поражающих факторов ЧС;

они тесно связаны с мероприятиями по подготовке и проведению спасательных и других неотложных работ, так как без людских ресурсов и успешной ликвидации последствий ЧС проводить мероприятия по обеспечению устойчивой работы ОНХ в этом случае практически невозможно. Кроме того, с точки зрения обеспечения безопасности жизнедеятельности рабочих и служащих, а также населения, проживающего вблизи объекта, важное место занимают мероприятия по исключению возникновения вторичных поражающих факторов.

Среди целого комплекса мероприятий по повышению устойчивости работы объекта в ЧС рассмотрим только два, которые непосредственно связаны с проблемой обеспечения безопасности жизнедеятельности в чрезвычайных ситуациях, а именно: защита рабочих и служащих, а также исключение или ограничение поражения от вторичных факторов.

**Защита рабочих и служащих** включает заблаговременное строительство убежищ на предприятиях, в технологических процессах которых используются взрывоопасные, токсичные и радиоактивные вещества; разработку режимов работы рабочих и служащих в условиях заражения вредными веществами; обучение персонала объекта выполнению конкретных работ по ликвидации очагов заражения; организацию и поддержание в постоянной готовности локальной системы оповещения рабочих и служащих объекта и проживающего вблизи населения об опасности, исходящей из объекта.

**Исключение или ограничение поражения от вторичных факторов при авариях.** К вторичным факторам относятся пожары, взрывы, обрушения сооружений, утечки токсичных, радиоактивных и других вредных веществ.

В нормальных условиях производства на объекте проводится ряд мероприятий, обеспечивающих безаварийную и безопасную работу. Однако в ЧС этих мероприятий может оказаться недостаточно, поэтому необходимы дополнительные мероприятия, направленные на ограничение действия вторичных факторов при авариях. К таким мероприятиям можно отнести: сокращение запасов АХОВ, взрыво- и пожароопасных до минимума и хранение их в защищенных хранилищах; применение приспособлений, исключающих разлив токсичных, горючих и агрессивных жидкостей; размещение складов древесины, ядохимикатов, легковоспламеняющихся жидкостей с учетом направления господствующих ветров, устройство противопожарных разрывов и пожарных проездов, строительство пожарных водоемов и емкостей на ОНХ и создание запасов средств пожаротушения; заглубление в грунт технологических коммуникаций, линий электроснабжения и т.п.

## **16.8. Ликвидация последствий чрезвычайных ситуаций**

Для решения всего комплекса вопросов, связанных с ЧС, создана Российская система предупреждения и ликвидации ЧС. Она состоит из территориальных и функциональных подсистем.

Структура территориальных подсистем соответствует структуре исполнительной власти, так как по закону глава исполнительной власти соответствующей территории организует ликвидацию последствий ЧС и ее предупреждение.

Функциональные подсистемы состоят из федеральных органов, непосредственно решающих задачи, связанные с ЧС.

Министерство по делам ГО и ЧС РФ решает следующие задачи:

- информативно - управляющую;
- защиты и жизнеобеспечения населения при ЧС.

Минприроды России, которой переданы все функции Минэкологии, решает следующие задачи в области экологии и ЧС:

- наблюдения и контроля за состоянием окружающей среды и стихийными бедствиями;
- экологической безопасности;
- опасных экзогенных геологических процессов;
- предупреждения с надвигающихся цунами;
- охраны лесов от пожаров.

Минздрав России решает задачу экстренной медицинской помощи населению.

Минфин России создает чрезвычайные резервные фонды.

Задачу по ликвидации последствий ЧС решают с помощью следующих сил:

- аэромобильный корпус спасателей МЧС;
- войска гражданской обороны МЧС;
- спасательные и аварийные подразделения министерств, ведомств, предприятий;
- гражданами организации гражданской обороны.

**На первом этапе** решаются задачи по экстренной защите населения, предотвращению развития или уменьшения воздействия последствий ЧС и подготовке к выполнению аварийно-спасательных и других неотложных работ.

**Основные мероприятия по экстренной защите населения** - оповещение об опасности; использование средств защиты; соблюдение режимов поведения; эвакуация из опасных зон; применение средств медицинской профилактики и оказание пострадавшим медицинской и других видов помощи.

Для предупреждения развития или уменьшения последствий ЧС производится локализация аварий, приостановка или изменение технологического процесса производства, предупреждение и тушение пожаров.

Основные мероприятия по подготовке к выполнению аварийно-спасательных и других неотложных работ - приведение в готовность органов управления, сил и средств; ведение разведки очага поражения и оценка сложившейся обстановки.

Выполнение аварийно-спасательных и других неотложных работ является основной задачей **второго этапа** ликвидации последствий ЧС. Одновременно продолжается выполнение начатых на первом этапе задач по защите населения и уменьшению воздействия последствий ЧС.

Аварийно-спасательные и другие неотложные работы ведутся непрерывно с необходимой сменой спасателей и ликвидаторов и соблюдением техники безопасности и мер предосторожности.

**Аварийно-спасательные работы включают** розыск пострадавших, извлечение их из завалов, горящих зданий, поврежденных транспортных средств, эвакуация людей из опасных зон, оказание пострадавшим первой медицинской и других видов помощи.

**К другим неотложным работам относятся:** локализация и тушение пожаров, разборка завалов, укрепление конструкций, угрожающих обрушением, восстановление коммунально-энергетических сетей, линий связи и дорог в интересах обеспечения аварийно-спасательных работ, проведение санитарной обработки людей, дезактивации и т.д.

При ведении аварийно-спасательных и других неотложных работ организуются все виды обеспечения. При этом особое внимание уделяется размещению пострадавшего населения, обеспечению его продовольствием, водой, оказанию медицинской, материальной и финансовой помощи.

**На третьем этапе** решаются задачи по обеспечению жизнедеятельности населения в районах, пострадавших в результате аварии, катастрофы или стихийного бедствия.

В этих целях осуществляются мероприятия по восстановлению жилья или возведению временных жилых построек, восстановлению энерго- и водоснабжения, объектов коммунального обслуживания, линий связи. Сюда же могут быть отнесены санитарная очистка очага поражения, оказание населению помощи, снабжение людей продуктами питания, предметами первой необходимости и т.п.

По окончании этих работ проводится возвращение (резэвакуация) эвакуируемого населения.

На третьем этапе начинаются работы по восстановлению функционирования объектов народного хозяйства. Эти работы выполняются строительными, монтажными и другими специальными организациями.

Возникновение отдельных видов ЧС может быть спрогнозировано заблаговременно. В этих случаях в соответствии с планами проводятся мероприятия в целях защиты населения, предотвращения или уменьшения

последствий ЧС и по подготовке к проведению аварийно-спасательных и других неотложных работ.

Характер и объем этих мероприятий зависит от вида ЧС, их возможных масштабов и времени до их предполагаемого возникновения.

**В целях защиты населения осуществляется** оповещение и информирование населения об опасности; приведение в готовность средств защиты; проверка готовности систем и средств управления; подготовка к выдаче или выдача населению средств индивидуальной защиты и медицинской профилактики; проведение санитарных и противоэпидемических мероприятий; подготовка к эвакуации, а при необходимости проведение эвакуации из районов и участков, которым угрожает опасность.

**Мероприятия по предотвращению воздействия поражающих факторов ЧС** - изменение режимов или приостановка работы объектов народного хозяйства, систем энерго-, газо- и водоснабжения; укрепление существующих или строительство дополнительных инженерных сооружений; проведение противопожарных мероприятий; вывоз материальных ценностей, сельскохозяйственных запасов и животных из угрожающих районов; защита продовольствия, пищевого сырья, фуража и источников водоснабжения.

Для подготовки к выполнению аварийно-спасательных и других неотложных работ приводят в готовность аварийно-спасательную службу, другие силы, а также создаются запасы материальных средств.

При получении данных об угрозе возникновения ЧС принимаются меры по проверке достоверности полученных данных и получения дополнительных сведений об обстановке.

При выполнении мероприятий по защите населения и ведению аварийно-спасательных и других неотложных работ должны браться во внимание особенности последствий, возникающих при различных видах ЧС. При этом учитывается, что основное последствие той или иной ЧС может сопровождаться другими видами последствий. В таких случаях защитные мероприятия должны иметь комплексный характер, охватывающий все условия сложившейся обстановки.

## **16.9. Практическая работа**

### **ОЦЕНКА ФИЗИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ К ПОРАЖАЮЩИМ ФАКТОРАМ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ МИРНОГО ВРЕМЕНИ**

Для Тюменской области характерны следующие чрезвычайные ситуации:

**Природного характера:**

1. Паводковые наводнения.
2. Лесные и торфяные пожары.
3. Ураганы.
4. Сильные морозы (ниже - 40 °С).
5. Метели и снежные заносы.
6. Ливни с градом.

#### **Техногенного характера:**

1. Аварии на объектах нефтегазовой промышленности.
2. Пожары на объектах экономики и в жилом секторе.
2. Взрывы паровоздушных смесей.
3. Отключение электроэнергии, тепла, воды и т.п.
4. Террористические акты.
5. Разливы аварийно химически опасных веществ.

### **Практическая часть**

Преподаватель определяет предприятие, устойчивость которого оценивает студент. Это может быть предприятие, где студент был на практике или, которое студент проектирует в ходе обучения и т.п.

Оценка устойчивости предприятия к поражающим факторам чрезвычайных ситуаций производится по следующему плану:

*а) План (схема) предприятия и вероятных источников ЧС зоны вокруг него, краткая характеристика предприятия:*

- краткая характеристика элементов предприятия;
- этажность и материал зданий;
- сооружения, их размеры и материал;
- машины, механизмы, оборудование;
- краткая характеристика технологии;
- число работающих на предприятии, наибольшая рабочая смена;
- **источники чрезвычайных ситуаций на соседних предприятиях.**

*б) Составление списка чрезвычайных ситуаций для проектируемого производства.*

По статистическим данным 50% чрезвычайных ситуаций происходят на транспорте. При оценке ситуаций принимаются наихудшие метеоусловия: скорость ветра 1 м/с, температура воздуха +20°С, направление ветра на предприятие. Разрушается одна наибольшая емкость.

По статистическим материалам, путем экспертной оценки или другими методами определяют наиболее вероятные внутренние и внешние чрезвычайные ситуации (ЧС). Из внутренних ЧС часто происходят пожары по разным причинам, отключение электроэнергии, воды, тепла. На опасных предприятиях случаются также нефтяные и газовые пожары, взрывы паровоздушных смесей, разливы аварийно химически опасных веществ (АХОВ).

Внешние ЧС происходят на автомобильных и железных дорогах, соседних предприятиях. Учитывают те внешние ЧС, в зону действия которых попадает предприятие. Это могут быть разливы бензина, пропана, нефти с последующим взрывом и пожаром. При разливах АХОВ (аммиак, хлор и т.п.) предприятие может попасть в зону заражения.

*в) Определение поражающих факторов вероятных чрезвычайных ситуаций и их воздействия на элементы объекта.*

### **Определение вероятных параметров ударной волны при взрыве газовоздушной или паровоздушной смеси вне здания, сооружения**

При мгновенной разгерметизации резервуара со сжиженным углеводородным газом (пропаном и т.п.) во взрыве может участвовать до 100 % газа.

При постепенном истечении сжиженного газа, при любом виде выхода сжатого газа, при разливах легковоспламеняющихся жидкостей во взрыве принимают участие до 60% вышедшего газа, пара.

Исходя из вышесказанного и учитывая свойства часто встречающихся веществ, **при аварии в резервуарном парке** во взрыве может участвовать 100 % от наибольшего резервуара с пропаном, ШФЛУ; 30% от наибольшего резервуара с бензином; 60 % от наибольшего резервуара с метаном.

**При аварии на трубопроводе** - 60 % вышедшего газа.

**При аварии на автотранспорте** - 2 т бензина; 3 т пропана.

**При аварии на железной дороге** - 10 т бензина; - 20 т пропана.

Величина дрейфа газовоздушного облака принимается равной 300 м в сторону предприятия при мгновенной разгерметизации резервуара и 150 м при постепенном истечении продукта из резервуара, трубопровода.

При взрыве паро- и газовоздушной смеси (см. рис. 16.1.) выделяют зону детонационной волны с радиусом  $R_1$  и зону ударной волны. Определяются также: радиус зоны смертельного поражения людей ( $R_{СПЛ}$ ); радиус безопасного удаления  $R_{бу}$ , где  $\Delta P_{\phi}=5(\text{кПа})$ ; радиус предельно допустимой взрывобезопасной концентрации пара, газа  $K_{ПДВК}$ .

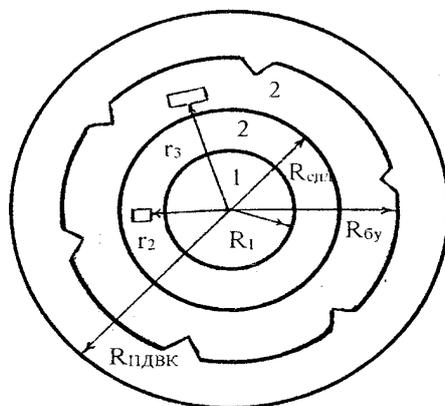


Рис. 16.1. Взрыв паро- и газозвоздушной смеси:

1. Зона детонационной волны; 2. Зона ударной волны;  $R_{спл}$  - радиус зоны смертельного поражения людей;  $R_{бз}$  - радиус безопасного удаления,  $\Delta P_{ф} = 5$  кПа;  $R_{пдвк}$  - радиус предельно допустимой взрывобезопасной концентрации;  $R_1$  - радиус зоны детонационной волны (м);  $r_2$  и  $r_3$  - расстояния от центра взрыва до элемента предприятия в зоне ударной волны

Давление во фронте ударной волны ( $\Delta P_{ф2}$ ) определяют по табл. 16.1.

Таблица 16.1

Давление во фронте ударной волны

$\Delta P_{ф1}$ кПа	Значение $\Delta P_{ф2}$ на расстояниях в долях от ( $r_2/R_1$ ) от центра взрыва, кПа															
	1	1.05	1.1	1.2	1.4	1.6	2.0	3.0	4.0	6.0	8.0	10	12	15	20	30
900	900	486	279	207	162	99	86	45	26	14	9	7	5	4.5	2.07	1.8

Избыточное давление в зоне детонационной волны  $\Delta P_{ф1} = 900$  кПа.

Радиус зоны детонационной волны  $R_1$  (м) определяется по уравнению

$$R_1 = 18,5 \sqrt[3]{Q}. \quad (16.1)$$

Радиус зоны смертельного поражения людей  $R_{спл}$  (м) определяется по формуле

$$R_{спл} = 30 \sqrt[3]{Q}. \quad (16.2)$$

В формулах (16.1) и (16.2)  $Q$  - количество газа, пара в тоннах;

Далее определяют степень разрушения элементов объекта исходя из вероятных параметров ударной волны (см. прил.16.1).

**Определение вероятных параметров ударной волны при взрыве обычных взрывчатых веществ (тол и т.п.)**

Избыточное давление во фронте ударной волны на расстоянии ( $r$ , м) от центра взрыва ( $\Delta P_{ф}$ , кПа) находим из соотношения

$$\Delta P_{ф} = 105 \cdot (\sqrt[3]{Q/r}) + 410 \cdot (\sqrt[3]{Q^2/r^2}) + 1370 \cdot (Q/r^3). \quad (16.3)$$

Радиус смертельного поражения людей (м)

$$R_{спл} = 1.84 \cdot \sqrt[3]{Q}. \quad (16.4)$$

В формулах 16.3 и 16.4  $Q$  - количество взрывчатого вещества (кг);  $r$  – расстояние от центра взрыва до элемента объекта.

Определяют  $\Delta P_{ф}$  на элементах объекта и радиус безопасного удаления  $R_{бз}$  ( $\Delta P_{ф} = 5$  кПа).

## Расчет избыточного давления взрыва для горючих газов, паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей в закрытых помещениях

Расчет производится по нижеприведенной методике НПБ 105-95.

Если расчетное давление превышает  $P_{\max}$ , то берется  $P_{\max}$ . Свободный объем помещения допускается принимать равным 80 % от геометрического объема помещения, если нет более точных данных.

Избыточное давление взрыва  $\Delta P$  (кПа), для индивидуальных горючих веществ, состоящих из атомов С, Н, О, N, Cl, Br, F определяют по формуле

$$\Delta P = (P_{\max} - P_0) \frac{m \cdot z}{V \cdot p} \cdot \frac{100}{C \cdot K}, \quad (16.5)$$

где  $P_{\max}$  - максимальное давление взрыва стехиометрической газозооушной или парозооушной смеси в замкнутом объеме, определяемое экспериментально или из справочных данных в соответствии с требованиями (при отсутствии данных допускается принимать  $P_{\max} = 900$  кПа);

$P_0$  - начальное давление, кПа (допускается принимать  $P_0 = 101$  кПа);

$m$  - масса горючего газа (ГГ) или паров легковоспламеняющихся (ЛВЖ) и горючих жидкостей (ГЖ), вышедших в результате расчетной аварии в помещение, кг; вычисляется для ГГ по формуле (16.8);

$z$  - коэффициент участия горючего во взрыве, который может быть рассчитан исходя из характера распределения газов и паров в объеме помещения согласно приложению; допускается принимать значения  $z$ , приведенные в табл.16.2;

$V_{св}$  - свободный объем помещения, м<sup>3</sup>;

$\rho_{г.п}$  - плотность пара или газа, кг/м<sup>3</sup>;

$K_n$  - коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения (допускается принимать  $K_n = 3$ );

$C_{ст}$  - стехиометрическая концентрация ГГ или паров ЛВЖ и ГЖ, (% об.), вычисляемая по формуле

$$C = \frac{100}{1 + 4,8 \cdot \beta} \cdot \quad (16.6)$$

Здесь  $\beta = \frac{n_c + (n_n - n_x)}{4 - n_o / 2}$  - стехиометрический коэффициент кислорода в реакции горения;  $n_c, n_n, n_o, n_x$  - число атомов С, Н, О и галоидов в молекуле горючего.

Если в воздухе помещений содержатся горючие газы, пары легковоспламеняющихся или горючих жидкостей, то при определении

значения массы  $m$ , входящей в формулу (16.5), допускается учитывать работу аварийной вентиляции при условии, что она обеспечена резервными вентиляторами, автоматическим пуском при превышении предельно допустимой взрывобезопасной концентрации и электроснабжением по первой категории надежности (ПУЭ), а устройства для удаления воздуха из помещения расположены в непосредственной близости от места возможной расчетной аварии.

При этом массу  $m$  горючих газов или паров легковоспламеняющихся или горючих жидкостей, нагретых до температуры вспышки и выше, поступивших в объем помещения, необходимо разделить на коэффициент  $K$

$$K = A \cdot T + 1, \quad (16.7)$$

где  $A$  - кратность воздухообмена, создаваемого аварийной вентиляцией,  $s^{-1}$ ;

$T$  - продолжительность поступления горючих газов и паров легковоспламеняющихся или горючих жидкостей в объем помещения.

Таблица 16.2

#### Коэффициент участия горючего вещества во взрыве

Вещество	$z$
ЛВЖ, нагретая выше температуры вспышки	0,3
Горючие газы	0.5
Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, нагретые ниже температуры вспышки:	
если возможно образование аэрозоля	0.3
если образование аэрозоля невозможно	0

Масса  $m$  (кг) поступившего в помещение при расчетной аварии газа определяют по формуле

$$m = (V_a + V_r) \cdot \rho_r, \quad (16.8)$$

где  $V_a, V_r$  - объем газа, вышедшего соответственно из аппарата и из трубопроводов,  $m^3$ . При этом

$$V_a = 0,01 \cdot p_1 \cdot V, \quad (16.9)$$

где  $p_1$  - давление в аппарате, кПа;

$V$  - объем аппарата,  $m^3$ .

$$V_r = V_{1r} + V_{2r}, \quad (16.10)$$

где  $V_{1r}, V_{2r}$  - объем газа, вышедшего из трубопровода соответственно до его отключения и после отключения,  $m^3$ .

$$V_{1r} = q \cdot T, \quad (16.11)$$

где  $q$  - расход газа, определяемый в зависимости от давления в трубопроводе, его диаметра, температуры газовой среды и т.д.,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  
 $T$  - время, с.

$$V_{2T} = 0,01\pi \cdot p_2 \cdot (r_1^2 \cdot L_1 + r_2^2 \cdot L_2 + \dots + r_n^2 \cdot L_n), \quad (16.12)$$

где  $p_2$  - максимальное давление в трубопроводе по технологическому регламенту, кПа;  
 $r$  - внутренний радиус трубопроводов, м;  
 $A$  - длина трубопроводов от аварийного аппарата до задвижек, м.

### Определение глубины распространения аварийно химических опасных веществ при разливе их с поражающей концентрацией

Распространение АХОВ при неблагоприятных метеоусловиях можно описать следующим образом (см. рис. 16.2.).

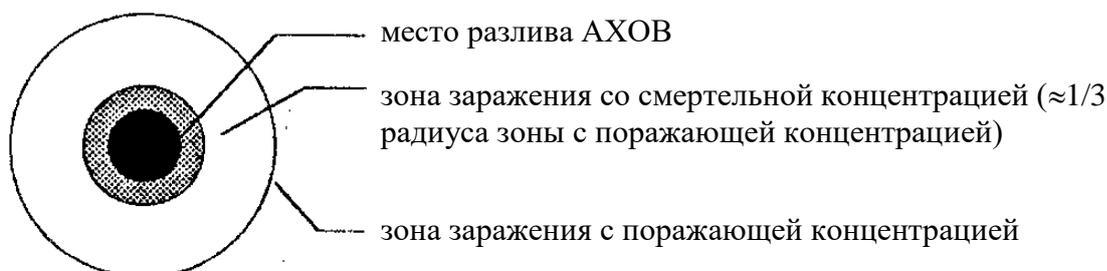


Рис 16.2. Распространение АХОВ

При расчете зон принимают: метеоусловия - изотермия,  $t=20^\circ\text{C}$ , скорость ветра 1 м/с, направление ветра на предприятие; разрушается одна наибольшая емкость или выливается наибольшее из возможных количество АХОВ из трубопровода, системы.

При разливе в поддон толщина слоя АХОВ принимается равной высоте поддона за вычетом 0,25 м. При свободном разливе толщина слоя АХОВ - 0,05 м.

При разливе АХОВ образуется первичное облако пара (мгновенное испарение) и вторичное облако пара (испарение слоя жидкости).

Эквивалентное количество вещества  $Q_{31}(T)$  по первичному облаку (по отношению к хлору) определяют по формуле

$$Q_{31} = K_1 \cdot K_3 \cdot Q_0, \quad (16.13)$$

где  $K_1$  - коэффициент, зависящий от условий хранения АХОВ (см. прил. 16.4) (для сжатых газов  $K_1 = 1$ );

$K_3$  - коэффициент, равный отношению пороговой токсодозы хлора к пороговой токсодозе другого АХОВ (см. прил. 16.4);

$Q_0$  - количество выброшенного (разлившегося) при аварии вещества, т.

Эквивалентное количество вещества  $Q_{32}$  (т) по вторичному облаку определяют по формуле

$$Q_{32} = (1-K_1) \cdot K_2^{0.2} \cdot K_3 \cdot (Q_0 / (h^{0.2} \cdot d^{0.2})), \quad (16.14)$$

где  $K_2$  - коэффициент, зависящий от свойств АХОВ (см.прил.16.4);

$d$  - плотность АХОВ, т/м<sup>3</sup> (см.прил. 16.4);

$h$  - толщина слоя АХОВ, м.

По приложению 16.4 определяют максимальное значение глубин зон заражения первичным ( $\Gamma_1$ ) и вторичным ( $\Gamma_2$ ) облаком АХОВ. Полная глубина зоны заражения  $\Gamma$  (км) определяется по формуле

$$\Gamma = \Gamma' + 0,5\Gamma'', \quad (16.15)$$

где  $\Gamma'$  - наибольшее число из  $\Gamma_1$  и  $\Gamma_2$ ;

$\Gamma''$  - наименьшее число из  $\Gamma_1$  и  $\Gamma_2$ .

Количество пострадавших при разливе АХОВ на большинстве предприятий определяют из расчета, что пострадает 100 % из находящихся вне здания и 50% находящихся внутри здания. На химически опасных объектах, где рабочие обеспечены противогазами, вне здания пострадает 10% и внутри здания - 4%.

### Оценка пожара в зданиях и сооружениях

Пожарная характеристика предприятия, цеха сводится в табл.16.3.

Таблица 16.3

Пожарная характеристика предприятия, цеха

Наименование элемента объекта	Категория здания	Краткая характеристика	Степень огнестойкости здания	Сгораемые материалы	Класс пожара
ЦЕХ №1	В4	Здание с легким каркасом конвейер	III	нет лента изоляция	A
и т.д.					

Категория здания и степени огнестойкости оценивают по табл. 16.2, 16.9.

Классы пожаров - по табл. 16.8.

Далее описываются меры пожарной профилактики:

- порядок извещения о пожаре, пожарные извещатели;
- автоматические средства пожаротушения;
- расположение гидрантов;
- средства первичного пожаротушения;
- пожарная команда, сроки прибытия, возможности и т.п.

## Оценка воздействия огневого шара и пожара на объектах по хранению, переработке и транспортировке горючих жидкостей

Образование огневого шара равновероятно с взрывом облака топливно-воздушной смеси.

Радиус огневого шара (R) определяется по формуле:

$$R = 3,2m^{0.325}, \quad (16.16)$$

а время его существования (t) - по формуле

$$t = 0,85 m^{0.26}, \quad (16.17)$$

где  $m = 0,6 M$ , кг

Вероятность поражения людей тепловым потоком зависимости от индекса дозы теплового излучения (I), который определяется из соотношения:

$$I = t (Q_0 \cdot R^2 / X^2)^{4/3}, \quad (16.18)$$

где X - расстояние от центра огневого шара ( $X > R$ ), м;

$Q_0$  - тепловой поток на поверхности огневого шара, кВт/м, значения которого для наиболее распространенных веществ приведены в табл. 16.4.

Доля пораженных тепловым излучением в течение 60 секунд определяется по графику (см. рис. 16.3).

Воздействие огневых шаров на здания и сооружения, не попадающие в пределы самого огневого шара, определяются наличием возгораемых веществ и величиной теплового потока, которая определяется по формуле (время жизни огневого шара принято равным 15с)  $q = \frac{Q_0 \cdot R^2}{X^2}$ .

Таблица 16.4

### Значения теплового потока на поверхности огневого шара диаметром более 10 м

Вещество	Тепловой поток, кВт/м <sup>2</sup>
Бутан	170
Этан	190
Этилен	180
Метан	200
Пропан	195

В табл. 16.5 приведены значения тепловых потоков, вызывающих воспламенение некоторых материалов.

Таблица 16.5

Тепловые потоки, вызывающие воспламенение некоторых материалов

Материал	Тепловой поток (кВт/м <sup>2</sup> ), вызывающий воспламенение за время (с)			
	15	180	300	900
Древесина	53	19	17	14
Кровля мягкая	46	-	-	-
Парусина	36	-	-	-
Конвейерная лента	37	-	-	-
Резина				
автомобильная	23	22	19	15
Каучук				
синтетический	23	-	-	-
Слоистый пластик	-	22	19	15
Пергамин	-	22	20	17

Примечание: прочерки означают отсутствие данных.

При величине теплового потока более 85 кВт/м<sup>2</sup> воспламенение происходит через 3-5 с.

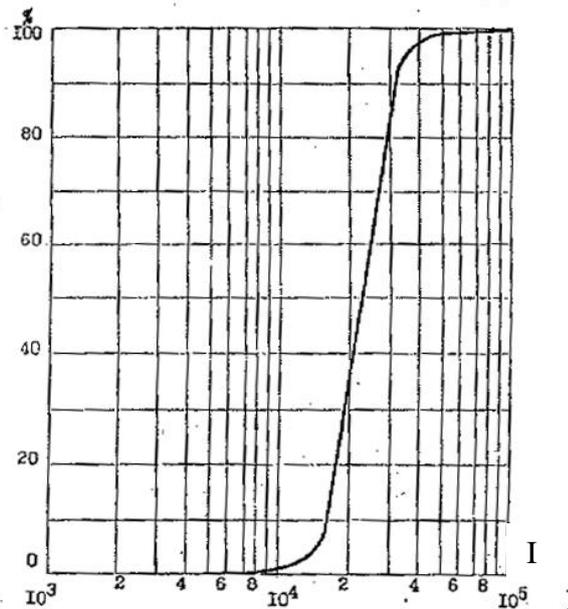


Рис.16.3. Процент смертельных исходов в зависимости от индекса дозы теплового излучения (I)

### Оценка пожара на объектах по хранению, переработке и транспортировке горючих жидкостей

При разрушении резервуара объем вытекшей жидкости принимается равным 80% от общего объема резервуара.

При разрушении трубопровода объем вытекшей жидкости определяется по формуле

$$V = 0,79 \cdot D^2 \cdot L, \quad (16.20)$$

где  $D$  - диаметр трубопровода, м;

$L$  - длина отрезка между соседними отсекаателями, м.

Линейный размер разлития зависит от объема вытекшей жидкости и условий растекания. При свободном растекании диаметр разлития  $d$  (м) может быть определен из соотношения

$$d = \sqrt{25.5 \cdot V}, \quad (16.21)$$

где  $d$  - диаметр разлития, м;  $V$  - объем жидкости,  $\text{м}^3$ .

При разлитии в поддон или обвалование необходимо определить, закрыто ли полностью слоем жидкости их дно. Условием для закрытия является наличие слоя жидкости толщиной более 0.02 м, т.е.  $\frac{V}{S} > 0.02$ ,

где  $S$  - площадь обвалования (поддона),  $\text{м}^2$ .

Величина теплового потока  $q$  на заданном расстоянии от горящего разлития вычисляется по формуле:

$$q = 0.8 \cdot Q_0 \cdot e^{-0.03 \cdot x}. \quad (16.22)$$

где  $Q_0$  - тепловой поток на поверхности факела,  $\text{кВт}/\text{м}^2$ , значения которого приведены в табл. 16.6;

$x$  - расстояние до фронта пламени, м.

Расстояние на котором будет наблюдаться тепловой поток с заданной величиной  $q$ , определяется по формуле

$$x = 33 \cdot \ln\left(1.25 \cdot \frac{Q_0}{q}\right). \quad (16.23)$$

Величина индекса дозы теплового излучения определяется из соотношения  $I = 60 q^{4/3}$ .

Процент смертельных исходов приведен на графике (см. рис. 16.3).

Возможность воспламенения различных материалов определяется по табл. 16.5.

Поражающее действие теплового излучения горения нефти и нефтепродуктов оценивают по табл. 16.7.

В таблице приведены данные по требуемой защите и допустимому времени пребывания людей в зонах тепловой радиации.

При оценке действия огневого шара и пожара определяют:

1. Радиус зоны смертельного поражения пожара или огневого шара в течение 60 секунд.
2. Радиус поджигающего действия огневого шара в течение 15 секунд.
3. Радиус поджигающего действия пожара в течение 900 секунд.
4. Границу поражающего действия пожара тепловым излучением (плотность теплового потока  $1.6 \text{ кВт}/\text{м}^2$ ).

Таблица 16.6

## Тепловой поток на поверхности факела от горящих разливов

Вещество	Тепловой поток, кВт/м <sup>2</sup>
Ацетон	80
Бензин	130
Дизельное топливо	130
Гексан	165
Метанол	35
Метилацетат	50
Винилацетат	60
Аммиак	30
Керосин	90
Нефть	80
Мазут	60

Таблица 16.7

## Физиологическое воздействие теплового излучения пожара на человека

№ зоны	Плотность теплового потока, кВт-м <sup>-2</sup>	Допустимое время пребывания людей,	Необходимые средства защиты людей	Степень теплового воздействия на кожу человека
1	1.6 ...4.2	Не ограничено	В боевой одежде	Болевые ощущения через 40 с
2	4.2 ...7.0	5	В боевой одежде и в касках с защитным стеклом	Непереносимые болевые ощущения, возникающие
3	7.0... 10.5	5	В боевой одежде под защитой струй распыленной воды в теплоотражательных	Мгновенные ожоги, через 40 с возможен летальный исход
4	более 10.5	5	В теплоотражательных костюмах	То же

## Оценка других чрезвычайных ситуаций и их поражающих факторов

- отключение электроэнергии, тепла;
- паводков и наводнений;
- морозов ниже - 40°С;
- ураганных ветров и т.п.

Описывают воздействие на объект каждой ЧС и меры по уменьшению ущерба.

## **Выводы**

Предлагают мероприятия по повышению устойчивости объекта в чрезвычайных ситуациях.

Оценивают потенциальную опасность объекта (если от внутренних чрезвычайных ситуаций гибнет 10 и более человек или поражающие факторы выходят за границу санитарно-защитной зоны (СЗЗ) предприятия, то объект опасен в чрезвычайной ситуации).

## **Требования к отчету**

Отчет должен содержать:

1. Схему предприятия.
2. Перечень возможных чрезвычайных ситуаций.
3. Оценку воздействия каждой чрезвычайной ситуации на предприятие с необходимыми расчетами.
4. Выводы.

## Приложение 16.1

### Вероятные разрушения зданий, сооружений, коммуникаций и оборудования в зависимости от избыточного давления ( $\Delta P_{ф}$ , кПа)

Наименование элементов предприятия	Степень разрушения при избыточном давлении $\Delta P_{ф}$ , кПа		
	сильное	среднее	слабое
<b>Здания</b>			
1. Промышленное с металлическим или железобетонным каркасом	102-68	68-34	34-17
2. Многоэтажное административное с металлическим или железобетонным каркасом	85-68	68-51	51-34
3. Кирпичное многоэтажное (3 этажа и более)	51-34	51-17	17-14
4. Кирпичное одно- и двухэтажные	60-43	43-26	26-14
5. Деревянное	34-20	20-14	14-10
6. Остекление промышленных и жилых зданий	5-3	3-2	2-1
7. Остекление из армированного стекла	9-4	4-3	3-2
<b>Оборудование</b>			
1. Станочное	119-102	102-34	
2. Крановое оборудование	119-85	85-51	51-34
3. Токарно-карусельные, токарно-расточные станки	119-85	85-51	51-17
4. Кузнечно-прессовое оборудование	340-255	255-170	170-85
5. Контрольно-измерительная аппаратура	-	34-17	17-8
<b>Линии электропередач</b>			
1. Воздушные линии высокого напряжения	204-140	119-85	68-34
2. Воздушные низковольтные	272-170	170-102	102-34
3. Кабель подземный	2550-1700	1700-1360	до 360
4. Кабель наземный	170-119	85-51	51-17
5. Галерея энергетических коммуникаций на металлических (железобетонных) эстакадах	60-34	34-26	26-17
<b>Линии связи</b>			
1. Стационарные воздушные	204-140	119-85	68-34
<b>Трубопроводы</b>			
1. Коммунальные подземные водо-, газо-, канализационные сети	2720-1700	1700-1020	1020-680
2. Трубопроводы на эстакаде	85-68	68-51	51-34
3. Трубопроводы наземные	221-68	68-51	51-34

Резервуары			
1. Наземные для ГСМ	68-51	51-34	34-26
2. Частично заглубленные	170-85	85-51	51-17
3. Подземные резервуары	340-170	170-85	85-51
4. Газгольдеры	68-51	51-34	34-26
Сооружения			
1. Здания трансформаторных подстанций из кирпича или блоков	102-68	68-34	34-17
2. Водонапорная башня	102-68	68-34	34-17
Защитные сооружения и прочее			
1. Убежища, расположенные отдельно, рассчитанные на $\Delta P_{\phi}$ : 2 - 3.5 кгс/см <sup>2</sup> (0,2 - 0,35 МПа)	1275	1275-1020	1020-680
1.0 кгс/см <sup>2</sup> (0,1 МПа)	340	340-255	1020-680
2. Подвальные, рассчитанные на $\Delta P_{\phi}$ : 1.0 кгс/см <sup>2</sup> (0,1 МПа)	255	255-170	170-119
0.5 кгс/см <sup>2</sup> (0,05 МПа)	170	170-68	68-51
3. Подвалы (без усиления несущих конструкций)	170	136-85	85-51
4. Деревоземляные противорадиационные укрытия, рассчитанные на 0.3 кгс/см <sup>2</sup> (0,03 МПа)	136	136-85	85-51
5. Грузовые автомобили	119-94	94-51	51-34
6. Автобусы	94-77	77-34	34-26
7. Гусеничные тракторы, экскаваторы	170-136	136-68	68-51
8. Блоки программных устройств	51-34	34-26	26-14
9. Компьютеры, телефонно-телеграфная аппаратура	51-34	34-17	17-8

## Приложение 16.2

### Категории пожаро- и взрывоопасности зданий, сооружений

Категория	Характеристика производства	
А	Помещения с горючими газами, легковоспламеняющимися жидкостями с температурой вспышки до 28°C	Пожары возможны даже при слабых разрушениях и, как правило, будут при средних разрушениях
Б	Помещения с горючими пылями, легковоспламеняющимися жидкостями с температурой вспышки выше 28°C, горючими жидкостями в распыленном виде	То же
В-1 В-2 В-3 В-4	Производства, где хранятся или перерабатываются твердые сгораемые материалы (столярные и модельные цеха, склады и прочее)	Возникновение отдельных пожаров будет зависеть от степени огнестойкости зданий, а сплошных - также и от плотности застройки
Г	Предприятия горячей обработки металлов, котельные	То же
Д	Предприятия по холодной обработке металла, конторы и другие здания	То же

## Приложение 16.3

### Глубины зон возможного заражения АХОВ (км) при скорости ветра 1м/с

Эквивалентное количество АХОВ, т															
0.01	0.05	0.1	0.5	1	3	5	10	20	30	50	70	100	300	500	1000
0,38	0.85	1,25	3,16	4,75	9,18	12,53	19,20	29,56	38,13	52,67	65,23	81,91	166	231	363

Приложение 16.4

Характеристика АХОВ и вспомогательные коэффициенты для  
определения глубин зон заражения

Наименование АХОВ	Плотность АХОВ, т/м <sup>3</sup>		Температура кипения, °С	Пороговая токсическая доза, мг/л	Значения вспомогательных коэффициентов,		
	газ	жидкость			К <sub>1</sub>	К <sub>2</sub>	К <sub>3</sub>
Аммиак: хранение под давлением изотермич.	0,0008	0,681	-33,42 -	15	0,18	0,025	0,04
	0,0008	0,681	33,42	15	0,01	0,025	0,04
Водород фтористый	-	0,989	19,52	4	0	0,028	0,15
Водород хлористый	0,0016	1,191	-85,10	2	0,28	0,037	0,30
Водород бромистый	0,0036	1,490	-66,77	2,4*	0,13	0,055	6,0
Водород цианистый	-	0,687	25,7	0,2	0	0,026	3,0
Диметиламин	0,0020	0,680	6,9	1,2*	0,06	0,041	0,5
Метиламин	0,0014	0,699	-6,5	1,2*	0,13	0,034	0,5
Метил бромистый	-	1,732	3,6	1,2*	0,04	0,039	0,5
Метил хлористый	0,0023	0,983	-23,76	10,8**	0,125	0,044	0,056
Метилакрилат	-	0,953	80,2	6*	0	0,005	0,025
Метилмеркаптан	-	0,867	5,95	1,7**	0,06	0,043	0,353
Окислы азота	-	1,491	21,0	1,5	0	0,040	0,40
Окись этилена	-	0,882	10,7	2,2**	0,05	0,041	0,27
Сернистый ангидрид	0,0029	1,462	-10,1	1,8	0,11	0,049	0,333
Сероводород	0,0015	0,964	-60,35	16,1	0,27	0,042	0,036
Соляная кислота (концентрированная)	-	1,198	-	2	0	0,021	0,30
Триметиламин	-	0,671	2,9	6*	0,07	0,047	0,1
Формальдегид	-	0,815	-19,0	0,6*	0,19	0,034	1,0
Хлор	0,0032	1,553	-34,1	0,6	0,18	0,052	1,0
Этиленамин	.	0,838	58,0	4,8	0	0,009	0,125
Этилмеркаптан	-	0,839	35,0	2,2**	0	0,028	0,27
Метан	0,0006	0,416	-101	-	1	0,015	0,36
Пропан ШФЛУ	0,0015	0,518	-43	-	0,18	0,052	0,27
Нефть, бензин	0,0021	0,65-0,85	35-360	-	0	0,021	0,36

#### ПРИМЕЧАНИЯ:

1. Плотности газообразных АХОВ в графе 3 приведены для атмосферного давления: под давлением в емкости, отличном от атмосферного, плотности газообразных АХОВ определяются путем умножения данных графы 3 на значения давления в кг·с/см<sup>2</sup> (1 кг·с/см<sup>2</sup> = 0,1 МПа).

2. В графе 6 численные значения токсикодоз, помеченные звездочками, определены ориентировочно расчетом по соотношению:

$$Д = 240 \cdot К \cdot ПДК_{р.з.},$$

где Д - токсикодоза, мг/л;

ПДК<sub>р.з.</sub> - ПДК рабочей зоны по ГОСТ 12.1.005-88, мг/л

К = 5 - для раздражающих ядов (помечены одной звездочкой),

К = 9 - для всех прочих ядов (помечены двумя звездочками).

Значения К<sub>1</sub> для изотермического хранения аммиака приведено для случая разливов (выбросов) в поддон.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Безопасность жизнедеятельности. / Под ред. О.Н.Русака. – СПб.: Ленинградский союз специалистов по БЖД, 1992.
2. Безопасность жизнедеятельности. Учебное пособие / Под рекд В.Д. Шантарина, Г.В. Стариковой – Тюмень: ТюмГНГУ, 1997.
3. Бесчастнов М.В. Промышленные взрывы, оценка и предупреждение. – М.: Химия, 1991.
4. Бобков А.С., Блинов А.А. и др. Охрана труда и экологическая безопасность в химической промышленности. - М.: Химия, 1997.
5. Борьба с шумом на производстве: Справочник / Под ред. Е.Я.Юдина. – М.: Машиностроение, 1985.
6. ГОСТ 12.0.004–90. ССБТ. Организация обучения безопасности труда. Общие положения. – М.: Изд-во стандартов, 1991.
7. ГОСТ 12.1.003–83. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. – М.: Изд-во стандартов, 1984.
8. ГОСТ 12.1.005–88. ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования. – М.: Изд-во стандартов, 1989.
9. ГОСТ 12.1.007–86. ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. – М.: Изд-во стандартов, 1987.
- 10.ГОСТ 12.1.010–76. ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования. – М.: Изд-во стандартов, 1984.
- 11.ГОСТ 12.1.011–78. ССБТ. Смеси взрывоопасные. Классификация. – М.: Изд-во стандартов, 1984.
- 12.ГОСТ 12.1.012–90. ССБТ. Вибрационная безопасность. – М.: Изд-во стандартов, 1991.
- 13.ГОСТ 12.4.004–85. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования. – М.: Изд-во стандартов, 1986.
- 14.ГОСТ 12.4.011–87. ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация. – М.: Изд-во стандартов, 1987.
- 15.Гурьев Э.Ф. Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие. – Тюмень: ТюмГНГУ, 1995.
- 16.Гусев Н.Г., Машкович В.П., Суворов А.И. Защита от ионизирующих излучений. – М.: Атомиздат, Т.1, 1980.
- 17.Девид Б.Браун. Анализ и разработка обеспечения техники безопасности.– М.: Машиностроение, 1979.
- 18.Денисенко В.В. Точилкина В.Г. Пожарная безопасность в строительстве: Справочник – Киев.: Будивельник, 1987.
- 19.Денисенко Г.Ф. Охрана труда: Учебное пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 1995.
- 20.Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений. РД–34.21.122–87. – М.: Энергоатомиздат, 1989.
- 21.Котик М.А. Психология и безопасность. – Таллинн: Валгус, 1981.

22. Кукин П.П., Лапин Е.А., Подгорных Е.А. и др. Безопасность технологических процессов и производств. Охрана труда. – М.: Высшая школа, 1999.
23. Маршал В. Основные опасности химических производств. – М.: Мир, 1989.
24. Методика прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте. – М.: Издательство ВЦК ГО, 1994.
25. Методика прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях на химически опасных объектах и транспорте. – М.: ВУКГО, 1990.
26. Нормы радиационной безопасности (НРБ–96) – М.: Энергоиздат, 1997.
27. НПБ 105-95. Нормы пожарной безопасности. – М.: Главное управление противопожарной службы МВД России. 1995.
28. Основы инженерной психологии / Под ред. Б.Ф.Ломова. – М.: Высшая школа, 1986.
29. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). – М.: Атомиздат, 2000.
30. Положение о порядке проведения аттестации рабочих мест по условиям труда. Приложение к постановлению Министерства труда и социального развития Российской Федерации от 14 марта 1997 года № 12.
31. Р 2.2.755-99. Гигиенические критерии оценки и классификация условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса. – М.: Минздрав России, 1999.
32. Сборник задач по охране труда в нефтяной и газовой промышленности. Ч.1,2: Учебное пособие для студентов всех специальностей; Под ред. Ю.Д.Голубева и Н.М.Чемакина. – М.: МИНГиГП им. И.М.Губкина, 1989.
33. Сборник нормативно-правовых документов по охране труда - Тюмень: Тюменский издательский дом, 1999.
34. Сборник методик по прогнозированию возможных аварий, катастроф, стихийных бедствий в РСЧС, Издательство Академии гражданской защиты, 1994.
35. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. М.: Минздрав России, 2000.
36. СНиП 23.05.95. Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования. – М.: Стройиздат, 1996. СНИП 21-01-97. Пожарная безопасность зданий и сооружений. Нормы проектирования. – М.: Стройиздат, 1998.

37.СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. – М.: Минздрав России 1997.

38.Справочная книга по охране труда в машиностроении; Под.ред. О.Н.Русака. – Л.: Машиностроение, 1989.

39.Ткачук К.М., Галушко Б.Л. Безопасность труда в промышленности. – Киев: Техника, 1982.

40.Указания по тушению пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах. – М.:ГУПО – ВНИИПО.1975.

41.Хенли Э. Дж, Кунамото Х. Надежность технических систем и оценка риска. – М.: Машиностроение, 1984.

42.Энциклопедия по безопасности и гигиене труда. т.1, т.2. – М.: Профиздат, 1985.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КУРСА .....	4
1.1. Основные понятия и определения .....	4
1.2. Понятие риска .....	6
1.3. Понятие безопасности .....	8
1.4. Принципы, методы и средства обеспечения безопасности ...	8
2. ЧЕЛОВЕК В СИСТЕМЕ "ЧЕЛОВЕК-СРЕДА" .....	11
2.1. Основные формы деятельности .....	11
2.2. Работоспособность человека .....	14
2.3. Эргономические основы БЖД .....	15
2.4. Антропометрические характеристики человека.....	17
2.5. Профессиография .....	28
2.6. Психологические характеристики человека .....	29
2.7. Практическая работа. Исследование индивидуально- психологических свойств и отношение личности методом обобщения независимых характеристик .....	36
2.7.1. Определение индивидуально-психологических свойств личности .....	36
2.7.2. Обработка и анализ результатов .....	38
2.7.3. Оценка профессионально-значимых свойств .....	38
2.7.4. Обработка и анализ результатов .....	42
3. ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ БЖД .....	43
3.1. Основные законодательные нормативные акты по охране труда (ОТ) .....	43
3.2. Система стандартов безопасности труда .....	45
3.3. Государственный надзор за безопасностью в промышленности .....	45
3.4. Инструктажи и обучение по охране труда .....	47
3.5. Практическая работа. Расследование и учет несчастных случаев на производстве .....	50
4. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ СРЕДА И ЕЕ ОПАСНОСТИ .....	61

4.1.	Производственный микроклимат .....	61
4.2.	Влияние химических веществ .....	65
4.3.	Лабораторная работа. Исследование параметров микроклимата и концентраций вредных веществ в производственном помещении.....	68
4.3.1.	Описание приборов .....	69
5.	ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ .....	84
5.1.	Основные светотехнические единицы .....	84
5.2.	Системы производственного освещения .....	85
5.3.	Источники света и осветительные приборы .....	86
5.4.	Нормирование освещения .....	88
5.5.	Практическая работа. Расчет естественного и искусственного освещения в производственном помещении... ..	94
5.5.1.	Расчет естественного освещения .....	94
5.5.2.	Расчет искусственного освещения .....	98
5.6.	Лабораторная работа .....	102
6.	ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ШУМ И МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ОТ НЕГО .....	107
6.1.	Лабораторная работа. Исследование производственного шума и шумопоглощающих свойств различных материалов	116
7.	ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ВИБРАЦИЯ .....	123
7.1.	Нормирование вибрации .....	125
7.2.	Лабораторная работа. Исследование вибрации и виброизолирующих свойств амортизаторов. ....	128
8.	ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПЫЛЬ .....	134
8.1.	Лабораторная работа. "Исследование содержания пыли в воздухе рабочей зоны" .....	135
9.	ИОНИЗИРУЮЩИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ .....	139
9.1.	Биологическое действие ионизирующих излучений .....	145
9.2.	Нормирование ионизирующих излучений .....	147
9.3.	Краткая характеристика методов защиты от ионизирующих излучений .....	153
9.4.	Приборы контроля ионизирующего излучения .....	153
9.5.	Лабораторная работа. Исследование ионизирующих излучений и разработка мер защиты .....	154
10.	АТТЕСТАЦИЯ РАБОЧИХ МЕСТ ПО УСЛОВИЯМ ТРУДА	157
10.1.	Гигиенические критерии и классификация условий труда по степени вредности и опасности .....	161
10.2.	Практическая работа .....	175

11.	ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ .....	176
11.1.	Действие электрического тока на организм человека .....	176
11.2.	Классификация электроустановок и помещений по электроопасности .....	179
11.3.	Анализ условий поражения человека электрическим током ..	180
11.4.	Обеспечение электробезопасности .....	183
11.5.	Электрозащитные средства и предохранительные приспособления .....	187
11.6.	Оказание первой доврачебной помощи при поражении электрическим током .....	189
11.7.	Лабораторная работа. Исследование и расчет заземляющих устройств. ....	190
12.	ПОЖАРНАЯ ПРОФИЛАКТИКА .....	205
12.1.	Процесс горения .....	205
12.2.	Показатели пожароопасности веществ .....	208
12.3.	Огнестойкость строительных конструкций .....	211
12.4.	Пожарная сигнализация .....	214
12.5.	Выбор соотношения между функциональной пожарной опасностью, степенью огнестойкости и классом конструктивной пожарной опасности .....	215
12.6.	Технические средства ограничения распространения и тушения пожара .....	217
12.7.	Средства пожаротушения .....	218
12.8.	Установки пожаротушения .....	220
12.9.	Помещения, здания и сооружения производственного и складского назначения .....	221
12.10.	Лабораторная работа. Оценка производственных помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности и разработка противопожарных мероприятий .....	225
13.	ПОЖАРО - И ВЗРЫВООПАСНОСТЬ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК .....	236
13.1.	Классификация зон помещения по ПУЭ .....	236
13.2.	Взрывозащищенные электрооборудования .....	238
13.3.	Выбор электрооборудования .....	241
13.4.	Лабораторная работа. Исследование процесса тушения пламени в зазоре .....	242
13.4.1.	Расчет величины тушащего зазора .....	243
14.	МОЛНИЕЗАЩИТА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ	

ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ .....	247
14.1. Категории молниезащиты объектов .....	247
14.2. Требования к устройству молниезащиты .....	248
14.2.1. Молниезащита I категории .....	248
14.3. Расчет зон защиты молниеотводов .....	251
14.3.1. Зоны защиты молниеотводов .....	252
14.4. Практическая работа .....	256
15. СТАТИЧЕСКОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО .....	259
15.1. Возникновение зарядов статического электричества .....	259
15.2. Опасность разрядов статического электричества в производственных условиях .....	260
15.3. Воздействие статического электричества на человека .....	261
15.4. Меры защиты от статического электричества .....	261
15.5. Лабораторная работа. Исследование условий воспламенения горючих веществ от статического электричества .....	263
16. ЗАЩИТА ЧЕЛОВЕКА В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ	269
16.1. Положение о классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера .....	269
16.2. Классификация и общая характеристика ЧС .....	272
16.3. Принципы и способы защиты населения в чрезвычайных ситуациях .....	276
16.4. Обеспечение безопасности жизнедеятельности в ЧС .....	278
16.5. Прогнозирование и оценка возможных последствий ЧС .....	278
16.6. Планирование мероприятий по обеспечению безопасности жизнедеятельности в ЧС .....	280
16.7. Обеспечение устойчивой работы объектов народного хозяйства в ЧС .....	280
16.8. Ликвидация последствий ЧС .....	281
16.9. Практическая работа. Оценка физической устойчивости промышленного предприятия к поражающим факторам чрезвычайных ситуаций мирного времени .....	284
ЛИТЕРАТУРА .....	301

Старикова Галина Васильевна

**БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

**Учебное пособие**

Редактор О. М. Перовщикова

**ЛР № 020520 от 23.04.92 г.**

Подписано к печати

Заказ №

Формат 60x84 <sup>1</sup>/16

Отпечатано на RISO GR 3750

Бум. писч. № 1

Уч. - изд. л.

Усл. печ. л.

Тираж            экз.

---

**Издательство "Нефтегазовый университет"**

Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования

**"Тюменский государственный нефтегазовый университет"**

625000, Тюмень, ул. Володарского, 38

Отдел оперативной полиграфии издательства "Нефтегазовый университет"

625000, Тюмень, ул. Володарского, 38