

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Техносферная безопасность»

ОХРАНА ТРУДА

*Методические рекомендации к лабораторным работам
для студентов всех специальностей
очной и заочной форм обучения*



Могилев 2025

УДК 658.382.3
ББК 65.247
О40

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Техносферная безопасность» «20» декабря 2024 г.,
протокол № 5

Составители: канд. биол. наук, доц. Н. Н. Казаченок;
ст. преподаватель П. С. Орловский;
ст. преподаватель В. М. Пускова

Рецензент канд. техн. наук, доц. О. В. Голушкова

Методические рекомендации содержат правовые и организационные вопросы охраны труда, основы гигиены труда и производственной санитарии, основы безопасности производства и предназначены для проведения лабораторных занятий со студентами всех специальностей очной и заочной форм обучения.

Учебное издание

ОХРАНА ТРУДА

Ответственный за выпуск	А. В. Щур
Корректор	И. В. Голубцова
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 99 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2025

Содержание

1 Лабораторная работа № 1. Обучение и проверка знаний по вопросам охраны труда. Расследование несчастных случаев и профессиональных заболеваний на производстве.....	4
2 Лабораторная работа № 2. Оценка параметров микроклимата в рабочей зоне	12
3 Лабораторная работа № 3. Освещение рабочих мест.....	19
4 Лабораторная работа № 4. Исследование параметров шума и методов его снижения.....	26
5 Лабораторная работа № 5. Электробезопасность. Способы и средства обеспечения электробезопасности	32
6 Лабораторная работа № 6. Средства и методы пожаротушения.....	42
Список литературы.....	47

1 Лабораторная работа № 1. Обучение и проверка знаний по вопросам охраны труда. Расследование несчастных случаев и профзаболеваний на производстве

Цель работы:

- изучить организацию обучения и контроль знаний по охране труда;
- изучить порядок расследования и учета несчастных случаев на производстве;
- изучить порядок расследования и учета профзаболеваний.

Материальное обеспечение: нормативные правовые документы (Закон «Об охране труда», Трудовой кодекс и др.), формы актов Н-1, НП, ПЗ-1.

Порядок выполнения работы.

- 1 Проработать теоретическую часть.
- 2 Ознакомиться с формами актов Н-1, НП, ПЗ-1.
- 3 Оформить отчет, ответить на вопросы преподавателя.

1.1 Организация обучения и контроль знаний по охране труда

Согласно Закону «Об охране труда» работодатель обязан осуществлять подготовку (обучение), инструктаж, переподготовку, стажировку, повышение квалификации и проверку знаний по вопросам охраны труда в порядке, установленном правительством Республики Беларусь [1].

1.1.1 Обучение и проверка знаний по вопросам охраны труда рабочих. Проводится при подготовке, переподготовке, получении второй профессии, повышении квалификации в соответствии с Инструкцией о порядке подготовки (обучения), переподготовки, стажировки, инструктажа, повышения квалификации и проверки знаний работающих по вопросам охраны труда, утвержденной постановлением Министерства труда и социальной защиты РБ № 175 от 28 ноября 2008 г. [2].

Предусматривается как теоретическое обучение по вопросам охраны труда, так и производственное обучение безопасным методам и приемам труда.

Теоретическое обучение осуществляется в рамках специального учебного предмета «Охрана труда» или соответствующих разделов специальных дисциплин в объеме не менее 10 ч. При обучении профессиям рабочих, занятых на работах с повышенной опасностью, предмет «Охрана труда» преподается в объеме не менее 60 ч в учреждениях, обеспечивающих профтехобразование, и не менее 20 ч – при обучении непосредственно в организации.

Продолжительность производственного обучения профессиям рабочих, занятых на работах с повышенной опасностью, устанавливается не менее двенадцати рабочих дней, на других работах – не менее четырех рабочих дней.

Профессиональная подготовка, переподготовка и повышение квалифика-

ции рабочих завершаются итоговой аттестацией в форме квалификационных экзаменов. В экзаменационные билеты включаются вопросы по охране труда.

В организациях проверку знаний рабочих по вопросам охраны труда проводит комиссия для проверки знаний, работающих по вопросам охраны труда, или комиссия структурного подразделения. Запись о прохождении проверки знаний по вопросам охраны труда вносится в Удостоверение по охране труда установленной формы и Личную карточку прохождения обучения по вопросам охраны труда (если она применяется) установленной формы.

Допуск рабочих к самостоятельной работе осуществляется руководителем организации (структурного подразделения) и оформляется приказом, распоряжением либо записью в журнале регистрации инструктажа по охране труда по форме согласно приложению 4 к Инструкции [2].

Перед началом трудовой деятельности с обучающимися и воспитанниками учреждений образования вне учебных занятий (студенческие отряды и иные трудовые объединения, сельскохозяйственные, строительные и другие работы) проводится обучение по вопросам трудового законодательства и охраны труда в учреждениях образования. Организации, которые привлекают к работам (оказанию услуг) обучающихся и воспитанников учреждений образования, проводят их обучение, инструктаж, стажировку и проверку знаний по вопросам охраны труда в соответствии с Инструкцией [2].

1.1.2 Обучение и повышение уровня знаний руководителей и специалистов по вопросам охраны труда. Осуществляются в соответствии с Законом РБ «Об образовании», Положением о порядке осуществления повышения квалификации, стажировки и переподготовки работников и Инструкцией [2]. Руководители и специалисты, принятые на работу в организацию, проходят вводный инструктаж и допускаются к самостоятельной работе после ознакомления их уполномоченным должностным лицом организации с должностными обязанностями, в том числе по охране труда, нормативными правовыми актами (НПА), техническими НПА (ТНПА), локальными НПА по охране труда, соблюдение требований которых входит в их должностные обязанности, условиями охраны труда в структурных подразделениях.

При необходимости специалисты, принятые или переведенные на работы, связанные с ведением технологических процессов, эксплуатацией, испытанием, наладкой и ремонтом оборудования, коммуникаций, зданий и сооружений, а также занятые на подземных работах, перед допуском к самостоятельной работе проходят стажировку по занимаемой должности. Стажировку проводит должностное лицо, назначенное приказом руководителя организации.

Не позднее месяца со дня назначения на должность и периодически в соответствии с требованиями НПА, но не реже одного раза в три года, руководители и специалисты проходят проверку знаний по вопросам охраны труда в соответствующих комиссиях для проверки знаний по охране труда.

Проверка знаний по вопросам охраны труда руководителей и специалистов проводится с учетом их должностных обязанностей и характера производственной деятельности, а также требований НПА, содержащих требования по охране

труда, соблюдение которых входит в их должностные обязанности. Перечень вопросов для проверки знаний по вопросам охраны труда руководителей и специалистов разрабатываются с учетом специфики производственной деятельности согласно приложению 5 к Инструкции [2].

Проверка знаний по вопросам охраны труда проводится в индивидуальном порядке путем устного опроса или с применением компьютерной техники.

Руководителям и специалистам, прошедшим проверку знаний по вопросам охраны труда, выдается удостоверение по охране труда по форме согласно приложению 2 к Инструкции [2].

Специалисты, выполняющие работы по профессиям рабочих, проходят обучение, инструктаж и проверку знаний по вопросам охраны труда в соответствии с главой 2 Инструкции [2].

Лица, не прошедшие проверку знаний по вопросам охраны труда, проходят повторную проверку знаний в срок не более одного месяца со дня ее проведения. Вопрос о работе по профессии (соответствии занимаемой должности) работника, не прошедшего проверку знаний по вопросам охраны труда повторно, рассматривается нанимателем в соответствии с законодательством.

1.2 Инструктажи по охране труда

Согласно ГОСТ 12.0.004–90. *ССБТ. Обучение работающих безопасности труда. Общие положения* и Инструкции о порядке подготовки (обучения), переподготовки, стажировки, инструктажа, повышения квалификации и проверки знаний работающих по вопросам охраны труда, утвержденной постановлением Министерства труда и социальной защиты РБ № 175 от 28 ноября 2008 г., в организации (независимо от форм собственности) должны проводиться: вводный инструктаж, первичный инструктаж на рабочем месте, повторный инструктаж, внеплановый инструктаж и целевой инструктажи.

Вводный инструктаж проводится при:

- приеме работающих на постоянную или временную работу;
- участия в производственном процессе, привлечении к работам (оказанию услуг) в организации или на ее территории, выполнении работ (оказании услуг) по заданию организации.

Вводный инструктаж проводится с работниками других организаций, в том числе командированными, при участии их в производственном процессе или выполнении работ на территории организации.

Вводный инструктаж проводится по утвержденной руководителем организации программе, которая разрабатывается с учетом специфики деятельности организации на основании Типового перечня вопросов программы вводного инструктажа, установленного указанной Инструкцией.

Вводный инструктаж проводит инженер по охране труда или специалист, на которого возложены эти обязанности. Вводный инструктаж проводят после зачисления на работу, перед началом трудовой деятельности. Проведение вводного инструктажа регистрируется в Журнале регистрации вводного инструктажа с обязательной подписью инструктируемого и инструктирующего.

Первичный инструктаж на рабочем месте до начала работы проводят для лиц:

- принятых на работу;
- переведенных из одного подразделения в другое (или объекта);
- участвующих в производственном процессе, привлеченных к работам в организации или выполняющих работы по заданию организации.

Первичный инструктаж на рабочем месте проводят по утвержденной руководителем организации программе и регистрируют в журнале регистрации инструктажа по охране труда установленной формы.

Повторный инструктаж проводится с лицами, перечисленными выше, не реже одного раза в шесть месяцев (при работах с повышенной опасностью – один раз в три месяца) по программе первичного инструктажа или по инструкциям по охране труда для профессий и видов работ.

Внеплановый инструктаж по охране труда проводится при:

- принятии новых нормативных правовых актов, содержащих требования по охране труда, или внесении изменений и дополнений к ним;
- изменении технологического процесса, замене или модернизации оборудования, приборов и других факторов, влияющих на безопасность труда;
- нарушении работающими требований НПА, которое привело или могло привести к аварии или несчастному случаю на производстве;
- перерывах в работе по профессии (в должности) более шести месяцев;
- поступлении информации об авариях и несчастных случаях, происшедших в однопрофильных организациях.

Внеплановый инструктаж проводится также по требованию представителей государственных органов надзора и контроля и др. Он проводится индивидуально или с группой лиц, работающих по одной профессии.

При регистрации внепланового инструктажа в Журнале регистрации инструктажей указывается причина его проведения.

Целевой инструктаж по охране труда проводят при:

- выполнении разовых работ, не связанных с прямыми обязанностями по специальности (погрузка, разгрузка, уборка территории и др.);
- ликвидации последствий аварий, стихийных бедствий и катастроф;
- производстве работ, на которые оформляется наряд-допуск;
- проведении экскурсий в организации.

Регистрация проведения целевого инструктажа осуществляется в Журнале регистрации инструктажа по охране труда или в отдельном журнале. Проведение целевого инструктажа с работающими по наряду-допуску фиксируется в наряде-допуске.

Первичный на рабочем месте, повторный, внеплановый и целевой инструктажи проводит непосредственный руководитель работ (начальник производства, цеха, участка, мастер и другие должностные лица).

Проведение первичного, повторного, внепланового, целевого инструктажей и стажировки подтверждается подписями руководителя работ, проводившего инструктаж, и работающего, прошедшего его, в журнале регистрации инструктажа по охране труда установленной формы или в личной карточке проведения обучения.

Журналы регистрации вводного инструктажа по охране труда, регистрации инструктажа по охране труда, регистрации целевого инструктажа по охране труда должны быть пронумерованы, прошнурованы и скреплены печатью. Журнал регистрации вводного инструктажа заверяется подписью руководителя организации или уполномоченного им лица. Журналы регистрации инструктажа по охране труда или целевого инструктажа по охране труда заверяются подписью руководителя организации или структурного подразделения. Срок хранения журналов – три года с даты внесения последней записи.

1.3 Расследование и учет несчастных случаев и профессиональных заболеваний

Расследование и учет несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний проводятся в соответствии с Правилами расследования и учета несчастных случаев на производстве и профзаболеваний [3].

При несчастном случае на производстве работники принимают меры по предотвращению воздействия травмирующих факторов на потерпевшего, оказанию ему первой помощи, вызову на место происшествия медицинских работников или доставке потерпевшего в организацию здравоохранения.

О каждом несчастном случае на производстве потерпевший или другие работники немедленно сообщают должностному лицу организации.

Должностное лицо организации, страхователя:

- при необходимости немедленно организует оказание первой помощи потерпевшему, вызов медицинских работников на место происшествия (доставку потерпевшего в организацию здравоохранения);
- принимает неотложные меры по предотвращению развития аварийной ситуации и воздействия травмирующих факторов на других лиц;
- обеспечивает до начала расследования несчастного случая сохранение обстановки на месте его происхождения, а если это невозможно – фиксирование обстановки путем составления схемы, фотографирования или иным методом;
- сообщает нанимателю о происшедшем несчастном случае.

1.3.1 Расследование несчастного случая на производстве, кроме группового, со смертельным или тяжелым исходом. Проводится уполномоченным должностным лицом организации, страхователя с участием уполномоченного представителя профсоюза, специалиста по охране труда страхователя или другого специалиста, на которого возложены эти обязанности, а также страховщика и потерпевшего (по их требованию).

При необходимости для участия в расследовании могут привлекаться соответствующие специалисты иных организаций.

Расследование несчастного случая на производстве должно быть проведено в срок не позднее пяти рабочих дней. В указанный срок не включается время, необходимое для проведения экспертиз.

При расследовании несчастного случая на производстве:

- проводится обследование состояния условий и охраны труда на месте происшествия несчастного случая;

- при необходимости организуется фотографирование места происшествия, поврежденного объекта, составление схем, проведение технических расчетов, лабораторных исследований, экспертиз и др.;

- опрашиваются потерпевшие, свидетели, должностные и иные лица;

- устанавливаются обстоятельства, причины несчастного случая, лица, допустившие нарушения актов законодательства о труде и об охране труда.

После завершения расследования уполномоченное должностное лицо организации с участием вышеуказанных лиц оформляет акт о несчастном случае на производстве формы Н-1 в четырех экземплярах.

Несчастный случай оформляется актом о непроизводственном несчастном случае формы НП, если повреждение здоровья или смерть произошли:

- когда пострадавший совершал противоправные действия: воровство, угон транспортных средств;

- вследствие установленного судом умысла потерпевшего или умышленного причинения вреда своему здоровью (попытка самоубийства, др.);

- при обстоятельствах, когда причиной повреждения здоровья, смерти потерпевшего явилось его нахождение в состоянии алкогольного опьянения либо в состоянии, вызванном потреблением наркотических средств их аналогов, подтвержденном документом, выданным организацией здравоохранения;

- вследствие исключительно из-за заболевания потерпевшего и др.

Акт формы НП составляется в четырех экземплярах.

Страхователь в течение двух рабочих дней по окончании расследования:

- рассматривает материалы расследования, утверждает акт формы Н-1 или формы НП и регистрирует его в журнале регистрации несчастных случаев;

- направляет по одному экземпляру акта формы Н-1 или формы НП потерпевшему или лицу, представляющему его интересы, государственному инспектору труда, специалисту по охране труда или специалисту, на которого возложены его обязанности, с материалами расследования;

- направляет один экземпляр акта форм Н-1 и НП с материалами расследования страховщику;

- направляет копии акта формы Н-1 или акта формы НП руководителю подразделения, где работает (работал) потерпевший, в профсоюз, в вышестоящую организацию (по ее требованию) и др.

Акт форм Н-1 и НП с документами расследования хранится в течение 45 лет в организации, у которых взят на учет несчастный случай.

Несчастные случаи с обучающимися учреждений образования, проходящими практику под руководством уполномоченного должностного лица организации, страхователя, расследуются страхователем с участием представителя учреждения образования и учитываются страхователем.

Несчастные случаи с обучающимися учреждений образования или воспитанниками, кроме случаев групповых и со смертельным исходом, расследуются комиссией, создаваемой приказом руководителя учреждения образования.

В комиссию включают уполномоченного представителя руководителя, представителя профсоюза и специалиста по охране труда. Расследование проводится в течение пяти дней и составляется акт формы Н-2.

1.3.2 Специальное расследование несчастных случаев на производстве. Специальному расследованию подлежат:

- групповые несчастные случаи (с двумя и более лицами);
- несчастные случаи со смертельным исходом;
- несчастные случаи с тяжелым исходом.

Тяжесть несчастного случая определяется организациями здравоохранения по схеме, утверждаемой Министерством здравоохранения.

О групповом несчастном случае, несчастном случае со смертельным исходом или несчастном случае с тяжелым исходом организация, наниматель немедленно сообщает:

- в районный (межрайонный), городской, районный в городе отдел Следственного комитета по месту, где произошел несчастный случай;
- в территориальное структурное подразделение Департамента государственной инспекции труда;
- в профсоюз (иной представительный орган работников);
- в вышестоящую организацию (при наличии) и местный исполнительный и распорядительный орган, где зарегистрирован наниматель, страхователь;
- в территориальный уполномоченный орган надзора, если несчастный случай произошел на поднадзорном ему объекте;
- страховщику.

Специальное расследование несчастного случая (группового, с тяжелым исходом или с летальным исходом) проводит государственный инспектор труда с участием уполномоченных представителей организации, страхователя, профсоюза, а также страховщика и потерпевшего или его представителя (по их требованию).

Специальное расследование группового несчастного случая, в результате которого погибли два-четыре человека, проводит начальник областного или Минского городского управления Департамента госинспекции труда с участием вышеуказанных лиц.

Специальное расследование несчастного случая, в результате которого погибли пять и более человек (если по нему не было решения Правительства Республики Беларусь), проводится директором Департамента госинспекции труда Министерства труда и соцзащиты.

Специальное расследование несчастного случая проводится (включая оформление и рассылку документов) в течение 15 рабочих дней со дня получения сообщения о несчастном случае на производстве.

В указанный срок не включается время, необходимое для проведения экспертиз, технических расчетов, лабораторных исследований и др.

Главным государственным инспектором труда области и г. Минска срок проведения специального расследования может быть однократно продлен не более чем на 15 рабочих дней. Главный государственный инспектор труда РБ

может устанавливать более длительные сроки проведения специального расследования.

По результатам специального расследования государственным инспектором труда составляется и подписывается заключение о несчастном случае. Лица, принимавшие участие в расследовании, удостоверяют свое участие в расследовании подписями на заключении. Государственный инспектор труда направляет заключение и документы специального расследования организации, нанимателю, страхователю.

В соответствии с заключением организация, наниматель, страхователь в течение двух рабочих дней составляет акты формы Н-1 или формы НП на каждого потерпевшего и утверждает их. На последней странице акта формы Н-1 или формы НП производится заверенная руководителем организации, нанимателем запись: «Составлен в соответствии с заключением...».

Специальное расследование несчастных случаев (групповые и с летальным исходом), произошедшие с учащимися и воспитанниками, осуществляется вышестоящей организацией (Министерством образования) в течение 10 дней совместно с комиссией, создаваемой в организации, где произошел несчастный случай. По результатам специального расследования уполномоченным представителем вышестоящей организации составляется и подписывается заключение о несчастном случае. В соответствии с заключением руководитель учреждения образования в течение одного рабочего дня составляет акт формы Н-2 на каждого пострадавшего и утверждает его. На последней странице акта производится заверенная руководителем запись: «Составлен в соответствии с заключением ...».

1.3.3 Расследование и учет профессиональных заболеваний. Организация здравоохранения о каждом случае острого профзаболевания в течение 12 ч извещает территориальный центр гигиены и эпидемиологии и нанимателя по месту работы заболевшего.

Расследование профессионального заболевания проводится врачом-гигиенистом центра гигиены и эпидемиологии с участием уполномоченного должностного лица страхователя, представителей профсоюза (трудового коллектива), организации здравоохранения, а также страховщика и заболевшего (по их требованию). Расследование проводится в течение трех дней, а хронического – в течение 14 дней после получения извещения. В расследовании профессиональных заболеваний двух и более работников и профзаболеваний со смертельным исходом принимает участие государственный инспектор труда, а также могут привлекаться специалисты вышестоящих центров гигиены и эпидемиологии и др. Расследование случаев профессиональных заболеваний, вызванных особо опасными и другими инфекциями, проводится с участием врача-эпидемиолога.

По результатам расследования врач-гигиенист составляет акт о профессиональном заболевании формы ПЗ-1 на каждого заболевшего в семи экземплярах. При одновременном профзаболевании двух и более человек, профзаболевании со смертельным исходом акт формы ПЗ-1 составляется в восьми экземплярах.

Акты формы ПЗ-1 утверждаются главным государственным санитарным врачом города (района). Утвержденный акт о профессиональном заболевании

формы ПЗ-1 регистрируется центром гигиены и эпидемиологии в журнале регистрации профзаболеваний и направляется: заболевшему; нанимателю, страхователю; государственному инспектору труда; организации здравоохранения, обслуживающей нанимателя; страховщику.

Утвержденные акты формы ПЗ-1 с документами расследования профессиональных заболеваний со смертельным исходом и одновременно с острым профессиональным заболеванием двух и более человек направляются территориальным центром гигиены и эпидемиологии также в районный (городской) отдел Следственного комитета по месту нахождения организации. Один экземпляр акта хранится в территориальном центре гигиены и эпидемиологии.

Организация-наниматель, страхователь регистрирует акты формы ПЗ-1 в журнале регистрации профессиональных заболеваний и направляет их копии в профсоюз, областное объединение профсоюзов Федерации профсоюзов Беларуси, местный исполнительный и распорядительный орган, вышестоящую организацию, а также в течение пяти рабочих дней ознакомляет лиц, допустивших нарушения актов законодательства о труде и об охране труда, приведшие к профессиональному заболеванию, с актами формы ПЗ-1. Наниматель, страхователь обеспечивает сохранность акта формы ПЗ-1 в течение 45 лет.

Требования к отчету. Отчет должен содержать ответы на нижеприведенные вопросы.

Контрольные вопросы

1 Обучение и проверка знаний по вопросам охраны труда работающих по рабочим профессиям.

2 Обучение и проверка знаний руководителей и специалистов по вопросам охраны труда.

3 Инструктажи по охране труда. Порядок проведения и регистрация.

4 Порядок расследования несчастных случаев (кроме групповых со смертельным и тяжелым исходом) и оформление актов форм Н-1 и НП.

5 Порядок проведения специального расследования.

6 Расследование и учет профессиональных заболеваний.

2 Лабораторная работа № 2. Оценка параметров микроклимата в рабочей зоне

Цель работы:

– изучить основные принципы нормирования метеорологических условий в производственных и офисных помещениях;

– исследовать параметры микроклимата на рабочих местах и оценить их.

Материальное обеспечение: гигрометр психометрический ВИТ-1, анемометр ручной крыльчатый АСО-3, барометр, метеометр МЭС-200.

Порядок выполнения работы.

- 1 Изучить теоретическую часть.
- 2 Изучить устройство и принцип действия применяемых приборов и выполнить измерения.
- 3 Обработать результаты, оформить отчет и защитить работу.

2.1 Общие положения

Показателями, характеризующими микроклимат в производственных и офисных помещениях, являются:

- температура воздуха t , °С;
- температура окружающих поверхностей;
- относительная влажность воздуха ϕ , %;
- скорость движения воздуха v , м/с;
- интенсивность теплового облучения J , Вт/м²;
- тепловая нагрузка среды.

Оптимальные значения параметров микроклимата – установленные по критериям оптимального теплового состояния человека значения микроклиматических показателей, которые обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности и являются предпочтительными на рабочих местах.

Допустимые значения параметров микроклимата – минимальные или максимальные значения микроклиматических показателей, установленных по критериям теплового состояния человека на период 8-часовой рабочей смены и не вызывающих повреждений или нарушений состояния здоровья, но способных приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности к концу смены.

В местах пребывания работников в течение смены в зависимости от характеристики выполняемых работ по интенсивности энергозатрат должны поддерживаться оптимальные или допустимые значения параметров микроклимата. Температура наружных поверхностей не должна превышать 45 °С.

К категории Ia относятся работы с интенсивностью энергозатрат до 120 ккал/ч, производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением (ряд профессий на швейном производствах, в офисе и др.).

К категории Ib относятся работы с интенсивностью энергозатрат 121...150 ккал/ч, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением (ряд профессий на предприятиях связи, контролеры, мастера и др.).

К категории Pa относятся работы с интенсивностью энергозатрат 151...200 ккал/ч, связанные с постоянной ходьбой, перемещением мелких (до 1 кг) изделий или предметов в положении стоя или сидя и требующие опре-

деленного физического напряжения (ряд профессий в механосборочных цехах, в прядильно-ткацком производстве и подобные).

К категории Пб относятся работы с интенсивностью энергозатрат 201...250 ккал/ч, связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением (ряд профессий в литейных, прокатных, термических, сварочных цехах и др.).

К категории III относятся работы с интенсивностью энергозатрат более 250 ккал/ч, связанные с постоянными передвижениями, перемещением и переноской значительных (свыше 10 кг) тяжестей и требующие значительных физических усилий (ряд профессий в кузнечных цехах с ручной ковкой и др.).

Оптимальные значения параметров микроклимата на рабочих местах производственных и офисных помещений приведены в таблице 2.1 [4].

Таблица 2.1 – Оптимальные значения параметров микроклимата на рабочих местах производственных и офисных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia	22...24	21...25	60...40	0,1
	Iб	21...23	20...24	60...40	0,1
	IIa	19...21	18...22	60...40	0,2
	IIб	17...19	16...20	60...40	0,2
	III	16...18	15...19	60...40	0,3
Теплый	Ia	23...25	22...26	60...40	0,1
	Iб	22...24	21...25	60...40	0,1
	IIa	20...22	19...23	60...40	0,2
	IIб	19...21	18...22	60...40	0,2
	III	18...20	17...21	60...40	0,3

В таблице 2.2 приведены допустимые значения параметров микроклимата на рабочих местах производственных и офисных помещений [4].

Влажность воздуха в значительном мере влияет на самочувствие человека и его работоспособность. Влажность бывает абсолютная и относительная.

Абсолютная влажность – это абсолютное содержание водяных паров в 1 м³ воздуха при данной температуре.

Относительная влажность представляет собой процентное отношение абсолютного количества водяных паров в 1 м³ воздуха к их максимально возможному количеству при данной температуре воздуха.

Оптимальная относительная влажность составляет 40 %...60 % (см. таблицу 2.1). Допустимая величина относительной влажности до 75 % (см. таблицу 2.2) в зависимости от сочетания температуры воздуха со скоростью его движения.

При нормировании учитываются:

– теплый период года – промежуток времени, характеризуемый средне-

суточной температурой наружного воздуха выше плюс 10 °С;

– холодный период года – промежуток времени, характеризуемый средне-суточной температурой наружного воздуха, равной плюс 10 °С и ниже;

– категории работ по степени тяжести.

Таблица 2.2 – Допустимые значения параметров микроклимата на рабочих местах производственных и офисных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхности, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин			для диапазона t воздуха ниже оптимальных величин, не более	для диапазона t воздуха выше оптимальных величин, не более
Холодный	Ia	20,0...21,9	24,1...25,0	19,0...26,0	15...75	0,1	0,1
	Iб	19,0...20,9	23,1...24,0	18,0...25,0	15...75	0,1	0,2
	IIa	17,0...18,9	21,1...23,0	16,0...24,0	15...75	0,1	0,4
	IIб	15,0...16,9	19,1...22,0	14,0...23,0	15...75	0,2	0,3
	III	13,0...15,9	18,1...21,0	12,0...22,0	15...75	0,2	0,4
Теплый	Ia	21,0...22,9	25,1...28,0	20,0...29,0	15...75	0,1	0,2
	Iб	20,0...21,9	24,1...28,0	19,0...28,0	15...75	0,1	0,3
	IIa	18,0...19,9	22,1...27,0	17,0...28,0	15...75	0,1	0,4
	IIб	16,0...17,9	21,1...27,0	15,0...28,0	15...75	0,2	0,5

2.2 Определение параметров микроклимата воздуха рабочей зоны

Температуру, относительную влажность и скорость движения воздуха измеряют на высоте 1,0 м от пола или рабочей площадки при работах, выполняемых сидя, и на высоте 1,5 м – при выполнении работ стоя.

2.2.1 *Определение абсолютной и относительной влажности.* Абсолютную влажность можно определить по формуле

$$A = F_{вл} - 0,5(t_{сух} - t_{вл}) \cdot B/100,63, \quad (2.1)$$

где A – абсолютная влажность, г/м³;

$F_{вл}$ – максимальная влажность воздуха при температуре влажного термометра $t_{вл}$ (таблица 2.3), г/м³;

B – барометрическое давление, кПа;

0,5 – постоянный психрометрический коэффициент (для психрометров с вентилятором);

100,63 – среднее барометрическое давление, кПа.

Таблица 2.3 – Максимальная упругость насыщенных водяных паров при различных температурах

Температура воздуха, °С	Максимальная влажность ($F_{\text{сух}}$, $F_{\text{вл}}$), г/м ³	Температура воздуха, °С	Максимальная влажность ($F_{\text{сух}}$, $F_{\text{вл}}$), г/м ³
10	9,209	21,0	18,650
11	9,844	22,0	19,827
12	10,518	23,0	21,068
13	11,231	24,0	22,377
14	11,987	25,0	23,756
15	12,788	26,0	25,209
16	13,634	27,0	26,739
17	14,530	28,0	28,344
18	15,477	29,0	30,043
19	16,477	30,0	31,842
20	17,735	31,0	33,695

Зная абсолютную влажность, можно найти относительную влажность φ , %, по формуле

$$\varphi = (A/F_{\text{сух}}) \cdot 100, \quad (2.2)$$

где $F_{\text{сух}}$ – максимальная влажность при температуре сухого термометра $t_{\text{сух}}$ (см. таблицу 2.3), г/м³.

2.2.2 Измерение температуры и относительной влажности воздуха. Измерение температуры воздуха осуществляют термометрами различного типа.

Для измерения относительной влажности воздуха служат гигрометры, а для регистрации ее изменений во времени – гигрографы. Гигрометры служат для прямого определения относительной влажности.

Гигрометр психрометрический (психрометр Августа) типа ВИТ-1 состоит из двух одинаковых ртутных термометров, один из которых сухой, а другой влажный. Резервуар влажного термометра обернут гигроскопической тканью (батист, марля), связан со стаканчиком, заполненным дистиллированной водой. Сухой термометр показывает температуру окружающего воздуха, а влажный – более низкую температуру, которая зависит от скорости испарения воды с обернутой тканью резервуара.

2.2.3 Измерение давления окружающей среды. Для аналитического определения абсолютной и относительной влажности необходимо знать давление окружающей среды. Давление определяется барометром-анероидом БАММ-1.

2.2.4. Измерение скорости движения воздуха. Скорость движения воздуха определяют с помощью анемометров, крыльчатых и чашечных. Крыльчатые анемометры служат для измерения скорости движения воздуха в диапазоне до 10 м/с, чашечные – до 20 м/с. Последовательность работы с чашечным анемометром (при измерении скорости движения воздуха от вентилятора) описана в инструкции по применению.

2.3 Способы и средства нормализации микроклимата в производственных помещениях

Важнейшими способами нормализации микроклимата в производственных помещениях и в зонах рабочих мест являются кондиционирование, отопление и вентиляция воздуха помещений. Для защиты работающих от открытых источников тепла (нагретый металл, «открытое» пламя и т. п.) используются средства индивидуальной защиты, в том числе средства защиты лица и глаз.

Кондиционирование. Кондиционирование воздуха предназначено для автоматического регулирования всех или части параметров микроклимата в пределах, обеспечивающих комфортные условия в зонах пребывания людей, а также для оптимизации техпроцессов. При полном кондиционировании воздуха контролируются такие его параметры, как температура, влажность, подвижность, чистота, степень озонирования и ионизации.

Отопление. Отопление может быть местным и центральным. В качестве теплоносителей используется вода, пар или воздух. Теплый воздух, подаваемый в помещение, обычно нагревается в калориферах с помощью горячей воды, пара или электричества. В соответствии с этим отопление бывает водяное, паровое, воздушное и комбинированное.

Вентиляция. Производственная вентиляция – это система средств, обеспечивающая регулярный воздухообмен в производственном помещении. Она предназначена для удаления из помещения избыточного тепла, влаги, пыли, вредных газов и паров и создания наиболее благоприятного (отвечающего санитарно-гигиеническим требованиям) микроклимата и ионного состава. Воздухообмен в помещении можно осуществлять естественным путем через форточки или вентиляционные каналы за счет разности температур и давлений внутри помещения и вне его. Такая вентиляция называется естественной, или аэрацией. Более эффективна искусственная механическая вентиляция, осуществляемая с помощью вентиляторов и эжекторов. Сочетание естественной и искусственной вентиляции образует смешанную систему вентиляции.

Естественная вентиляция может быть неорганизованной, когда воздух подается в помещение и удаляется из него за счет инфильтрации через неплотности и поры наружных ограждений. Естественная вентиляция считается организованной, если она имеет устройства, позволяющие регулировать направление воздушных потоков и величину воздухообмена (вытяжные каналы, шахты, форточки и фрамуги зданий, аэрационные фонари и др.).

Искусственная механическая вентиляция, осуществляемая за счет вентиляторов и эжекторов, позволяет, в отличие от естественной, подавать воздух в любую зону помещения или удалять его из мест образования различных вредных веществ: пыли, влаги, тепла, газов. В системах механической вентиляции можно предусматривать устройства для подогрева, увлажнения и очистки воздуха от пыли, а также его ионизации. Механическая вентиляция может применяться как для подачи воздуха в помещение – приточная, так и для удаления воздуха из помещения – вытяжная. Приточно-вытяжная вентиляция обеспечивает приток воздуха в помещение и одновременно его удаление из помещения. Системы

механической вентиляции состоят из вентиляторов, устройств для забора и подачи воздуха, воздуховодов, фильтров и т. д.

По месту действия вентиляция может быть общеобменной, местной и комбинированной. Общеобменная вентиляция осуществляет воздухообмен во всем помещении, а местная – лишь в определенных местах.

Наиболее распространенными системами промышленной вентиляции являются комбинированные, при которых совместно с общеобменной вентиляцией используется и местная вентиляция.

2.4 Определение воздухообмена в производственных помещениях

При проектировании и расчете вентиляции учитываются климатическая зона, время года, наличие в воздушной среде вредных веществ (избыточного тепла и влаги, газов, пыли и т. д.). Если в воздух помещения выделяется одновременно несколько вредных веществ однонаправленного действия, то расчет общеобменной вентиляции производится путем суммирования объемов воздуха, необходимых для разбавления каждого вещества в отдельности до ПДК. При одновременном выделении нескольких вредных веществ равнонаправленного действия расчет воздухообмена ведется для каждого из них, и для дальнейших расчетов вентиляции применяют наибольшее значение воздухообмена.

Методика расчета воздухообмена в лаборатории. Для помещения с нормальным микроклиматом и при отсутствии вредных веществ или содержании их в пределах норм ПДК воздухообмен L_p , м³/ч, определяется путем умножения количества работающих n_p в помещении на нормируемую величину расхода воздуха на одного работающего L' :

$$L_p = n_p \cdot L' \quad (2.3)$$

Если на одного работающего приходится менее 20 м³ объема помещения, то $L' \geq 30$ м³/ч, когда же на одного работающего приходится 20 м³ и более объема, то $L' \geq 20$ м³/ч.

Считая помещение учебной лаборатории производственным помещением, необходимо произвести измерение показателей микроклимата и оценить их соответствие требованиям [4].

Для этого:

- определить текущий период года;
- определить категорию выполняемых в аудитории работ по тяжести (энерготратам);
- выбрать оптимальные и допустимые величины T , ϕ , V из таблиц 2.1 и 2.2.

Произвести измерение температуры и относительной влажности воздуха с помощью психрометра ВИТ-1 и метеометра. Данные, в том числе расчетные данные, занести в таблицу 2.4. Сравнить показания и сделать выводы.

Определив габаритные размеры лаборатории (длину A , ширину B , высоту H) и количество находящихся в ней человек n , по формуле (2.3) рассчитать воздухообмен в лаборатории.

Таблица 2.4 – Результаты измерений

Период года	Категория работ	Наименование показателей микроклимата	Нормативная величина параметров		Фактическое значение параметров		Расчетный параметр
			оптимальная	допустимая	ВИТ-1	Метео-метр	
		1 Температура, °С					–
		2 Относительная влажность, %					
		3 Скорость движения воздуха, м/с			–		–

Требования к отчету. Отчет должен содержать краткую характеристику параметров микроклимата, применяемых приборов и результаты измерений.

Контрольные вопросы

- 1 Основные показатели, характеризующие микроклимат в производственных и офисных помещениях.
- 2 Нормирование параметров микроклимата.
- 3 Приборы для измерения влажности воздуха, давления и скорости движения воздуха.
- 4 Способы и средства нормализации микроклимата.

3 Лабораторная работа № 3. Освещение рабочих мест

Цель работы:

- ознакомиться с требованиями, предъявляемыми к производственному освещению, и видами освещения;
- ознакомиться с методиками расчета естественного и искусственного освещения;
- освоить методики измерения освещенности на рабочих местах.

Материальное обеспечение: люксметр, метр, стенд со светильниками.

Порядок выполнения работы.

- 1 Изучить теоретическую часть.
- 2 Провести измерение освещенности на рабочих местах.
- 3 Обработать результаты, оформить отчет и защитить работу.

3.1 Общие положения

Свет влияет на состояние высших психических функций и физиологические процессы в организме. Правильно выполненная система освещения повышает производительность труда от 10 % до 20 %, уменьшает брак на 20 %, снижает

количество несчастных случаев на 30 %.

По типу освещение принято делить на естественное, искусственное и совмещенное. Способ освещения выбирают с учетом специфики технологии производства, объема планировочного и конструктивного решения здания, климатических особенностей района строительства и экономических возможностей (СН 2.04.03–2020) [5].

Помещения с постоянным пребыванием людей должны иметь, как правило, естественное освещение. Без естественного освещения допускается проектировать помещения, которые определены строительными нормами. Уровень освещенности рабочих мест естественным светом не является постоянным, т. к. он зависит от времени года и суток, состояния атмосферы и т. п.

Искусственное освещение целесообразно устраивать в герметизированных зданиях. Искусственное освещение обеспечивает постоянную освещенность на рабочих местах в течение суток.

При совмещенном освещении одновременно используют в дневное время естественный и искусственный свет. Совмещенное освещение предусматривается для производственных помещений, в которых выполняются работы от 1 до 3 разрядов, когда невозможно обеспечить нормированное значение естественного освещения, когда имеется технико-экономическая целесообразность совмещать освещение и т. п.

3.1.1 Естественное освещение. Естественное освещение в помещении подразделяют на боковое, верхнее и комбинированное. В первом случае свет проникает в здание через световые проемы в наружных стенах, во втором – через фойе в покрытии и через проемы в стенах в местах перепада высот смежных пролетов, в третьем – через проемы всех типов (рисунок 3.1). При выборе вида естественного освещения учитывают специфику технологического процесса, условия зрительной работы, конструктивные решения здания, климатические особенности места, экономические факторы и т. д.

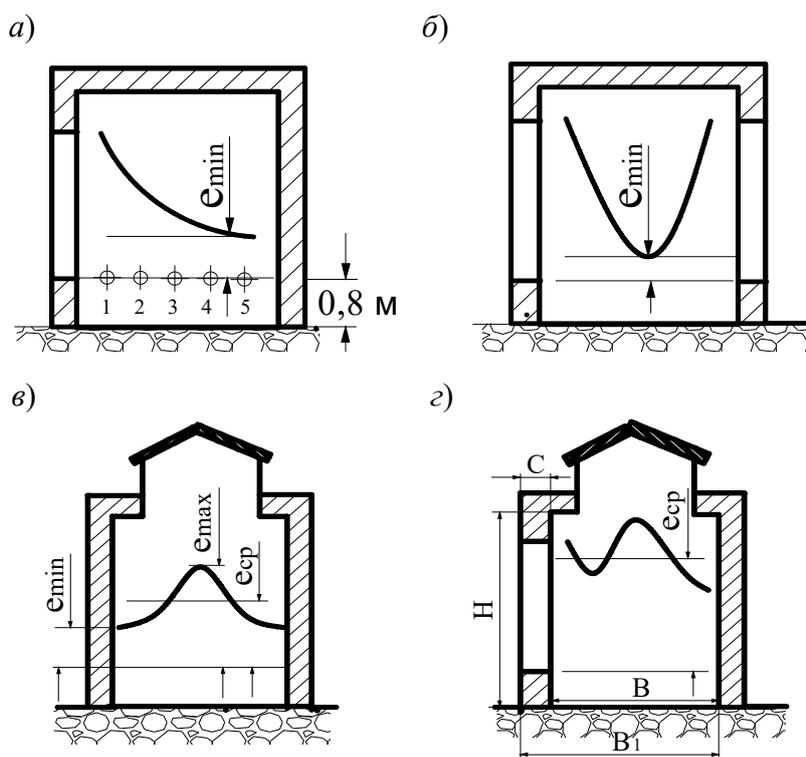
Боковое освещение применяют, как правило, в многоэтажных зданиях, а также в одноэтажных при отношении глубины помещения (см рисунок 3.1) к высоте окон над условной рабочей поверхностью не более 8, а верхнее и боковое – в одноэтажных многопролетных зданиях.

Условная рабочая поверхность – условно принятая горизонтальная поверхность, расположенная на высоте 0,8 м от пола.

Освещенность, создаваемая естественным светом, – величина постоянная, поэтому освещенность здания регламентируется относительной величиной – коэффициентом естественной освещенности (сокращенно КЕО).

КЕО обозначается буквой e . Он выражает отношение естественной освещенности, создаваемой в некоторой точке заданной поверхности внутри помещения светом неба, $E_{вн}$ к значению наружной горизонтальной освещенности $E_{нар}$, создаваемой в то же время светом полностью открытого небосвода; выражают коэффициент в процентах:

$$e = (E_{вн} / E_{нар}) \cdot 100 \%. \quad (3.1)$$



H – высота помещения; B – ширина помещения; B_1 – глубина помещения; C – толщина стены со светопроемом; a – одностороннее боковое освещение; b – двустороннее боковое; $в$ – верхнее освещение; $г$ – комбинированное освещение

Рисунок 3.1 – Схема распределения КЕО по разрезу помещения

Нормированное значение КЕО e_N для зданий, располагаемых в различных районах, определяют по формуле

$$e_N = e_H \cdot t, \quad (3.2)$$

где e_H – нормированное значение КЕО [5, таблица А.1];

t – коэффициент светового климата, принимается с учетом группы административных районов по ресурсам светового климата [5, приложение Г] и с учетом группы административных районов стран СНГ [5, приложение В].

Характеристику зрительной работы определяют по наименьшему размеру объекта различения [5, таблица А.1]. Объект различения – это рассматриваемый предмет, отдельные его части или дефект, который требуется различить в процессе работы.

В соответствии с нормативным документом все зрительные работы, проводимые в производственных помещениях, делятся на восемь разрядов. Разряд I работы наивысшей точности с размером объекта различения менее 0,15 мм, разряд VIII – общее наблюдение за ходом технологического процесса без ограничения размера объекта различения.

Освещенность помещения выражают КЕО ряда точек характерного разреза помещения, взятых на условной рабочей поверхности. Расстояние между расчетными точками принимают от 2 до 3 м, при этом первую и последнюю точки размещают на расстоянии 1 м от стен или средних рядов колонн.

При одностороннем боковом естественном освещении нормируется минимальное значение КЕО в точке на расстоянии 1 м от стены, наиболее удаленной от световых проемов (см. рисунок 3.1, а), а при двустороннем боковом освещении – в точке посередине помещения (см. рисунок 3.1, б).

При верхнем или комбинированном естественном освещении нормируется среднее значение КЕО в точках, расположенных на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности (или пола). Первая и последняя точки принимаются на расстоянии 1 м от поверхности стен (перегородок) или колонн.

Расчет естественного освещения. Расчет и проектирование естественного освещения в помещении сводится к выбору системы освещения (боковое, верхнее и др.), размеров, формы, расположения и конструктивных решений светопроемов, обеспечивающих нормированный уровень освещения.

Достаточность размеров, формы и места расположения световых проемов определяют расчетом, проводимым в два этапа – предварительный и проверочный. Проверочный расчет производят с использованием графиков, накладываемых на поперечный разрез здания и его план.

Предварительный расчет площади световых проемов при боковом освещении помещений производят по формуле

$$S_o = S_n K_3 e_N \eta_o K_{3д} / (100 \tau_o r_1), \quad (3.3)$$

где S_o – площадь окон, м²;

e_N – нормированное значение КЕО, определяемое по формуле (3.2);

K_3 – коэффициент запаса, зависящий от состояния воздушной среды производственных помещений, количества чисток остекления, угла наклона материала к горизонту [5];

η_o – световая характеристика окон при боковом освещении [5];

$K_{3д}$ – коэффициент, учитывающий изменение внутренней отраженной составляющей КЕО в помещении при наличии противостоящих зданий (деревьев) [5];

r_1 – коэффициент, учитывающий повышение КЕО при боковом освещении благодаря свету, отраженному от поверхности помещения и подстилающего слоя, прилегающего к зданию [5]. При боковом одностороннем освещении $r_1 = 2,75$; при боковом двустороннем освещении $r_1 = 1,75$.

Коэффициент τ_o определяется по формуле

$$\tau_o = \tau_1 \tau_2 \tau_3 \tau_4 \tau_5, \quad (3.4)$$

где τ_1 – коэффициент светопропускания материала [5];

τ_2 – коэффициент, учитывающий потери света в переплетах [5];

τ_3 – коэффициент, учитывающий потери света в несущих конструкциях [5];

τ_4 – коэффициент, учитывающий светопотери в солнцезащитных устройствах [5];

τ_5 – коэффициент, учитывающий светопотери в защитной сетке, устанавливаемой под фонарями, равен 0,9, а при боковом освещении $\tau_5 = 1$.

S_n – площадь пола, принимается в зависимости от условий обеспечения

нормируемого значения КЕО на глубине помещения для работ с различными зрительными условиями. Площадь достаточного естественного света при одностороннем освещении принимают равной для работ:

– I–IV разрядов

$$S_n = l_n \cdot 1,5H; \quad (3.5)$$

– V–VII разрядов

$$S_n = l_n \cdot 2H; \quad (3.6)$$

– VIII разряда

$$S_n = l_n \cdot 3H, \quad (3.7)$$

где l_n – длина помещения, м;

H – высота помещения, м.

При двустороннем расположении светопроемов для вышеуказанных диапазонов зрительных разрядов S_n соответственно принимают равным

$$S_n = 2l_n \cdot 1,5H; \quad (3.8)$$

$$S_n = 2l_n \cdot 2H; \quad (3.9)$$

$$S_n = 2l_n \cdot 3H. \quad (3.10)$$

3.1.2 Искусственное освещение. В производственных помещениях применяют систему общего и комбинированного (общего и местного) освещения.

В системе общего освещения принято различать два способа размещения светильников: равномерное и локализованное. Равномерный способ предполагает равные расстояния между светильниками в каждом ряду и между рядами. В системе общего локализованного освещения положение каждого светильника определяется соображениями выбора наиболее выгодного направления светового потока и устранения теней на освещенном рабочем месте, т. е. целиком зависит от расположения оборудования.

Равномерное расположение светильников общего освещения применяется обычно в тех случаях, когда необходимо обеспечить одинаковые условия освещения по всей площади помещения, а локализованное – при необходимости дополнительного подсвета отдельных участков освещаемого помещения.

Вторая система – система комбинированного освещения – включает в себя светильники, расположенные непосредственно у рабочего места и предназначенные только для освещения рабочей поверхности (местное освещение), и светильники общего освещения – для выравнивания, распределения яркости в поле зрения и создания необходимой освещенности в проходах помещения.

Системы комбинированного освещения имеют преимущественное применение в производственных помещениях, где выполняются работы I, II, III, IVa, IVб, Va разрядов. Общая освещенность в системе комбинированного должна составлять не менее 10 % нормируемой.

Искусственное освещение подразделяют на общее и местное, аварийное, охранное и дежурное.

Аварийное освещение разделяют на освещение безопасности и эвакуационное. Освещение безопасности предусматривается для тех случаев, если отключается рабочее освещение и нарушается обслуживание оборудования, механизмов, что может вызвать взрыв, пожар, отравление людей, нарушение технологического процесса и т. п. Эвакуационное освещение предусматривается для освещения эвакуационных путей. Освещение безопасности должно обеспечивать не менее 5 % нормируемой освещенности от общего, но не менее 2 лк, а эвакуационное – не менее 0,5 лк.

Охранное освещение предусматривается вдоль границ территории, охраняемой в ночное время, и должно быть не менее 0,5 лк.

Область применения, величина освещенности и требования к качеству для дежурного освещения не нормируются.

Проектирование освещения сводится к выбору источника света, системы освещения, нормативной освещенности, типов светильников и расчетов осветительной установки с обеспечением их качественных характеристик. Выбор источников света в системах искусственного освещения проводят в зависимости от особенностей зрительной работы и требований к цветопередаче.

3.1.3 Совмещенное освещение. Совмещенное освещение применяется в производственных зданиях с недостаточным естественным освещением, где его недостаток в светлое время суток восполняется искусственным светом.

Нормированное значение КЕО для производственных помещений должно приниматься как для совмещенного освещения по [5].

Освещенность от системы общего освещения должна составлять не менее 200 лк при разрядных лампах и 100 лк при лампах накаливания. Создавать освещенность более 750 лк при разрядных лампах и 300 лк при лампах накаливания допускается только при наличии обоснований.

3.2 Практическая часть

3.2.1 Исследование зрительных условий при естественном освещении.

1 Указать вид естественного освещения в помещении: боковое одностороннее, боковое двустороннее, верхнее, комбинированное.

2 Определить размер минимального объекта различения, оценить контраст объекта с фоном, характеристику фона и по [5] определить разряд и подразряд зрительной работы.

3 Произвести измерение освещенности в помещении через 1 м от поверхности стены по ширине помещения (на высоте 0,8 м от пола) с помощью люксметра, вычислить КЕО и полученные данные занести в таблицу 3.1.

4 Построить кривую светораспределения помещения.

5 Сравнить данные таблицы 3.1 с нормативной величиной КЕО, сделать вывод о соответствии естественного освещения требованиям.

Таблица 3.1 – Результаты измерений естественного освещения

Расстояние от поверхности стены, м	1	2	3	4	5
Освещенность E , лк					
КЕО, %					

6 Рассчитать площадь окон по формуле (3.3).

7 Сравнить результаты расчетов с площадью окон и сделать выводы.

3.2.2 Исследование зрительных условий при искусственном освещении. Исследование искусственного освещения выполняют в помещении при закрытых шторами окнах или в темное время суток.

1 Определить вид искусственного освещения в помещении: общее, местное, комбинированное, локальное.

2 Определить размер минимального объекта различения, разряд и подразряд зрительной работы.

3 С помощью люксметра произвести замер фактической освещенности на рабочем месте.

4 Сделать вывод о количественном соответствии СН 2.04.03–2020.

5 Определить количество ламп, необходимое для освещения помещения, сравнить с имеющимся и сделать выводы.

6 Сравнить выводы, полученные при измерении освещенности, с выводами, полученными при расчетах освещенности.

3.2.3 Исследование зависимости изменения освещенности от высоты расположения светильников и мощности ламп. Измерение освещенности выполняется в лаборатории при закрытых шторами окнах, в отгороженной от остальной части помещения специальной кабине и на специальном стенде.

1 Блок с лампами накаливания и люминесцентной лампой различной мощности расположить на высоте от 0,5 до 1,0 м от рабочего места через 10 см.

2 С помощью люксметра произвести замер освещенности на рабочем месте под каждой лампой и на различной высоте и данные занести в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 – Результаты измерения освещенности E в зависимости от высоты расположения ламп над рабочей поверхностью h и мощности ламп N

h , м	N , Вт					
0,5						
0,6						
...						

3 Для каждой лампы построить кривые изменения освещенности.

4 Сделать выводы о характере изменения освещенности от типа и мощности ламп, высоты расположения их над рабочей поверхностью.

Требования к отчету. Отчет должен содержать сведения о видах производственного освещения, результаты расчетов, замеров, выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Естественное освещение и его нормирование.
- 2 Искусственное освещение и его нормирование.
- 3 Совмещенное освещение и его нормирование.

4 Лабораторная работа № 4. Исследование параметров шума и методов его снижения

Цель работы:

- изучить основные характеристики шума и требования к нормированию;
- освоить методику измерения шума.

Порядок выполнения работы.

- 1 Изучить теоретическую часть.
- 2 Изучить устройство оборудования и методику измерений.
- 3 Провести измерения и оформить отчет.

4.1 Источники, характеристика и классификация шума

Источниками шума могут быть колебания, возникающие при соударении, трении, скольжении твердых тел, истечении жидкостей и газов.

В зависимости от происхождения различают шум механический, аэро-динамический, гидродинамический, термический, взрывной (импульсный).

Шум – совокупность звуков, различных по частоте и интенсивности, вредно влияющих на организм человека. С физической стороны шум характеризуется частотой колебаний, звуковым давлением, интенсивностью или силой звука. Ухо человека способно воспринимать как слышимые звуковые колебания воздуха с частотой f от 16 до 20 000 Гц.

Колебания с частотой ниже 16 Гц называются инфразвуковыми, а выше 20 000 Гц – ультразвуковыми. Инфразвук и ультразвук не вызывают слуховых ощущений, но оказывают биологическое действие на организм человека.

Звуковым давлением называется разность между мгновенным значением полного давления и средним давлением в невозмущенной среде.

При распространении звуковой волны в пространстве происходит перенос энергии. Количество переносимой энергии определяется интенсивностью звука. Средний поток энергии в какой-либо точке среды в единицу времени, отнесенный к единице площади поверхности, нормальной к направлению распространения волны, называется интенсивностью звука I в данной точке.

Ухо человека реагирует не на абсолютное, а на относительное изменение интенсивности звука. При этом ощущения человека пропорциональны логарифму количества энергии шума или другого раздражителя. Кроме того, по закону Вебера – Фехнера раздражающее действие шума на человека пропорционально не квадрату звукового давления, а логарифму от него.

Так как интенсивность звука пропорциональна квадрату звукового давления, то для уровня звукового давления L можно записать следующее:

$$L_I = 10 \lg (I / I_0), \quad (4.1)$$

где I – интенсивность звука в данной точке, Вт/м²;

I_0 – интенсивность звука, соответствующая порогу слышимости.

$$L_P = 20 \lg (P/P_0), \quad (4.2)$$

где P – среднее квадратическое значение звукового давления в определенной полосе частот, Па;

P_0 – исходное значение звукового давления в воздухе, $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па.

Уровень интенсивности звука измеряется в белах. Ухо человека реагирует на величину, в 10 раз меньшую, чем бел (Б), поэтому распространение получила единица децибел (дБ), равная 0,1 Б.

Слуховой аппарат человека обладает неодинаковой чувствительностью к звукам различной частоты (рисунок 4.1). Минимальное звуковое давление и минимальная интенсивность звуков, воспринимаемых слуховым аппаратом человека, определяют порог слышимости.



Рисунок 4.1 – Область слухового восприятия человека

За эталонный принят звук с частотой 1000 Гц. При этой частоте порог слышимости по интенсивности составляет $I_0 = 10^{-12}$ Вт/м², а соответствующее ему звуковое давление $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па. Верхняя граница воспринимаемых человеком

звук называется порогом болевого ощущения. Он равен 120...130 дБ. При частоте 1000 Гц он возникает при $I = 10 \text{ Вт/м}^2$ и $P = 2 \cdot 10^2 \text{ Па}$. Между порогом слышимости и болевым порогом лежит область слышимости.

Логарифмическая шкала в децибелах (0...140) позволяет определить чисто физическую характеристику шума независимо от частоты. Наибольшая чувствительность слухового аппарата человека характерна для средних и высоких частот (800...1000 Гц), наименьшая – для низких (20...100 Гц). Для того чтобы приблизить результаты объективных измерений к субъективному восприятию, введено понятие скорректированного уровня звукового давления.

Суть коррекции – введение зависящих от частот звука поправок к уровню соответствующей величины. Эти поправки стандартизованы в международном масштабе. Наиболее употребительна коррекция «А». Скорректированный уровень звукового давления ($L_A = L_P - \Delta L_A$) называется уровнем звука и измеряется в децибелах по шкале А.

При исследовании шумов весь диапазон частот разбивают на полосы частот и определяют мощность процесса, приходящегося на каждую полосу. В результате сформирован стандартный ряд из 9 октавных полос со среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц.

Шумы классифицируются:

- по характеру спектра: широкополосный шум – шум с непрерывным спектром шириной более одной октавы; тональный шум – шум, в спектре которого имеются выраженные дискретные (тональные) составляющие;

- по временным характеристикам: постоянный шум – шум, уровень звука которого за 8-часовой рабочий день изменяется во времени не более чем на 5 дБА; непостоянный шум – шум, уровень звука которого за 8-часовой рабочий день изменяется во времени более чем на 5 дБА.

Непостоянный шум подразделяется на колеблющийся (шум, уровень звука которого непрерывно изменяется во времени), прерывистый и импульсный.

4.2 Нормирование шума

Нормирование проводится в соответствии с Санитарными нормами и правилами [7]. Нормируемыми параметрами постоянного шума являются:

- уровни звукового давления L_P , дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц;
- уровень звука L_A , дБА (таблица 4.1).

Нормируемыми параметрами непостоянного шума являются:

- эквивалентный (по энергии) уровень звука непостоянного шума – уровень звука постоянного широкополосного шума, который имеет такое же среднее квадратическое звуковое давление, что и данный непостоянный шум в течение заданного интервала времени;

- максимальный уровень звука: для колеблющегося во времени, для прерывистого и для импульсного шума – в децибелах по шкале А.

Предельно допустимые уровни должны приниматься: для тонального и импульсного шума на 5 дБ (дБА) меньше значений, указанных в таблице 4.1; для

шума, создаваемого в помещениях кондиционерами, вентиляторами и др., на 5 дБ (дБА) меньше фактических уровней шума в этих помещениях, если последние не превышают значений, указанных в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Допустимые уровни звукового давления, уровни звука на рабочих местах, в производственных помещениях и на территории предприятий

Рабочее место	Уровень звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								Уровень звука, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	5000	
Помещения конструкторских бюро, лабораторий и др.	71	61	54	49	45	42	40	38	50
Помещения управления, рабочие комнаты (с ПК)	79	70	68	58	55	52	50	49	60
Помещения лабораторий для проведения экспериментов	94	87	82	78	75	73	71	70	80
Постоянные рабочие места и рабочие зоны в производственных помещениях	99	92	86	83	80	78	76	74	80

Максимальный уровень звука для колеблющегося и прерывистого шума не должен превышать 110 дБА, а для импульсного – 125 дБА.

Запрещается даже кратковременное пребывание в зонах с уровнем звука или уровнем звукового давления в любой октавной полосе свыше 135 дБА.

4.3 Методы измерения и контроля шума на рабочих местах

Результаты измерений должны характеризовать шумовое воздействие за время рабочей смены (рабочего дня). Устанавливается следующая продолжительность измерения непостоянного шума: половина рабочей смены или полный технологический цикл. Допускается общая продолжительность измерения 30 мин, состоящая из трех циклов, каждый из которых продолжительностью 10 мин – для колеблющегося во времени; 30 мин – для импульсного; полный цикл характерного действия шума – для прерывистого.

Измерения шума необходимо производить при работе не менее 2/3 установленных в данном помещении единиц технологического оборудования в наиболее характерном режиме его работы. Во время проведения измерений должны быть включены оборудование вентиляции, кондиционирования воздуха и другие используемые в помещении устройства, являющиеся источником шума.

Микрофон шумомера следует располагать на высоте 1,5 м над уровнем пола или рабочей площадки (если работа выполняется стоя) или на высоте уха человека, подвергающегося воздействию шума (если работа выполняется сидя). Микрофон должен быть ориентирован в направлении максимального уровня шума и удален не менее чем на 0,5 м от оператора, проводящего измерения.

Для оценки шума на постоянных рабочих местах измерения проводят в точках, соответствующих установленным постоянным местам, а на непостоянных –

в рабочей зоне в точке наиболее частого пребывания работника.

Контроль нормируемых параметров шума на рабочих местах должен проводиться не реже одного раза в год.

Мероприятия по борьбе с шумом могут быть техническими, архитектурно-планировочными, организационными и медико-профилактическими.

С помощью технических средств борьба с шумом ведется по трем основным направлениям: устранение причин возникновения шума или снижение его в источнике образования за счет конструктивных, технологических и эксплуатационных мероприятий; снижение шума на пути его распространения; непосредственная защита работника или группы рабочих.

Снижение шума в источнике его возникновения. Наиболее эффективным средством снижения шума является замена шумных технологических операций на малошумные или полностью бесшумные. Однако это не всегда возможно, поэтому большое значение имеет снижение его в источнике. Этого можно добиться усовершенствованием конструкции или схемы установки, производящей шум, изменением режима ее работы, использованием в конструкции материалов с пониженными акустическими свойствами, оборудованием на источнике шума дополнительных звукоизолирующих устройств или ограждений, расположенных по возможности ближе к источнику.

Методы снижения шума на пути его распространения. Снижение шума на пути его распространения от источника в значительной степени достигается проведением строительно-акустических мероприятий.

К методам снижения шума на пути его распространения относится применение кожухов, экранов, выгородок, кабин наблюдения, звукоизолирующих перегородок между помещениями, звукопоглощающих облицовок, глушителей шума, а также средств, обеспечивающих снижение передачи вибрации от оборудования виброизоляцией и вибропоглощением.

Сущность звукоизоляции состоит в том, что большая часть звуковой энергии отражается от преграды, часть поглощается самой преградой и лишь незначительная ее часть проникает за ограждение. В качестве звукоизолирующих преград используются акустические экраны, кожухи, кабины.

Звукопоглощение. Одним из методов строительной акустики является использование шумопоглощающих конструкций или материалов, которыми облицовывают потолки и стены помещений. Процесс поглощения звука в материале происходит за счет перехода звуковой энергии в тепловую в результате вязкого трения воздуха в порах материала. Звукопоглощающие материалы по своей структуре являются пористыми. К ним следует отнести пенопласт, поролон, технический войлок, минеральную вату, керамзит, гипсовые плиты и др.

Вибропоглощение. Достигается покрытием вибрирующих частей оборудования и машин специальными демпфирующими материалами, имеющими высокое внутреннее трение.

Глушители шума. Являются эффективными средствами борьбы с шумом, возникающим при заборе воздуха и выбросе отработанных газов в вентиляторах, воздухопроводах, пневмоинструменте, газотурбинных, дизельных, компрессорных установках.

Средства индивидуальной защиты (СИЗ). На рабочих местах, где не удастся добиться снижения шума до допустимых уровней техническими средствами или где это нецелесообразно по технико-экономическим соображениям, следует применять СИЗ от шума. К СИЗ относятся противошумные наушники, противошумные вкладыши, противошумные шлемы и каски, противошумные костюмы. В комплексе мероприятий по защите человека от неблагоприятного действия шума определенное место занимают медицинские средства профилактики (предварительные и периодические медицинские осмотры).

4.4 Определение суммарного уровня шума от работы нескольких источников шума

Установить микрофон на расстоянии (указывает преподаватель) от источников шума, включить первый источник шума, произвести замеры на октавной полосе в децибелах и результаты занести в таблицу 4.2. Выключить первый источник шума, включить второй и выполнить действия, аналогичные для первого. Результаты расчетов занести в таблицу 4.3.

Таблица 4.2 – Данные для корректировки расчетных параметров шума

$L_I - L_i$	0	1	2	3	4	5	6	7	8
ΔL	3,0	2,5	2,1	1,8	1,4	1,1	1,0	0,8	0,6

Продолжение таблицы 4.2

$L_I - L_i$	9	10	11	12	13	14	15	16	17
ΔL	0,55	0,45	0,35	0,3	0,25	0,15	0,1	0,1	0

Таблица 4.3 – Суммарный уровень шума

Вариант	Первый источник шума, дБ	Второй источник шума, дБ	Разность показаний измерений, дБ	Результат расчета, дБ	Суммарный уровень шума, дБ
1					
2					

Рассчитать суммарный уровень шума в соответствии с приведенной методикой.

При одновременном действии двух источников с различными уровнями суммарный уровень

$$L_{\Sigma} = L_I + \Delta L,$$

где L_I – наибольший из двух суммарных уровней шума;

ΔL – добавка в функции разности уровней источников (некоторые значения приведены ниже).

Включить оба источника шума и произвести замеры уровней шума, сравнить результаты замеров с расчетными и сделать выводы.

Исследовать изменения уровня шума в зависимости от изменения расстояния до источника шума.

Произвести измерения уровней шума на различных расстояниях от источников шума (расстояния указывает преподаватель) и результаты занести в таблицу 4.4. По полученным данным построить зависимости изменения уровней шума от расстояния и сделать выводы.

Таблица 4.4 – Изменение уровня шума от расстояния до источника шума

H , м	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0
L_1 , дБ						
L_2 , дБ						

Контрольные вопросы

- 1 Характеристики шума и его источники.
- 2 Нормирование шума и единицы измерения.
- 3 Средства и методы защиты от шума.

5 Лабораторная работа № 5. Электробезопасность. Способы и средства обеспечения электробезопасности

Цель работы: ознакомиться с основными средствами и методами защиты от поражения электрическим током, методикой расчета защитного заземления.

Порядок выполнения работы.

- 1 Изучить теоретический материал.
- 2 Произвести расчет защитного заземления.
- 3 Подготовить отчет о выполненной работе.

5.1 Виды поражения электрическим током

Действие электрического тока на живую ткань, в отличие от действия других материальных факторов (пара, химических веществ и т. п.), носит своеобразный и разносторонний характер. Проходя через организм человека, электрический ток оказывает термическое, электролитическое, механическое и биологическое действие.

Многообразие действий электрического тока на организм нередко приводит к различным электротравмам. Электротравма – травма, вызванная воздействием электрического тока или электрической дуги. Травмы условно можно свести к двум видам: местным электротравмам, когда возникает местное (локальное) поврежде-

ние организма, и электрическим ударам, когда поражается весь организм из-за нарушения нормальной деятельности жизненно важных органов и систем.

Примерное распределение несчастных случаев от электрического тока в промышленности по указанным видам травм: 20 % – местные электротравмы; 25 % – электрические удары; 55 % – смешанные травмы, т. е. одновременно местные электротравмы и электрические удары.

Местная электротравма – ярко выраженное локальное нарушение целостности тканей тела, в том числе костных тканей, вызванное воздействием электрического тока или электрической дуги.

Характерные местные электротравмы – электрические ожоги и знаки, металлизация кожи, механические повреждения и электроофтальмия.

Электрический ожог – самая распространенная электротравма. Токовый ожог возникает при прохождении электрического тока через тело человека в результате контакта с токоведущей частью оборудования и является следствием преобразования электрической энергии в тепловую.

В зависимости от условий возникновения различают два основных вида ожога: токовый (контактный), возникающий при прохождении тока непосредственно через тело человека в результате его контакта с токоведущей частью, и дуговой, обусловленный воздействием на тело человека электрической дуги.

Различают следующие четыре степени ожогов:

- 1) покраснение кожи;
- 2) образование пузырей;
- 3) омертвление всей толщи кожи;
- 4) обугливание тканей.

Электрические знаки представляют собой резко очерченные пятна серого или бледно-желтого цвета на поверхности тела человека, подвергнувшегося действию тока. Знаки имеют круглую или овальную форму и размеры 1...5 мм с углублением в центре. Электрические знаки безболезненны и лечение заканчивается благополучно.

Электрометаллизация кожи – проникновение в верхние слои кожи мельчайших частичек металла, расплавившегося под действием электрической дуги.

Механические повреждения являются следствием резких непроизвольных судорожных сокращений мышц под действием тока, проходящего через тело человека. В результате могут произойти разрывы сухожилий, кожи, кровеносных сосудов и нервной ткани, вывихи суставов и даже переломы костей.

Электроофтальмия – воспаление наружных оболочек глаз (роговицы), возникающее в результате воздействия мощного потока ультрафиолетовых лучей, которые энергично поглощаются клетками организма и вызывают химические изменения.

Биологическое действие тока проявляется в раздражении и возбуждении живых тканей организма.

Человек начинает ощущать прохождение тока частотой 50 Гц при силе 0,6...1,5 мА. При токе 10...15 мА возникают судороги мышц рук, которые человек не может самостоятельно преодолеть, т. е. он не в состоянии разжать руку с проводником. Величину такого тока принято называть пороговым

неотпускающим. При прохождении тока в 25...50 мА возникают спазмы мышц грудной клетки, что вызывает нарушение или прекращение дыхания. Ток силой 50 мА и более вызывает остановку или хаотические сокращения мышц сердца, что приводит к прекращению кровообращения. Он считается смертельным.

Фибрилляционный ток – это такой ток, который при прохождении через тело человека вызывает фибрилляцию сердца.

Фибрилляция (fibrillatio) – быстрое хаотическое сокращение мышц сердца, в результате которого сердце теряет способность перекачивать кровь.

Пороговым фибрилляционным током называют наименьшее значение фибрилляционного тока. Для переменного тока частотой 50 Гц фибрилляционным является ток от 100 мА до 5 А, пороговым – 100 мА. Для постоянного тока пороговым фибрилляционным током считается ток 300 мА, верхним – 5 А.

5.2 Способы и средства обеспечения электробезопасности

Для обеспечения защиты от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением (при нарушении изоляции), используют следующие способы:

- изоляцию токоведущих частей и контроль изоляции;
- оградительные устройства; знаки безопасности, плакаты;
- предупредительную сигнализацию и блокировку;
- малые напряжения; электрическое разделение сетей;
- электрозащитные средства;
- защитное заземление; защитное зануление; защитное отключение;
- выравнивание потенциала и др.

Все вышеперечисленные способы и средства защиты могут использоваться как отдельно, так и в сочетании друг с другом.

5.2.1 Защитное заземление и его расчет. Защиту от поражения электрическим током и возгораний можно осуществить защитным отключением (отключают поврежденный участок сети быстродействующей защитой) либо защитным заземлением за счет снижения прикосновения и шага до безопасных значений (рисунок 5.1).

Защитное заземление следует отличать от рабочего заземления (например, нейтральные точки обмоток генератора, трансформаторов и др.).

При замыкании тока на корпус нормально изолированные части электрооборудования окажутся под напряжением. Прикоснувшись к ним, человек попадает под напряжение прикосновения. Оно будет равно разности между полным напряжением φ_3 на корпусе, к которому прикасается человек рукой, и потенциалом φ_x поверхности земли, пола, где он стоит:

$$U_{np} = \varphi_3 - \varphi_x = \varphi_3(1 - \varphi_x / \varphi_3) = \varphi_3 \cdot \alpha_1,$$

где α_1 – коэффициент прикосновения, учитывающий форму потенциальной кривой ($\alpha_1 = (1 - \varphi_x / \varphi_3) \leq 1$; $\varphi_3 = I_3 \cdot r_3$).

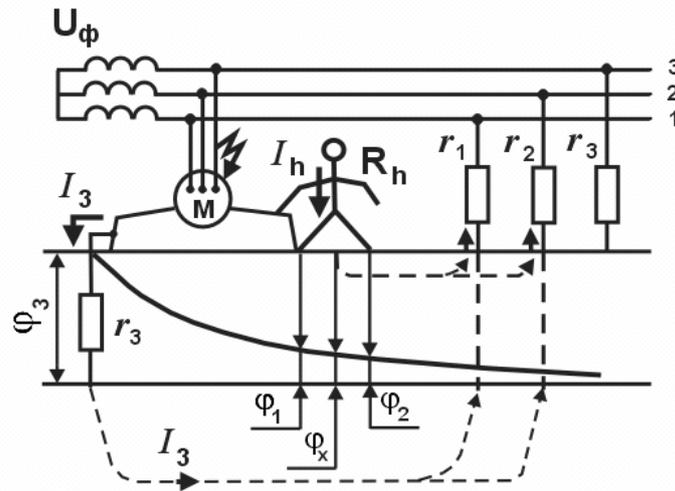


Рисунок 5.1 – Принципиальная схема защитного заземления в сетях трехфазного тока

В местах, где расположены ступни ног, на поверхности земли имеются разные электрические потенциалы (φ_1 и φ_2) и на длине шага возникает напряжение, соответствующее разности этих потенциалов:

$$U_{ш} = \varphi_1 - \varphi_2 = \varphi_1 - \varphi_{1+a},$$

где a – длина шага, равная 0,8 м.

Напряжение между двумя точками цепи тока, находящимися на расстоянии шага, на которых одновременно может стоять человек, называется напряжением шага $U_{ш}$.

Защитное заземление является наиболее простой и в то же время эффективной мерой защиты от поражения током в сетях: напряжением до 1000 В переменного тока – трехфазных трехпроводных с изолированной нейтралью, однофазных двухпроводных, изолированных от земли, а также постоянного тока двухпроводных с изолированной средней точкой обмоток источника тока; напряжением выше 1000 В переменного и постоянного тока с любым режимом нейтральной или средней точки обмоток источников тока.

В помещениях с повышенной опасностью и особо опасных, а также в наружных установках заземление обязательно при номинальном напряжении электроустановки выше 42 В переменного и 110 В постоянного тока, а в помещениях без повышенной опасности – при напряжении 380 В и выше переменного и 440 В и выше постоянного тока. Во взрывоопасных зонах всех классов заземление выполняют независимо от значения напряжения электроустановки.

Заземляющим устройством называется совокупность заземлителя – проводников (электродов), соединенных между собой и находящихся в непосредственном соприкосновении с землей, и заземляющих проводников, соединяющих заземляющие части электроустановки с заземлителем.

Различают два типа заземляющих устройств: выносное и контурное.

Выносное заземляющее устройство вынесено за пределы площадки, на которой размещено заземляющее оборудование. Выносные заземлители сооружают не далее 2 км от участка, где размещено заземляемое оборудование.

Выносное заземление сооружают при невозможности разместить на защищаемой территории: при высоком сопротивлении земли (скальный грунт) и др.

При контурном заземляющем устройстве электроды размещают по контуру (периметру) площадки, на которой находится заземляемое оборудование, или распределяют равномерно на площадке (в виде сетки).

Различают заземлители искусственные, предназначенные только для целей заземления, и естественные – находящиеся в земле металлические предметы иного назначения. В качестве естественных заземлителей используют водопроводные и другие металлические трубы, проложенные в земле, металлические и железобетонные конструкции зданий и сооружений, заземлители опор и др. В качестве заземляющих проводников, предназначенных для соединения заземляемых частей с заземлителями, применяют, как правило, сталь полосовую или круглого сечения.

Расчет защитного заземления имеет целью определить основные параметры заземления – число, размеры и порядок размещения одиночных заземлителей и заземляющих проводников. Расчет выполняется по допустимому сопротивлению растеканию тока заземлителя.

Сопротивление заземляющих устройств в сетях напряжением до 1000 В при суммарной мощности генераторов (трансформаторов), питающих сеть, не более 100 кВ·А должно быть до 10 Ом, во всех остальных случаях – 4 Ом.

Проектирование заземляющего устройства при расчете заземлителей по допустимому сопротивлению растеканию тока заключается в подборе такой конструкции искусственного заземлителя, при которой выполнялись бы нормы на допустимое сопротивление при наименьших затратах на его сооружение.

При проектировании заземляющего устройства необходимо знать удельное сопротивление ρ , Ом·м, грунта в том месте, где будет сооружаться заземлитель. Ориентировочные значения ρ приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Приближенные значения удельных электрических сопротивлений различных грунтов

Наименование грунта	Предел колебаний величины удельного сопротивления грунта, Ом·м	Рекомендация для предварительных расчетов удельных сопротивлений, Ом·м
1 Песок	400...700	700
2 Супесь	150...400	300
3 Суглинок	40...150	100
4 Глина	8...70	40
5 Садовая земля	40...60	40
6 Чернозем	9...53	20
7 Торф	10...30	20
8 Каменистый	500...800	700

Для одиночных стержневых заземлителей сопротивление растеканию тока определяют по следующим эмпирическим формулам:

– для стержневых круглого (трубчатого) сечения электродов у поверхности

земли (рисунок 5.2, а)

$$R_3 = \rho / (2\pi \cdot l) \cdot \ln (4l / d);$$

– для стержневых круглого (трубчатого) сечения электродов в земле (рисунок 5.2, б)

$$R_3 = \rho / (2\pi \cdot l) \cdot (f_1 + f_2),$$

где ρ – удельное сопротивление грунта, Ом·м;

l – длина стержней, м;

d – диаметр сечения (для уголкового заземлителя $d = 0,95b$, где b – ширина полки в метрах), м;

t – расстояние от поверхности грунта до середины вертикального заземлителя ($t = h_0 + l/2$), м;

f_1 – параметр, связанный с диаметром ($f_1 = \ln (2l / d)$).

f_2 – параметр, связанный с глубиной заложения ($f_2 = \ln [(4t + l) / (4t - l)]$).

Необходимое количество стержней (без учета проводимости соединительной полосы) определяют по формуле

$$n = (R_3 \cdot \eta_c) / R_{\text{дон}},$$

где $R_{\text{дон}}$ – допустимое сопротивление заземления;

η_c – климатический коэффициент, учитывающий возможность изменения удельного сопротивления вследствие промерзания грунта зимой или его высыхания летом (таблица 5.2).

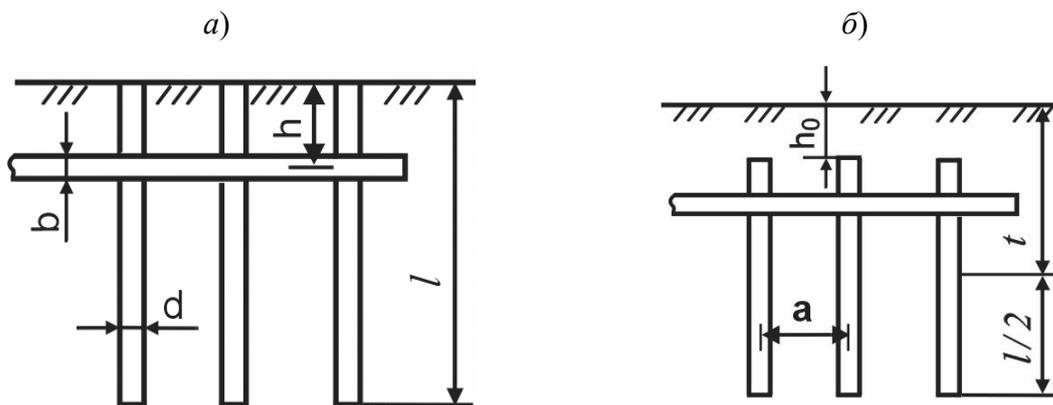


Рисунок 5.2 – Схемы заземления

Зная необходимое число электродов, определяют длину полосы связи между электродами при контурном заземляющем устройстве:

$$l_n = a (n - 1),$$

где n – число стержней;

a – расстояние между стержнями (от 2 до 3 м).

Таблица 5.2 – Коэффициенты сезонности η_c

Месяц	Глубина заложения заземлителей, м		Месяц	Глубина заложения заземлителей, м	
	Менее 0,8	0,8...3,5		Менее 0,8	0,8...3,5
Январь	1,05	1,2	Июль	2,20	1,75
Февраль	1,05	1,10	Август	1,55	1,55
Март	1,00	1,00	Сентябрь	1,60	1,70
Апрель	1,60	1,20	Октябрь	1,55	1,60
Май	1,95	1,30	Ноябрь	1,60	1,35
Июнь	2,00	1,55	Декабрь	1,65	1,35

Сопrotивление соединительной полосы

$$R_3 = \rho / (2\pi \cdot l_n) \cdot \ln(f_3),$$

где h – глубина заложения, м;

b – ширина полосы, м;

f_3 – параметр, связанный с размерами полосы ($f_3 = (2l_n^2) / (b \cdot h)$).

Вычисляют расчетное сопротивление заземляющего устройства с учетом коэффициентов взаимного влияния электродов и использования полосы:

$$R = (R_3 \cdot R_n) / (R_3 \cdot \eta_n + R_n \cdot n \cdot \eta_3),$$

где η_3 – коэффициент взаимного влияния (увеличения сопротивления растека-нию тока группового заземления) (таблица 5.3);

η_n – коэффициент использования полосы (таблица 5.4).

Таблица 5.3 – Коэффициенты взаимного влияния η_3 (использование вертикальных электродов группового заземлителя) при размещении электродов по контуру

Число заземлителей	Коэффициент использования вертикальных электродов
2	0,85
4	0,73
6	0,65
10	0,59
20	0,48

Таблица 5.4 – Коэффициенты использования горизонтальной полосы, соединяющей вертикальные электроды группового заземлителя, η_n

Число вертикальных электродов	Коэффициент использования полосы
2	0,85
4	0,77
6	0,72
10	0,62
20	0,42

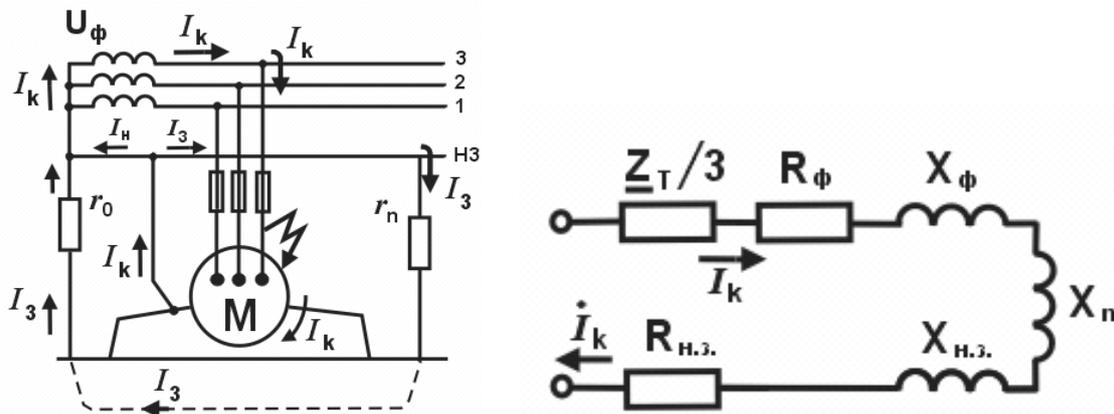
Заземление будет удовлетворять требованиям при условии $R \leq R_{доп}$. При условии $R > R_{доп}$ увеличивают в контуре заземлителя количество вертикальных электродов, а затем вновь находят коэффициенты использования η_z и η_n и вычисляют R .

В процессе эксплуатации не исключена возможность повышения сопротивления растеканию тока заземлителя сверх расчетного и нарушения целостности заземляющей проводки и т. п. Измерение сопротивления заземляющего устройства производится после монтажа, через год после включения в эксплуатацию и в последующем при комплексном ремонте электроустановки.

5.2.2 Защитное зануление. Зануление – преднамеренное электрическое соединение металлических нетоковедущих частей электроустановки, которые могут оказаться под напряжением, с нулевым защитным проводником.

Проводник, соединяющий зануляемые части с глухозаземленной нейтральной точкой обмотки трансформатора, называется нулевым защитным проводником (НЗП). Нулевой защитный проводник следует отличать от нулевого рабочего проводника, который предназначен для питания током электроприемников. Область применения НЗП такая же, как и для заземления.

При замыкании фазы на корпус установки в цепи «фаза – нуль» появляется ток короткого замыкания I_k , который обеспечивает срабатывание защиты и тем самым автоматически отключает поврежденную установку от питающей сети. Такой защитой являются плавкие предохранители, автоматы максимального тока и т. д. Кроме того, зануление снижает напряжение на корпусе установки относительно земли в аварийный период (как при защитном заземлении).



а – общая схема работы зануления; б – однофазная упрощенная схема замещения

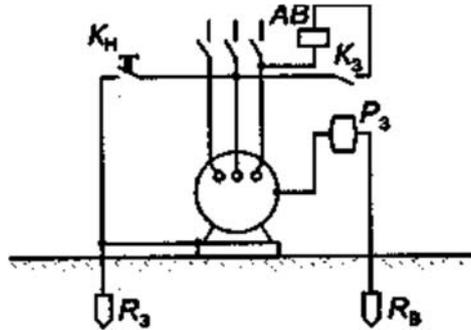
Рисунок 5.3 – Схемы работы зануления

5.2.3 Защитное отключение. Защитное отключение представляет собой быстродействующую защиту, обеспечивающую автоматическое отключение электроустановки при возникновении в ней опасности поражения током.

При использовании этого вида защиты безопасность обеспечивается быстродействующим (0,1...0,2 с) отключением аварийного участка или всей сети при однофазном замыкании на землю или на элементы электрооборудования,

нормально изолированные от земли, а также при прикосновении человека к частям, находящимся под напряжением.

Защитно-отключающие устройства включают следующие элементы: датчик, представляющий собой чувствительный элемент и воспринимающий входной сигнал (иногда называется фильтром); автоматический выключатель – исполнительный орган, отключающий электроустановку или участок сети при поступлении аварийного сигнала (рисунок 5.4).



P_3 – защитное реле; K_3 – замыкающие контакты; AB – автоматический выключатель; K_n – контрольная кнопка; R_3 – защитное заземление; R_B – вспомогательное заземление

Рисунок 5.4 – Схема защитного отключения, срабатывающего при появлении напряжения на корпусе относительно земли

Защитное отключение может служить дополнением к системам защитных заземления и зануления, а также единственным и основным средством защиты.

5.3 Практическая часть

1 Рассчитать заземляющее устройство для заземления электродвигателя, питающегося от трехфазной сети с изолированной нейтралью напряжением 380 В, место использования устройства – помещение с нормальными условиями, по опасности поражения электрическим током – помещение с повышенной опасностью. Расчеты защитного заземления выполнить в соответствии с вариантом, указанным в таблице 5.5.

2 Оформить отчет, в котором отобразить способы и средства обеспечения электробезопасности, расчет защитного заземления и выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Виды поражения электрическим током.
- 2 Средства и способы обеспечения электробезопасности.
- 3 Защитное заземление. Принцип действия.
- 4 Защитное зануление. Принцип действия.
- 5 Принцип действия защитного отключения.

Таблица 5.5 – Исходные данные для расчета защитного заземления

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Схема	1	2	2	1	1	1	2	2	2	2	1	1	2	1	2
Вид вертикального заземлителя	Труба	Уголок 40×40	Труба	Труба	Уголок 45×45	Труба	Труба	Уголок 50×50	Уголок 55×55	Уголок 60×60	Труба	Уголок 45×45	Труба	Труба	Уголок 40×40
Грунт	Песок	Супесь	Суглинок	Глина	Садовая земля	Чернозем	Торф	Скальный	Песок	Глина	Супесь	Торф	Глина	Песок	Суглинок
Мощность трансформатора, кВ·А	25	40	100	400	175	400	25	40	175	25	100	40	400	1000	100
l , м	2,5	2,5	2,7	2,8	2,5	3,0	3,0	2,6	2,7	2,8	3,0	2,8	2,6	2,5	3,0
d , м	0,05		0,06	0,056		0,05	0,06				0,05		0,06		
b , мм	12	16	18	60	20	24	28	32	36	42	48	50	22	42	36
h , м	0,4	0,6	0,7	0,5	0,4	0,3	0,6	0,8	1,00	1,00	0,6	0,5	0,9	0,4	0,8
h_0 , м		0,2	0,3				0,4	0,5	0,8	0,7			0,5		0,6
Период эксплуатации	В течение года	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	В течение года	Май	Июнь	Август	В течение года	Июль	Август	В течение года
Расстояние между электродами a , м	2	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	2	2,3	2,5	2,7	2,9	3,0	2,0	2,5	2,6

6 Лабораторная работа № 6. Средства и методы пожаротушения

Цель работы: ознакомиться с устройством, принципом действия и областью применения средств и методов пожаротушения и сигнализации.

Материальное обеспечение: огнетушители, стенды.

Порядок выполнения работы.

- 1 Изучить теоретическую часть.
- 2 Изучить устройство и принцип действия первичных средств пожаротушения.
- 3 Изучить системы автоматического пожаротушения.
- 4 Подготовить отчет о выполненной работе.

6.1 Средства и методы тушения пожаров

Пожар – неконтролируемое горение вне специального очага, наносящее материальный ущерб. Особенно опасны пожары в местах хранения легковоспламеняющихся и горючих жидкостей и газов.

Применяемые средства пожаротушения должны максимально ограничивать размеры пожара и обеспечивать его тушение.

Огнегасящие вещества, используемые при этом, должны обладать одним или несколькими из следующих свойств:

- охлаждать поверхность горения;
- изолировать вещество из зоны горения;
- понижать концентрацию кислорода в зоне горения;
- замедлять или полностью прекращать горение химическим путем.

Наиболее эффективными огнегасящими веществами являются вода, вода с добавками поверхностно-активных веществ, пена, порошковые составы, негорючие газы, галоидированные углеводороды.

Выбор огнетушащего вещества зависит от класса пожара. Согласно ГОСТ 12.1.004–91 пожары делятся на пять классов – А, В, С, D, Е (таблица 6.1).

Таблица 6.1 – Классы пожаров

Класс пожара	Характеристика горючей среды	Огнетушащее вещество
А	Твердые горючие материалы (древесина, уголь, бумага, резина, текстиль)	Все виды огнетушащих веществ
В	Горючие жидкие и плавящиеся при нагревании материалы	Распыленная вода, все виды пен, порошки
С	Горючие газы (водород, ацетилен, углеводороды и др.)	СО ₂ , азот, порошки, галоидоуглеводороды
Д	Легкие и щелочные металлы (алюминий, магний, калий, натрий и др.)	Порошки
Е	Электроустановки, находящиеся под напряжением	СО ₂ , порошки, галоидоуглеводороды

Вода. Вода является наиболее дешевым и распространенным средством пожаротушения. Она охлаждает горящую поверхность, а образующийся при этом водяной пар понижает концентрацию горючих газов и кислорода вокруг горящего вещества, изолирует вещество от зоны горения и тем самым способствует прекращению горения (из 1 л воды образуется 1725 л пара).

Как средство пожаротушения, вода применяется в виде компактных и распыленных струй для тушения большинства горючих веществ и материалов, создания водяных завес и охлаждения объектов вблизи очага пожара.

Вода со смачивателями (0,5 %...2 %) – для тушения плохо смачивающихся веществ и материалов (хлопок, сажа и т. п.).

Воду не применяют лишь для тушения пожаров на складах с веществами, выделяющими при взаимодействии с водой горючие газы (карбид кальция), а также в случае возможности возникновения взрыва (калий, магний) и обильного выделения отравляющих веществ.

На промышленных предприятиях и в населенных пунктах в качестве источников пожарного водоснабжения используются естественные водоисточники (реки, озера), а также специально проложенные для этих целей наружные водопроводные сети с гидрантами.

В производственных и общественных зданиях, а также в жилых зданиях повышенной этажности устраивается внутреннее пожарное водоснабжение с пожарными кранами, укомплектованными рукавом и стволом.

Водяной пар технологического назначения и отработанный. Огнегасительная эффективность пара невелика, поэтому его рекомендуется применять для тушения загораний в помещениях объемом до 500 м³. Вытесняя кислород воздуха из объема, водяной пар прекращает процесс горения.

Пена. Пена представляет собой массу пузырьков газа (углекислый газ, воздух), заключенных в тонкие оболочки жидкости. Растекаясь по поверхности горящего вещества, пена изолирует его от пламени, вследствие чего прекращается поступление горючих паров и кислорода воздуха в зону горения. Пена классифицируется по ряду признаков:

- по способу получения (химическая и воздушно-механическая);
- по производительности (обычной кратности ($K = 10 \dots 80$) и высокократная ($K = 80$ и более)).

Кратность K – это число, которое показывает, во сколько раз объем пены превышает объем раствора, взятого для ее получения.

Пена воздушно-механическая – это смесь воздуха, воды и пенообразующих веществ. Покрывая место загорания, она локализует его, предотвращая доступ кислорода воздуха. Пена воздушно-механическая обычной кратности применяется для тушения нефтепродуктов. Воздушно-механическая пена получается в специальных аппаратах, пеногенераторах.

Порошковые составы. Применяются для тушения легковоспламеняющихся жидкостей, сжиженных газов, а также для тушения пожаров в тех случаях, когда другие средства тушения непригодны или малоэффективны. Так, например, загорание таких металлов, как калий, натрий, литий, уран, титан, магний. Порошковые составы создают на поверхности металлов жидкую пленку, которая

изолирует поверхность горения от воздуха.

Порошковые составы неэлектропроводны, что дает возможность использовать их при тушении пожаров оборудования и аппаратов, находящихся под напряжением (трансформаторы и т. п.). Порошковые составы почти нетоксичны, не оказывают вредных воздействий на материалы и используются при тушении загораний в виде пылевого облака или в сочетании с распыленной водой и пенными средствами тушения.

Негорючие газы (инертные). К ним относят углекислый газ, азот, аргон, дымовые газы. Они понижают концентрацию кислорода в очаге горения и тормозят процесс горения. Их целесообразно использовать в тех случаях, когда применение воды может вызвать взрыв или повреждение аппаратуры и т. п.

Галлоны, хладоны. Галлоны – это составы, полученные на основе галоидированных углеводородов. Так, например, фреон по эффективности превышает CO_2 в 14 раз. Используются они для тушения, пламеподавления и для тушения дорогостоящего оборудования, выключенного из сети, т. к. в случае возникновения электрической дуги может произойти взрыв.

Водоснабжение. Системой водоснабжения называют комплекс инженерно-технических сооружений, предназначенных для забора воды из природных источников, подъема ее на высоту, очистки (в случае необходимости), хранения запасов и подачи ее к местам потребления.

Противопожарный водопровод (наружный и внутренний) является одним из наиболее важных элементов системы противопожарного водоснабжения. Для отбора воды из наружного водопровода на нем устанавливаются на расстоянии 100...150 м пожарные гидранты. Гидранты устанавливают на расстоянии не более 2,5 м от края проезжей части дороги и не ближе 5 м от стен зданий, чтобы обеспечивался удобный подъезд к ним пожарных автомобилей.

6.1.1 Первичные средства пожаротушения. Первичные средства пожаротушения – это средства, которые используются в начальной стадии загорания. Они просты в обращении. Обычно они располагаются в открытых и доступных местах и должны постоянно находиться в боевой готовности. Количество первичных средств пожаротушения определяется в зависимости от назначения помещения, пожарной опасности техпроцесса (ППБ-2014).

К первичным средствам пожаротушения относятся:

- огнетушители;
- пожарные щиты, укомплектованные инструментами;
- ящики с песком.

Самым распространенным видом первичных средств пожаротушения являются огнетушители. Все огнетушители можно классифицировать:

- по виду огнетушащего состава:
 - а) жидкостные (вода с добавками поверхностно-активных веществ);
 - б) пенные (воздушно-пенные);
 - в) газовые (углекислотные);
 - г) порошковые и др.;
- по размерам и количеству огнетушащего состава:

- а) малолитражные – до 5 л;
- б) промышленные ручные – от 5 до 10 л;
- в) передвижные (возимые) и стационарные – более 10 л.

Газовые (углекислотные) огнетушители. Углекислотные огнетушители бывают ручные, стационарные и передвижные. Предназначены для тушения загораний различных веществ и материалов, а также электроустановок, находящихся под напряжением до 10 кВ.

Принцип действия углекислотных огнетушителей основан на свойстве углекислого газа изменять агрегатное состояние. Так, в огнетушителе типа ОУ находится углекислота в жидком состоянии (при 0 °С и давлении 3,5 МПа), причем 1 кг жидкости занимает 1,34 л объема.

Для приведения огнетушителя в действие углекислота по сифонной трубке выходит наружу через раструб, при этом происходит переход углекислоты в снегообразное состояние (твердая фаза), объем ее увеличивается в 400–500 раз, поглощается большое количество тепла. Углекислота превращается в «снег» с температурой минус 72 °С. Эту «снегообразную» массу применяют для локального тушения загораний. Тушение при этом происходит за счет действия двух факторов: уменьшается концентрация кислорода в зоне горения и понижается температура в очаге. «Снег» постепенно превращается в газ, минуя жидкое состояние, опять переходит в газообразное состояние. При применении углекислотных огнетушителей следует учитывать токсичность CO₂.

Порошковые огнетушители. Применяются для ликвидации загораний и пожаров всех классов и предназначены для тушения загораний легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, щелочных металлов, электроустановок, находящихся под напряжением. В качестве огнетушащего состава используют порошки, тип которых определяется, как правило, специфическими особенностями конкретных веществ и материалов, подлежащих тушению. При работе ОП-1 образуется плотное порошковое облако, которое быстро подавляет пламя. При работе огнетушителя необходимо защищать органы дыхания и глаза от попадания порошка. Продолжительность действия – не менее 10 с.

6.2 Системы автоматического пожаротушения и пожарные извещатели

6.2.1 Системы автоматического пожаротушения. Спринклерная установка представляет собой разветвленную, заполненную водой систему труб, оборудованную спринклерными головками. Один спринклер устанавливают на площади 6...9 м² помещения в зависимости от пожарной опасности производства. Спринклерные установки могут быть трех систем: водяной, сухотрубной, смешанной. При водяной системе все трубопроводы постоянно заполнены водой. Эта система применяется для отопления помещений. При сухотрубной системе трубы наполнены сжатым воздухом, выходящим при пожаре и открывающим доступ воде. Эта система применяется в неотапливаемых помещениях. При смешанной системе трубы в теплое время заполнены водой, а в холодное – сжатым воздухом. Спринклер является ответственной деталью установки. Спринк-

леры изготавливают на различные температуры срабатывания: 73 °С, 93 °С, 141 °С и 182 °С.

Дренчерная установка предназначена для образования водяных завес, защиты от возгорания при пожаре в соседнем сооружении, образования водяных завес в помещении с целью предупреждения распространения огня и для противопожарной защиты в условиях повышенной пожарной опасности.

Спринклерные и дренчерные установки всегда остаются открытыми и одновременно с подачей воды к месту возникновения пожара дают сигнал пожарной тревоги.

6.2.3 Виды извещателей.

Пожарные извещатели. Технические средства обнаружения загораний, или извещатели, предназначены для получения информации о состоянии контролируемых признаков пожара на контролируемом объекте.

Классификация пожарных извещателей.

Ручные извещатели подключены к приемной станции, предназначены для передачи информации о пожаре по линии связи на технические средства оповещения с помощью человека, обнаружившего пожар, и должны размещаться на высоте 1,5 м от уровня пола.

Автоматические пожарные извещатели по виду контролируемого признака пожара подразделяются на тепловые, дымовые, световые, комбинированные, ультразвуковые.

Тепловые извещатели. Принцип действия тепловых извещателей заключается в изменении свойств чувствительных элементов при изменении температуры. В качестве чувствительных элементов применяют биметаллические пластинки, легкоплавкие сплавы, термопары и др.

Дымовые извещатели. Существует два основных принципа обнаружения дыма: оптико-электронный и радиоизотопный. Характерной особенностью дымов является способность поглощать и рассеивать свет, чем и обусловлена их непрозрачность. Процессы рассеивания и поглощения света определяются физико-химическими показателями дыма и оптическими свойствами света.

Световые извещатели. Открытое пламя излучает свет в широком диапазоне спектра – от ультрафиолетового до инфракрасного. Световые извещатели регистрируют излучение открытого пламени на фоне посторонних источников света. Чувствительными элементами служат фотоприемники с различными принципами действия.

Комбинированные извещатели. Выполняют функции теплового и дымового извещателя. Выполнены они на базе дымового извещателя с добавлением элементов электрической схемы, необходимой для работы теплового извещателя.

Ультразвуковые датчики предназначены для обнаружения в закрытых помещениях движущихся объектов (колеблющееся пламя, идущий человек).

Требования к отчету. Отчет должен содержать ответы на вопросы.

Контрольные вопросы

- 1 Методы и средства пожаротушения.
- 2 Устройство и принцип действия первичных средств пожаротушения.
- 3 В чем отличие спринклерной и дренчерной систем пожаротушения?
- 4 Назовите и охарактеризуйте виды пожарных извещателей.

Список литературы

1 Об охране труда : Закон Респ. Беларусь от 23 июня 2008 г. № 356-3 : в ред. от 17 июля 2023 г. № 300-3 // ЭТАЛОН : информ.-поисковая система (дата обращения: 03.03.2025).

2 Инструкции о порядке обучения, стажировки, инструктажа и проверки знаний работающих по вопросам охраны труда : утв. постановлением М-ва труда и соц. защиты Респ. Беларусь 28.11.2008 № 175: в ред. постановления 14.07.2022 № 45: введ. в действие 01.09.2022 г. // ЭТАЛОН : информ.-поисковая система (дата обращения: 03.03.2025).

3 Правила расследования и учета несчастных случаев при производстве и профессиональных заболеваниях, утв. постановлением Совмина Респ. Беларусь 15.01.2004 № 30: в ред. постановления от 16 янв. 2024 г. № 36. – URL: <https://mintrud.gov.by/system/extensions/spaw/uploads/files/Pravila-rassledovaniya-i-ucheta-neschastnyx-sluchaev-na-proizvodstve.doc> (дата обращения: 03.03.2025).

4 Микроклиматические показатели безопасности и безвредности на рабочих местах : гигиенический норматив : утв. постановлением Совмина Респ. Беларусь 25.01.2021 № 37. – URL: <https://ohranatruda.of.by/novyj-gigienicheskij-normativ-mikroklimaticheskie-pokazateli-bezopasnosti-i-bezvrednosti-na-rabochikh-mestakh-2021.html> (дата обращения: 03.03.2025).

5 Естественное и искусственное освещение : СН 2.04.03–2020. – Минск : Стройтехнорм, 2021. – 86 с.

6 Шум на рабочих местах, в транспортных средствах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки : Санитарные нормы и правила, утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь 16.11.2011 г., № 115 // ЭТАЛОН : информ.-поисковая система (дата обращения: 03.03.2025).

7 Электробезопасность. Защитное заземление, зануление: ГОСТ 12.1.030–81. ССБТ. – Минск: БелГИСС, 2011. – 12 с.