

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Северо-Кавказский федеральный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению лабораторных работ
по дисциплине «Безопасность труда»
для студентов направления подготовки 15.03.05 Конструкторско-
технологическое обеспечение машиностроительных производств
Направленность (профиль) Технология машиностроения

Ставрополь 2026

Оглавление

Введение	3
Лабораторная работа № 1.....	4
Исследование профессиональных рисков различными методами	4
Скользкие поверхности.....	1
Лабораторная работа №2.....	4
Тема «Исследование микроклиматических параметров воздуха рабочей зоны в помещении».....	4
Лабораторная работа №3.....	27
Тема: «Исследование параметров естественного освещения в помещении»	27
Лабораторная работа №4.....	41
Тема: «Исследование эффективности методов и средств защиты от шума на производстве и в жилых зонах»	41
Лабораторная работа №5.....	57
Тема: «Определение уровня электромагнитного, электрического, магнитного и электростатического поля источника излучения».....	57
Лабораторная работа №6.....	77
Тема: «Исследование эффективности средств обеспечения электробезопасности».....	77
Лабораторная работа №7.....	90
Определение зависимостей, характеризующих явления при стекании тока в землю через защитный заземлитель.....	90
Лабораторная работа №8.....	101
Тема: «Определение концентрации вредных веществ».....	101
Лабораторная работа №9.....	111
Тема: «Расследование и учет несчастных случаев на производстве»	111

Введение

Основной целью образования по дисциплине «Безопасность труда» является формирование профессиональной культуры безопасности (ноксологической культуры), под которой понимается готовность и способность личности использовать в профессиональной деятельности приобретенную совокупность знаний, умений и навыков для обеспечения безопасности в сфере профессиональной деятельности, характера мышления и ценностных ориентаций, при которых вопросы безопасности рассматриваются в качестве приоритета.

Основными обобщенными задачами дисциплины являются: приобретение понимания проблем устойчивого развития и рисков, связанных с деятельностью человека; овладение приемами рационализации жизнедеятельности, ориентированными на снижения антропогенного воздействия на природную среду и обеспечение безопасности личности и общества; формирование культуры безопасности, экологического сознания и риск-ориентированного мышления, при котором вопросы безопасности и сохранения окружающей среды рассматриваются в качестве важнейших приоритетов жизнедеятельности человека; готовности применения профессиональных знаний для минимизации негативных экологических последствий, обеспечения безопасности и улучшения условий труда в сфере своей профессиональной деятельности; мотивации и способностей для самостоятельного повышения уровня культуры безопасности; способностей к оценке вклада своей предметной области в решение экологических проблем и проблем безопасности; формирование культуры профессиональной безопасности, способностей для идентификации опасности и оценивания рисков в сфере своей профессиональной деятельности; способностей для аргументированного обоснования своих решений с точки зрения безопасности.

Лабораторная работа № 1

Исследование профессиональных рисков различными методами

1. Цель работы: научиться проводить количественную оценку профессиональных рисков по методу Элмери для определения мероприятий по улучшению условий труда на рабочем месте. Научиться проводить анализ рисков, связанных с опасностями поскользывания, спотыкания или падения.

2. Теоретическая часть

Оценка рисков является важным шагом, направленным на защиту работников и бизнеса работодателей, а также на соответствие требованиям законодательства. Это простое, но тщательное исследование того, что может нанести вред людям в рабочей среде, проводимое таким образом, чтобы работодатель мог взвесить, достаточно ли мер предосторожности уже предпринято и что именно должно быть сделано с тем, чтобы предотвратить возможные вредные последствия. Работники и другие лица имеют право на защиту от вреда, нанесенного в результате несчастного случая, право на принятие разумных мер контроля. Несчастные случаи и нарушения здоровья работников могут привести к их гибели и оказать негативное влияние на бизнес в случае сокращения выпуска, повреждения оборудования, роста страховых расходов, привлечения работодателя к суду. Законодательство требует от работодателя проведения оценки рисков на рабочем месте (ст. 214, 218 ТК РФ) с тем, чтобы он смог на месте применить план контроля над рисками и таким образом улучшить условия труда работников.

В целях практического управления профессиональными рисками в интересах отдельного предприятия наиболее подходящими являются экспертные методы количественной оценки рисков. К ним необходимо предъявлять следующие требования: метод должен предоставлять данные оценки профессиональных рисков в количественном виде; должен быть

простым и наглядным, т. е. обеспечивать возможность его применения тем лицом (экспертом), для которого он предназначен, с учетом уровня его реальной подготовки (например, начальник участка, бригадир); должен удовлетворять требованиям объективности и воспроизводимости.

Одним из косвенных методов количественной оценки профессиональных рисков является метод (система) Элмери, разработанный Институтом профессионального здравоохранения Финляндии и Управлением по охране труда при Министерстве социального обеспечения и здравоохранения Финляндии. Во время разработки и в дальнейшем система Элмери была апробирована на многих предприятиях различного профиля как в Финляндии, так и в других странах.

Метод Элмери основан на наблюдениях, которые охватывают все важнейшие составляющие части безопасности труда, такие как: соблюдение требований безопасности при выполнении работ; состояние помещений и сооружений, рабочих мест, оборудования, инструментов; применение работниками средств индивидуальной защиты (СИЗ); порядок на рабочем месте; вопросы гигиены труда и эргономики.

С помощью системы Элмери возможно прогнозировать с высокой достоверностью уровень травматизма на предприятии. Элмери является прогнозирующей системой количественной оценки безопасности, которая указывает возможные причины травм и возможные направления улучшения условий труда.

Для проведения наблюдений разработаны **анкеты и инструкции**. Оценка производится на выбранном рабочем месте, и результаты заносятся в анкету по принципу хорошо/плохо. Пункт признается хорошим, если он отвечает минимальному уровню требований законодательства, а также дополнительным основаниям для одобрения, данным в системе Элмери или выработанным на основании требований законодательства об охране труда и положительного опыта на предприятии.

После оценки каждого пункта анкеты производится подсчет количества ответов *хорошо* и *плохо* и выводится индекс Элмери, характеризующий уровень безопасности наблюдаемого участка. Индекс рассчитывается по следующей формуле:

$$\text{Индекс Элмери} = \frac{\text{хорошо}}{\text{хорошо} + \text{плохо}} * 100\%$$

Индекс безопасности описывает процентное соотношение, значение которого может изменяться в пределах от 0 до 100.

Полученные результаты расчетов индекса безопасности на разных рабочих местах можно группировать и ранжировать, что позволяет определить приоритетное направление работ по улучшению и оздоровлению условий труда.

Занесение данных наблюдений в протокол при оценке методом Элмери

После определения границ рабочего места производится запись результатов наблюдений. Лучший способ – ответить на все вопросы анкеты по порядку. Если положение соответствует требованиям, то заносится результат в графу *хорошо*. Если положение не соответствует требованиям, то отметка ставится в графе *плохо*. Отметки по безопасности при работе с машинным оборудованием ставятся отдельно по каждому станку, который находится на рабочем месте, таким образом, в каждой графе может быть по несколько отметок.

По замеченным недостаткам, при необходимости, можно сразу сделать необходимые записи, так как позже трудно вспомнить, какого положения касались отметки *плохо*.

Задание

Заполните анкету для наблюдения на выбранном рабочем месте, используя инструкцию.

1. Рассчитайте индекс безопасности (индекс Элмери).
2. Определите мероприятия по улучшению условий труда
на рабочем месте.

Анкета для наблюдения

Предприятие: _____ Цех: _____ Участок: _____

Дата: _____ Составил: _____

Рабочее место: _____

Объект наблюдения	Хорошо	Плохо	Отсутствует	Примечания
1. Производственный процесс использование средств защиты и безопасных приемов работы				
Всего				
2. Порядок и чистота				
2.1. рабочие столы и верстаки				
2.2. стеллажи				
2.3. поверхности				
2.4. мусорные контейнеры				
2.5. пол				
Всего				
3. Безопасность машин и оборудования				
3.1. строение и состояние				
3.2. устройство управления и аварийной остановки				
3.3. устройства защиты				
3.4. стационарные площадки для обслуживания и подъемы				
Всего				
4. Факторы окружающей среды				
4.1. шум				
4.2. освещение				
4.3. чистота воздуха				
4.4. температурный режим				
4.5. химические вещества				
4.6. вибрация				
Всего				
5. Эргономика размеры рабочего места и положение тела при работе				
5.2. перемещение поднятие грузов вручную				
5.3. повторяющиеся рабочие операции				
5.4. смена физических положений во время работы				
Всего				
6. Проходы и проезды устройство, обозначение и защитные ограждения				
6.2. порядок и состояние				
6.3. видимость и освещение				
Всего				
Возможность для спасения и оказания первой помощи ближе всего к рабочему месту:				
7.1. электрощит				
7.2. средства спасения и оказания первой помощи				
7.3. средства пожаротушения				
7.4. пути эвакуации				
Всего				
Всего				

Инструкция для наблюдения

Объект наблюдения	Основание для одобрения
1. Производственный процесс	
1.1. использование средств защиты и безопасных приемов работы	работник использует необходимые СИЗ и защитную одежду и не использует опасные приемы работы (например, не обходит устройства защиты, не перегружает оборудование)
2. Порядок и чистота	
2.1. рабочие столы и верстаки	находятся в хорошем состоянии, на них нет лишних предметов
2.2. стеллажи	находятся в хорошем состоянии, надежно закреплены, не перегружены
2.3. поверхности	нет лишних предметов
2.4. мусорные контейнеры	контейнеры есть в наличии, не переполнены
2.5. пол	чистый, в хорошем состоянии, пригоден для передвижения и транспортировки грузов
3. Безопасность машин и оборудования	
3.1. строение и состояние	находятся в хорошем состоянии, надежно закреплены, имеют соответствующие обозначения
3.2. устройство управления и аварийной остановки	правильно расположены, находятся в хорошем состоянии, хорошо обозначены
3.3. устройства защиты	соответствуют нормам, находятся в надлежащем месте и состоянии
3.4. стационарные площадки для обслуживания и подъемы	безопасны, обеспечивают свободный доступ для проведения ежедневного обслуживания, нет лишних предметов
4. Факторы окружающей среды	
4.1. шум	уровень шума менее 80 децибел, нет ударных шумов, соответствует нормам
4.2. освещение	освещенность достаточная, равномерная, не ослепляет
4.3. чистота воздуха	качество воздуха хорошее, содержание примесей менее 10 % от ПДК
4.4. температурный режим	температура, влажность и воздухообмен соответствуют выполняемой работе
4.5. химические вещества	безопасны при обращении, не вызывают аллергии на коже, упаковка в сохранности и на нее нанесены необходимые знаки и обозначения
4.6. вибрация	уровни общей и локальной вибрации не превышают гигиенических норм
5. Эргономика	
5.1. размеры рабочего места и положение тела при работе	размеры соответствуют или могут регулироваться в зависимости от работника или выполняемой работы, достаточно просторны, места производства правильно расположены
5.2. перемещение, поднятие грузов вручную	отсутствуют тяжелые и трудновыполнимые процессы
5.3. повторяющиеся рабочие операции	нет однообразных повторяющихся операций (операция длится более 30 секунд)
5.4. смена физических положений во время работы	работа требует разнообразной физической деятельности: сидя, стоя, в движении
6. Проходы и проезды: три оценки по проходам, ведущим к рабочему месту на протяжении 10 метров	
6.1. устройство, обозначение и защитные ограждения	правильно рассчитаны и обозначены, пешеходные дорожки отделены
6.2. порядок и состояние	проходы свободны, поверхности в хорошем состоянии и не скользкие
6.3. видимость и освещение	видимость хорошая, освещенность достаточная
7. Возможность для спасения и оказания первой помощи	
7.1. электропит	имеет обозначение, доступ к электропитанию свободный
7.2. средства спасения и оказания первой помощи	необходимые средства оказания первой помощи имеются, легко доступны
7.3. средства пожаротушения	находятся на местах и в готовом состоянии, легко доступны
7.4. пути эвакуации	свободны и имеют четкие обозначения

Анализ зарегистрированных несчастных случаев на работе показывает, что причиной почти каждого четвертого несчастного случая на работе служит поскользывание или спотыкание. Особенностью таких несчастных случаев является относительно большая доля тяжелых и вызывающих длительную нетрудоспособность травм. Серьезность таких несчастных случаев также подтверждает то обстоятельство, что примерно треть из них заканчивается переломом костей. Примерно в половине случаев продолжительность вызванной поскользыванием или спотыканием нетрудоспособности составляет более одного месяца.

Анализ рисков является важной частью профилактической деятельности, направленной на предотвращение несчастных случаев на работе, произошедших в результате поскользывания, спотыкания и падения.

Опасность поскользывания

Поскользывания происходят от недостаточного трения между обувью и поверхностью пола. Вероятность поскользывания определяется:

- типом напольного покрытия;
- наличием на полу загрязнений, воды, масла или пыли;
- типом обуви и состоянием ее подошвы;
- физическими факторами, такими как, например, достаточность освещения;
- физическим состоянием человека, который может поскользнуться.

Опасность спотыкания

Опасность спотыкания связана с потерей равновесия при контакте ноги с тем или иным объектом при движении. Источниками опасности спотыкания являются:

- внезапное изменение качества поверхности, внезапный перепад высот на поверхности;
- наличие висячих кабелей, неубранных проводов и иных предметов по пути следования работника;

- тип обуви и состояние ее подошвы (особенно опасна при спотыкании обувь на высоком каблуке);
- физические факторы, такие как, например, достаточность освещения;
- физическое состояние человека, который может запнуться.

Тяжесть последствий, связанных с опасностью спотыкания, будет возрастать в зависимости от окружающей обстановки (наличия мебели с острыми углами и т.п.). Если человек споткнулся и потерял равновесие, он может получить травму при попытке предотвратить падение, держась за предметы окружающей обстановки, что приводит к травмам в виде ушибов, переломов, вывихов.

Опасность падения

Падения обычно являются результатом потери равновесия вследствие поскользывания или спотыкания, а также другим причинам, в том числе из-за неправильного использования лестниц или строительных лесов. Существует два основных типа падений:

- падения на поверхности одного уровня;
- падения с высоты.

Как предотвратить опасности поскользнуться, споткнуться и упасть

Первый шаг — это выявление проблемных зон. Обеспечивается регулярным проведением осмотров рабочих мест с учетом состояния пола (качеству поверхности или загрязнениям) и лестниц (поверхность и перила), а также их освещения.

После установления наличия проблемных зон, определяются уровни риска, связанные с ними, и приоритетные меры по их снижению или контролю.

Меры по снижению уровней рисков рекомендуется рассматривать в соответствии с учетом их значимости (приоритетности), а также эффективности представленных защитных мер:

- исключение опасной или вредной работы (процедуры, процесса, сырья, материалов, оборудования и т.п.);
- замена опасной работы (процедуры, процесса, сырья, материалов, оборудования и т.п.) менее опасной;
- реализация инженерных (технических) методов ограничения риска воздействия опасностей на работников;
- реализация административных методов;
- использование средств индивидуальной защиты.

Устранение опасностей обеспечивается следующими мероприятиями:

- предотвращение загрязнения поверхностей, перевод персонала, производящего уборку помещений и наиболее подверженных этим рискам, с ночной на дневную работу для снижения утомляемости;
- размещение проводов и кабелей в лючки или каналы, установка дополнительных розеток с целью уменьшения количества висящих проводов кабелей;
- выравнивание неровных полов;
- замена материала пола на менее скользкий или размещение на наиболее опасных участках ковровых покрытий.

Если устранение опасностей невозможно, то рекомендуется предоставить персоналу, осуществляющему уборку, беспроводные чистящие машины (с питанием от батареи) или использование альтернативных методов уборки, например, сухой чистки пола с сокращением использования воды и швабры, использованием для мытья полов материалов из микроволокна, сокращающих потребление воды и дезинфицирующих средств.

Если и этих мер недостаточно, рекомендуется применять организационные меры контроля, например, ограничение доступа в зоны повышенного риска, использование ограждений или предупреждающих знаков.

В качестве дополнительной меры рекомендуется выдавать средства индивидуальной защиты, например, противоскользкую обувь.

Рекомендуется осуществлять регулярный контроль применения разработанных мер управления рисками и оценивать их эффективность, основным показателем которой является снижение количества или отсутствие травм, связанных с падениями, поскользыванием и запинаниями.

Оценку рисков рекомендуется проводить в каждом случае использования новых материалов, оборудования или технологий.

В качестве меры профилактики травмирования персонала, обусловленного перечисленными опасностями, рекомендуется, чтобы работники, производящие уборку:

- были хорошо знакомы со своими рабочими местами или зонами;
- прошли обучение безопасным приемам выполнения своей работы;
- были проинформированы об опасностях, рисках и мерах по их контролю. Результаты оценки рисков рекомендуется оформлять в виде таблицы 1.

В «Рекомендациях по выбору метода оценки уровня профессионального риска и по снижению уровня такого риска», утвержденных приказом Минтруда России от 28.12.2021 № 926 предлагается

использовать контрольный лист «Скользящие поверхности»

для идентификации опасности поскользывания, спотыкания и падения (таблица 2).

Таблица 1 – Пример карты записи результатов оценки рисков, связанных с опасностями поскользывания, спотыкания или падения

Шаг 1: Выявление опасностей	Шаг 2: Оценка уровня риска			Шаг 3: Дополнительные меры контроля (в случае необходимости)		
Какие существуют опасности?	Кто может пострадать	Принимаемые меры контроля (Что уже делается?)	Уровень риска (Оценка уровня оставшегося риска с учетом уже предпринимаемых мер контроля. Например, низкий, средний или высокий)	Необходимые дополнительные меры контроля (Дальнейшие действия по снижению оставшегося до максимально низкого уровня)	Ответственный, сроки	Отметка о выполнении
Опасность спотыкания, поскользывания, падения Может привести к серьезным травмам, например, к переломам или травмам головы.	Все - работники и посетители	- Проходы (включая входы и выходы) содержатся в чистоте, свободны для передвижения, не захламлены - Обеспечено освещение, необходимое и достаточное для выполняемой работы. - Для уборки разлитой на полу жидкости доступны абсорбирующие материалы и обеспечено наличие предупреждающих знаков - Разлитая жидкость немедленно убирается - Коврики правильно расположены, уложены и закреплены - Применяются передовые методы уборки помещений - Противоскользящая обувь выдается и используется кухонным персоналом	Средний	- Изменения уровней пола отсутствуют, а в случае их наличия/возникновения обозначаются соответствующим образом. - Кабели и провода перекладываются, убираются или закрепляются		

Таблица 2 – Контрольный лист «Скользкие поверхности»

Скользкие поверхности

Вопросы	Да	Нет
Есть ли на полу неровные участки, шероховатости, выбоины, зазубрины и т.д.?		
Бывают ли полы скользкими, например, при влажной уборке, вследствие разлива жидкостей, из-за дождя или грязи, а также пыли, образующейся в ходе производственного процесса?		
Есть ли пороги или другие выступы?		
Проложены ли по полу кабели?		
Могут ли работники поскользнуться или упасть из-за особенностей обуви?		
Содержатся ли полы в чистоте?		
Остаются ли на рабочем месте какие-либо объекты или препятствия, затрудняющие передвижение (за исключением стационарных)?		
Обозначены ли должным образом стационарные препятствия, затрудняющие передвижение?		
Обозначены ли маршруты движения транспорта?		
Достаточно ли освещены полы, а также маршруты движения транспорта?		

Примеры предупредительных мер

Отбор напольных покрытий, особенно, в случаях, когда пол становится мокрым или пыльным вследствие производственных процессов; обеспечение сухости поверхностей.

Выполнение, при необходимости, химической обработки скользких поверхностей; использование исключаящих образование скользких поверхностей способов очистки.

Регулярная проверка состояния пола и покрытия транспортных путей.

Устранение пробоин, трещин, замена изношенных ковров и ковровых покрытий и т. д.; расчистка полов и маршрутов движения транспорта.

Устранение порогов или уменьшение их высоты; улучшение их видимости. Снабжение работников специальной обувью, защищающей от скольжения. Маркировка полов и маршрутов движения транспорта.

Достаточное освещение полов и маршрутов движения транспорта.

Расстановка оборудования таким образом, чтобы избежать

пересечения кабелей с пешеходными маршрутами; использование обшивки, позволяющей плотно прикрепить кабели к поверхностям.

Использование нескользких и легко очищаемых материалов на полу и в зоне маршрутов движения транспорта

Обеспечение стока жидкостей с поверхностей пола и транспортных путей.

Пример

В цехе копчения мяса для транспортировки на склад вынутой из коптильной печи мясной продукции использовалась решетка на колесах, на которую подвешивалась только что вынутая из печи, истекающая жиром продукция. В то время, когда продукцию вешали на решетку и перемещали на склад, жир капал на пол. Особенно скользкой становилась зона возле печи, но и путь на склад тоже.

Сначала для уменьшения связанного со скользкостью риска пытались мыть пол чаще и более эффективными моющими средствами. В ходе анализа рисков, однако, появилась идея лучше. Под решетку был помещен поддон, и теперь капающий жир собирался в него, а не попадал на пол.

Ситуационные задачи

Задача 1. Работник отправился с коллегой измерять топливо в парке резервуаров бензозаправочной станции. Между бензоколонками образовался покрытый водой лед, и работник поскользнулся и упал, ударив правый локтевой сустав и растянув сустав левого колена.

Задача 2. Работник пошел во время перерыва на отдых в гардероб. Убиравшая гардероб уборщица оставила пол во время мытья слишком мокрым. Работник упал на скользком полу и ударился о стоявшую перед шкафом гардероба деревянную скамью. В результате падения он получил ушиб правого ребра.

Задача 3. Работник мыл форму. По окончании работы он не смотал

шланг и, отправившись за следующей формой, споткнулся о лежащий в проходе шланг. В результате спотыкания он получил ушибы большого пальца правой ноги и первого пальца левой руки, а также гематому на внутренней стороне правой голени.

Задача 4. Работник пошел выносить мешки с мусором в контейнер. Спускаясь по крутой лестнице, он споткнулся и упал. В результате – перелом правой лучевой кости. На лестнице не было перил, за которые работник мог бы ухватиться.

Задача 5. Переходя из одного помещения в другое, работник говорил по телефону, одновременно шагая по ступенькам. Лестница была светлых цветов, но последняя ступенька была темнее и одного оттенка с полом. Работник не заметил, что впереди еще ступенька, и шагнул, по своему разумению, на пол, в результате чего упал.

6. Содержание отчета

Отчет должен содержать:

- 1.Титульный лист
- 2.Цель работы
- 3.Краткий конспект теоретического материала
- 4.Результаты измерений и расчетов
5. Выводы по работе

Лабораторная работа №2

Тема «Исследование микроклиматических параметров воздуха рабочей зоны в помещении»

1. Цель работы: формирование компетентности для оценки параметров микроклимата и нормирования его основных показателей.

2. Теоретическая часть

Микроклимат — совокупность метеорологических условий на определенной территории, созданных искусственно или обусловленных естественными особенностями местности.

Пример искусственно созданного микроклимата — микроклимат на рабочих местах производственных помещений.

К параметрам микроклимата относят:

температуру воздуха, $t, ^\circ\text{C}$;

относительную влажность воздуха, $\phi, \%$;

скорость движения воздуха на рабочем месте, $V, \text{м/с}$;

барометрическое давление, $P, \text{мм рт.ст, Па}$;

интенсивность теплового излучения, $E, \text{Вт/м}^2$ и др.

Параметры микроклимата нормируют на постоянных и непостоянных рабочих местах в рабочей зоне производственных помещений.

В соответствии с СанПиН 1.2.3685-21 установлены только допустимые метеорологические условия для рабочей зоны помещения. При их выборе учтены:

Период года. Выделяют два периода: холодный и теплый.

Категория тяжести работы.

Различают:

Легкие работы (категории I) – работы, выполняемые сидя или стоя, не требующие систематического физического напряжения (работа контролеров, в проц. **Содержание отчета**

Отчет должен содержать:

1. Титульный лист
2. Цель работы
3. Краткий конспект теоретического материала
4. Результаты измерений и расчетов
5. Выводы по работе

ессах точного приборостроения, конторские работы и др.), с затратой энергии до 172 Вт (150 ккал/ч).

Легкие работы подразделяют на **кате́горию Ia** (затраты энергии до 139 Вт (120 ккал/ч)) и **кате́горию Ib** (затраты энергии 140...172 Вт (121–150 ккал/ч)).

Работы средней тяжести (категория II) – работы с затратами энергии 172...232 Вт (151-200 ккал/ч) (**категория IIa**) и 232...293 Вт (201-250 ккал/ч) (**категория IIb**).

В категорию IIa входят работы, связанные с постоянной ходьбой, выполняемые стоя или сидя, но не требующие перемещения тяжестей, в категорию IIb – работы, связанные с ходьбой и переносом небольших (до 10 кг) тяжестей (в механосборочных цехах, текстильном производстве, при обработке древесины и др.);

Тяжелые работы (категория III) – работы с затратой энергии более 293 Вт (250 ккал/ч). Эта категория работ связана с систематическим физическим напряжением, в частности с постоянным передвижением, с переносом значительных (более 10 кг) тяжестей (в кузнечных, литейных цехах с ручными процессами и др.).

Энергозатраты для работ различной категории тяжести приведены в таблице 2.1.

Отнесение производственных помещений к той или иной категории

работ производят по категории работ, выполняемых 50 % и более работающих в данном помещении.

Таблица 2.1 – Энергозатраты для работ различной категории тяжести

Категория работ	Энергозатраты	
	ккал/ч	Вт
Легкие Ia	до 120	до 139
Легкие Ib	121–150	140–171
Средние Pa	151–200	175–232
Средние Pb	201–250	233–290
Тяжелые III	>250	>290

Нагревающий микроклимат – сочетание параметров микроклимата, при котором имеет место нарушение теплообмена человека с окружающей природной средой, выражающееся в накоплении тепла в организме выше верхней границы оптимальной величины (более 0,8 кДж/кг) и появлении общих или локальных дискомфортных теплоощущений.

Охлаждающий микроклимат – сочетание параметров микроклимата, при котором имеет место изменение теплообмена организма, приводящее к образованию общего или локального дефицита тепла в организме.

Характеристика помещений по избыткам явной теплоты

Интенсивность теплового облучения работающих от нагретых поверхностей технологического оборудования, осветительных приборов, инсоляции на постоянных и непостоянных рабочих местах не должна превышать:

35 Вт/м² – при облучении 50 % поверхности тела человека и более;

70 Вт/м² – при облучении 25...50 % поверхности тела;

100 Вт/м² – при облучении не более 25 % поверхности тела.

Допустимые параметры микроклимата (EN acceptable indoor parameters) — такие параметры микроклимата (при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 ч, но не более 40 ч в неделю, в течение всего рабочего стажа) не вызывают заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований, в процессе работы

или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений (п. 26 СанПиН 1.2.3685-21).

Одной из наиболее адекватных, хотя и сравнительно сложных, методик гигиенической оценки микроклимата является **непосредственный расчет прямого показателя тепловой нагрузки на организм по основному уравнению теплового баланса.**

В этом уравнении учтены главные факторы, оказывающие влияние на изменение содержания тепла в организме человека. Оно имеет вид

$$\pm Q = M \pm C \pm R \pm T - E, \quad (2.1)$$

где Q – тепловая нагрузка на организм (накопление или дефицит тепла);

M – теплопродукция организма (метаболическое тепло, составляющее 67-75% от энергозатрат);

C – конвекционный обмен организма и окружающего воздуха;

R – тепловой поток излучением;

T - тепловой поток теплопередачей;

E – отдача тепла организма испарением воды с поверхности тела и дыхательных путей.

В данной формуле величины R и C могут быть отрицательными, если теплоотдача происходит путем радиации и конвекции, или положительными, если в результате теплообмена организм получает тепло этими путями, что определяется различием между температурой кожи и температурой окружающих поверхностей (для R) или температурой кожи и температурой воздуха (для C).

В соответствии с Методикой проведения специальной оценки условий труда [5], отнесение условий труда к классу (подклассу) условий труда при воздействии параметров микроклимата осуществляется с учетом используемого на рабочем месте технологического оборудования, являющегося искусственным источником тепла и (или) холода, и на основе измерений температуры воздуха, влажности воздуха, скорости движения воздуха и (или) теплового излучения в производственных помещениях на

всех местах пребывания работника в течение рабочего дня (смены) с учетом характеристики микроклимата (нагревающий, охлаждающий) путем сопоставления фактических значений параметров микроклимата со значениями установленных параметров микроклимата.

Отнесение условий труда к классу (подклассу) условий труда при воздействии параметров микроклимата осуществляется в следующем образом:

на первом этапе класс (подкласс) условий труда определяется по температуре воздуха;

на втором этапе класс (подкласс) условий труда корректируется в зависимости от влажности воздуха, скорости движения воздуха и (или) теплового излучения (экспозиционной дозы теплового излучения).

Экспозиционная доза теплового облучения (ДЭО) – расчетная величина, вычисленная по формуле

$$ДЭО = I_{mo} * S * t, \quad (2.2)$$

где I_{mo} – интенсивность теплового облучения, Вт/м²;

S – облучаемая площадь поверхности тела, м²;

t – продолжительность облучения за рабочую смену, ч.

7 При определении облучаемой поверхности тела необходимо производить ее расчет с учетом доли (%) каждого участка тела: голова и шея – 9, грудь и живот – 16, спина – 18, руки – 18, ноги – 39. Общая площадь тела в среднем человека составляет 1,8 м².

При этом количество измерений параметров микроклимата на каждом рабочем месте устанавливается в зависимости от особенностей технологического процесса. В случае наличия у работника одного рабочего места достаточным является их однократное измерение.

В соответствии с Р 2.2.2006-05 «Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» для оценки нагревающего

микроклимата в помещении независимо от периода года используется интегральный показатель – **тепловая нагрузка среды (ТНС - индекс)**.

ТНС– индекс рассчитывают по уравнению

$$TNC = 0,7 * T_{вл} + 0,3 * T_{ш}, \quad (2.3)$$

где $T_{вл}$ – температура мокрого термометра аспирационного психрометра, °С;

$T_{ш}$ – температура шарового термометра, °С.

TNC – индекс – эмпирический интегральный показатель (выраженный в °С), отражающий сочетанное влияние температуры воздуха, скорости его движения, влажности и теплового облучения на теплообмен человека с окружающей средой.

Расчетные и инструментальные способы определения параметров микроклимата

Параметры микроклимата измеряют на высоте **1,0 м** от пола или рабочей площадки при работах, выполняемых сидя, и на высоте **1,5 м** при работах, выполняемых стоя. Количество выполняемых измерений в производственных условиях: для площади помещения до 100 м² – 4, от 101 до 400 м² – 8 .

Температура

Это физическая величина, характеризующая состояние термодинамического равновесия системы (воздуха, жидкости, твердого тела, поверхности). Часто температуру измеряют по шкале Цельсия t (°С), она связана с температурой по шкале Кельвина равенством $t = T - 273,15$ К.

Существуют также шкалы Фаренгейта, Реомюра, Ранкина.

Ртутные термометры применяют обычно при измерениях выше 0°С, а спиртовые – ниже 0°С. Для измерения температуры воздуха в условиях теплового излучения пользуются парным термометром: один термометр с зачерненной поверхностью резервуара с ртутью, другой – с покрытием из серебра. Для регистрации температуры во времени применяют термограф.

Относительная влажность воздуха

Влажность воздуха характеризует содержание в нем паров воды.

Влажность бывает абсолютной, максимальной и относительной.

Абсолютная влажность воздуха показывает количество водяных паров в граммах, приходящихся на 1 м³ воздуха (г/м³), Она выражается упругостью водяных паров в мм рт.ст. или Па.

Зная абсолютную влажность, можно определить парциальное давление пара по формуле

$$P = 1,6 * \frac{q}{1 + At}, \quad (2.4)$$

где q – вес 1 м³ водяного пара г/м³;

P – парциальное давление пара, мм рт.ст;

t – температура, °С.

Максимальная влажность характеризует наибольшее парциальное давление водяных паров в воздухе при данных температуре и давлении.

Давление насыщенного пара зависит от температуры и может быть определено из выражения (формула Кирхгофа)

$$\lg P_M = 8,82 - \frac{220}{T_c + 273}, \quad (2.5)$$

где P_M – парциальное давление насыщенного пара, мм рт. ст;

T_c – температура сухого термометра, °С.

Относительная влажность – отношение абсолютной и максимальной влажности, выраженное в процентах

$$\varphi = \frac{P}{P_M} * 100\%, \quad (2.6)$$

Относительную влажность определяют с помощью психрометра.

3. Оборудование и материалы

Психрометр

Основные части психрометра – два термометра; поверхность резервуара одного из них сухая, а другого – искусственно увлажнена.

Принцип действия психрометра основан на зависимости скорости испарения влаги в окружающую среду с поверхности увлажненного термометра от влажности воздуха. Скорость испарения тем больше, чем суше окружающий воздух, и, наоборот, тем меньше, чем больше количество водяного пара он содержит. Процесс испарения влаги с поверхности сопровождается понижением ее температуры, так как молекулы воды, оторвавшиеся от поверхности термометра, имеют более высокую энергию (температуру), чем средняя.

Термометр, с поверхности которого происходит испарение влаги, показывает некоторую температуру, известную под названием “температура мокрого термометра”; она всегда меньше температуры сухого, за исключением ситуации, когда наблюдается 100% влажность.

Известно несколько типов психрометров.

Статический психрометр состоит из двух одинаковых термометров, укрепленных на одной подставке (рисунок 1.1). Один из них – сухой, другой – мокрый (ртутный шарик обёрнут тканью и опущен в сосуд с дистиллированной водой). Влажность определяется с использованием психрометрической таблицы по разности температур сухого и мокрого термометров.

Динамический аспирационный психрометр (Ассмана) состоит из двух ртутных термометров (имеющих шкалу от -30 до 50°C), укрепленных в металлической оправе и заключенных в защитные металлические трубки, сообщающиеся общим воздухопроводом с вентилятором, находящимся в головке прибора.

Резервуар одного из термометров окутан гигроскопической материей (рисунок 2.2).

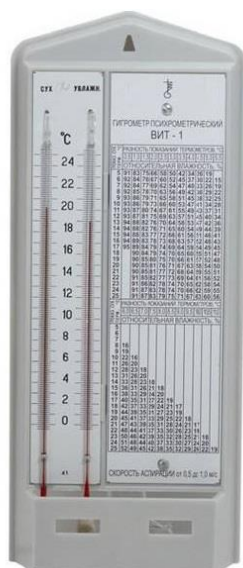


Рисунок 2.1 – Статический психрометр

Через трубки защиты при помощи вентилятора с постоянной скоростью 2 м/с просасывается воздух, свободно омывая резервуары термометров.

В настоящее время выпускают модификации прибора – МВ-4М (с механическим приводом) и М-34 (с электрическим приводом), измеряющие относительную влажность в пределах от 10 до 100% при температурах от -10 до 40° С.

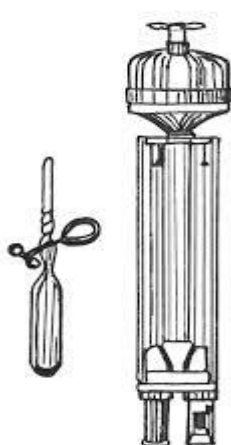


Рисунок 2.2 – Динамический аспирационный психрометр

Перед началом измерения при помощи пипетки увлажняют обертку влажного термометра, держа психрометр вертикально головкой вверх во

избежание заливания воды в гильзы и головку прибора, заводят ключом механизм прибора до отказа и помещают его в исследуемой точке, подвешивая на кронштейне в вертикальном положении. Вращением вентилятора в прибор всасывается воздух, обтекая резервуары термометров, проходит по воздухопроводной трубке к вентилятору и выбрасывается наружу через прорези. Благодаря протеканию потока воздуха вокруг резервуаров термометров сухой термометр будет показывать температуру этого потока, а показания смоченного термометра будут меньше, так как он будет охлаждаться вследствие испарения воды с поверхности ткани, облегающей его резервуар.

Через 3–5 мин. снимают и записывают показания сухого и влажного термометров, а затем по специальным формулам, таблицам или графикам высчитывают относительную влажность.

Благодаря защите от тепловой радиации аспирационным психрометром можно измерять температуру воздуха более точно, чем статическим.

Автоматический электронный психрометр предназначен для измерения и записи относительной влажности воздуха или газов в пределах от 20 до 100%.

Волосной гигрометр представляет собой прибор, в котором в качестве чувствительного элемента используется обезжиренный человеческий волос. Относительное изменение длины волоса зависит от парциального давления паров в воздухе.

Скорость движения воздуха

Для измерения скорости движения воздуха можно использовать анемометры (крыльчатый, чашечный, индукционный), термоанемометры, кататермометры и другие приборы.

Анемометр ручной крыльчатый АСО–3 предназначен для измерения скорости воздушного потока в пределах 0,3 – 5 м/с (рисунок 1.3).

Принцип работы прибора основан на зависимости динамического давления от скорости воздушного потока.



Рисунок 2.3 – Анемометр ручной крыльчатый

Анемометр состоит из крыльчатки, вращающейся на струнной оси, и счетчика оборотов крыльчатки.

Прибор чувствительный и хрупкий. В потоки скоростью больше 5 м/с его помещать нельзя, так как возможны поломка крыльчатки и неверные показания. Под действием динамического давления воздуха крыльчатка начинает вращаться. Это вращение передается счетчику, который имеет три шкалы: единицы, сотни, тысячи. Чем больше скорость, тем больше оборотов совершает крыльчатка.

Индукционный анемометр применяется для измерения скорости движения воздуха, изменяющейся от 1 до 30 м/с. Он воспринимает движение воздуха четырьмя чашечками, насаженными на концы взаимно перпендикулярных стержней, укрепленных на общей оси. Показания снимают по отклонению стрелки от первоначального положения (рисунок 2.4).



Рисунок 2.4 – Анемометр индукционный

4. Указания по технике безопасности

1. В лаборатории соблюдать образцовую дисциплину, содержать рабочее место в надлежащем санитарном состоянии.

2. В лаборатории запрещается находиться в верхней одежде, трогать и прикасаться к приборам и установкам, не предназначенным для выполнения данной работы.

3. К замерам параметров можно приступать после ознакомления с устройством, принципами действия, правилами эксплуатации приборов и проверки знаний преподавателем.

4. При проведении замеров следует бережно относиться к приборам, не допуская их резких толчков, падений, расположения вблизи включенных электроприборов и оборудования.

5. Задания

5.1. Определить температуру воздуха в помещении (базовый уровень)

В лабораторной работе необходимо определить температуру по сухому термометру психрометра в трех уровнях по высоте помещения (0,3; 1,5 и 2,0 м от пола).

5.2. Измерить влажность воздуха (базовый уровень)

Измерение абсолютной влажности воздуха произвести аспирационным психрометром следующим образом:

набрать в пипетку дистиллированной воды, ввести пипетку в правую трубку психрометра и смочить батист, которым обернут термометр прибора;
завести вентилятор психрометра;

поместить психрометр в экспериментальную точку и проводить измерение в течение 3 – 5 минут;

записать показания сухого и мокрого термометров.

Выполнить измерения в трех точках на различной высоте в рабочей зоне помещения. Результаты измерений представить в виде таблицы 1.2.

Таблица 2.2 – Результаты определения относительной влажности

Высота точки измерения, м	Барометрическое давление Р, Па	Показания термометров, °С		Абсолютная влажность Р, г/м ³	Относительная влажность R, %	
		сухого	мокрого		по таблице	по формуле
0,3 м						
0,8 м						
1,5 м						
Среднее значение						

Определить относительную влажность по таблице, приведенной в приложении А.

Определить абсолютную влажность по формуле Ренье

$$P = (P_{нас} - A * (T_c - T_v) * P_b), \quad (2.7)$$

где $P_{нас}$ – парциальное давление насыщенных паров при температуре мокрого термометра, Па (приложение Б);

P_b – барометрическое давление, Па;

T_c – показания "сухого" термометра, °С;

T_v – показания "мокрого" термометра, °С;

A – психрометрический коэффициент (таблица 1.3). Значение его зависит от скорости движения воздуха около баллончиков термометров психрометра.

Таблица 1.3 – Величина психрометрического коэффициента

V, м/с	0,13	0,20	0,40	0,80	2,30	4,00
A	0,0013	0,0011	0,0009	0,0008	0,0007	0,00067

Определить относительную влажность по формуле

$$\varphi = 100 * \frac{P}{P_H}, \quad (2.8)$$

где P_H – парциальное давление насыщенных паров при температуре сухого термометра, Па (приложение Б).

Определить дефицит влажности воздуха по формуле

$$B = \frac{(P_H - P_{нас})}{P_H} * 100, \% \quad (2.9)$$

Пример расчета

По аспирационному психрометру $T_c = 17^\circ\text{C}$, $T_v = 12^\circ\text{C}$. Барометрическое давление $P_b = 102000$ Па, $V = 0,2$ м/с.

Определить относительную влажность воздуха и дефицит влажности.

$$\varphi = \frac{100 * (1400 - 0,0011 * (17 - 12) * 102000)}{1920} = 43,6\%$$

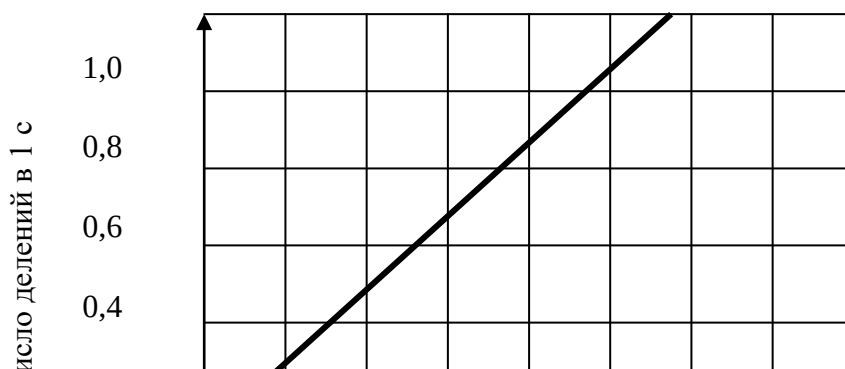
при $T_v = 12^\circ\text{C}$ $P_{нас} = 1400$ Па, при $T_c = 17^\circ\text{C}$ $P_H = 1920$ Па

По приложению Б находим парциальное давление насыщенных паров
Дефицит влажности

$$B = \frac{(1920 - 1400)}{1920} * 100 = 27\%$$

5.3 Измерить скорость движения воздуха (повышенный уровень)

При использовании крыльчатого анемометра поместить прибор в поток воздуха, добиться равномерного вращения крыльчатки, отметить начальное показание анемометра, затем через 10 – 15 секунд определить конечное показание, расчетом вычислить количество делений, которое стрелка прошла за одну секунду, по графику (рисунок 2.3) найти скорость движения воздуха.



При использовании чашечного анемометра добиться равномерного вращения чашечек и снять показания со шкалы прибора.

Результаты измерений занести в таблицу 2.4.

Таблица 2.4 – Результаты определения скорости движения воздуха

Тип анемометра	Показания счетчика анемометра		Разность показаний	Время измерения t, с	$(n_2 - n_1) / t$	Скорость движения воздуха, V, м/с
	до измерения n_1	после измерения n_2				

5.4 Рассчитать кратность воздухообмена (повышенный уровень)

Определить количество воздуха, поступающего в помещение Q , м³/ч (воздухообмен), по формуле

$$Q = V_{cp} * F * 3600, \quad (2.10)$$

где V_{cp} – средняя скорость воздуха, м/с;

F – площадь сечения в месте замера, м².

Найти кратность воздухообмена (1/час) по формуле

$$N = \frac{Q}{V}, \quad (2.11)$$

где Q – воздухообмен в помещении, м³/ч;

V – объем помещения, м³.

5.5 Рассчитать ТНС – индекс (повышенный уровень)

$$ТНС = 0,7 * Т_{вл} + 0,3 * Т_{ш},$$

где $T_{вл}$ – температура мокрого термометра аспирационного психрометра, °С;
 $T_{ш}$ – температура шарового термометра, °С.

Провести оценку класса условий труда по этому показателю, пользуясь приложением В.

Измеренные в процессе работы параметры микроклимата и определенные для данной категории работ (заданной преподавателем) свести в таблицу 2.5.

Таблица 2.5 – Оценка полученных результатов

Период года	Категория работы	Температура воздуха Т, °С			Относительная влажность φ, %			Скорость движения воздуха V, м/с			Время пребывания на рабочих местах, ч
		измеренная	оптимальная	допустимая	измеренная	оптимальная	допустимая	измеренная	оптимальная	допустимая	

5.6 По результатам работы необходимо:

дать заключение о соответствии измеренных параметров требованиям нормативных документов;

предложить мероприятия по нормализации параметров микроклимата.

6. Содержание отчета

Отчет должен содержать:

- 1.Титульный лист
- 2.Цель работы
- 3.Краткий конспект теоретического материала
- 4.Результаты измерений и расчетов
5. Выводы по работе
6. Исходные данные для расчета

Вариант	Т сух, °С	Т вл, °С	Т шар, °С	Скорость движения воздуха, м/с	Барометрическое давление, Па	Категория тяжести работ	Период года
1	25	23	24	1	100000	II а	теплый
2	28	25	25	2	95000	II б	холодный
3	26	24	23	3	98000	I б	теплый
4	24	20	22	2	100000	II а	холодный
5	20	17	21	1	90000	II б	холодный
6	19	15	24	1,3	95000	I б	холодный
7	28	24	25	2	98000	II а	теплый
8	25	23	26	3	100000	I а	холодный
9	27	20	24	3	90000	II а	теплый
10	25	20	23	2	100000	II б	холодный
11	24	19	27	4	95000	I б	холодный
12	23	17	26	3	100000	II а	теплый
13	28	20	27	2	95000	II а	теплый
14	29	23	24	1	100000	III	теплый
15	30	22	26	1,5	98000	I а	теплый
16	26	21	25	3	100000	II а	холодный
17	30	24	22	2	98000	I б	теплый
18	27	25	28	4	100000	II б	теплый
19	25	23	24	3	98000	I а	теплый
20	27	22	25	2	96000	II а	теплый

7. Контрольные вопросы

Контрольные вопросы

Базовый уровень

1. Перечислите параметры, характеризующие микроклимат в рабочей зоне производственных помещений.
2. Что такое рабочая зона и в каких точках необходимо производить замеры параметров микроклимата?
3. Что такое оптимальные микроклиматические условия?

4. В чем отличие оптимальных микроклиматических условий от допустимых?

5. Что положено в основу классификации работ, производимых человеком? Перечислите категории тяжести работ.

6. Как классифицируются виды работ по степени тяжести?

7. Как происходит теплоотдача человеческого организма, из каких составляющих складываются потери тепла?

8. При какой температуре нагрева стенок оборудования и трубопроводов необходима их теплоизоляция?

Повышенный уровень

1. Укажите приборы, с помощью которых определяются параметры микроклимата

2. Что такое нагревающий и охлаждающий микроклимат?

3. Сформулируйте и поясните основное уравнение теплового баланса организма человека

4. Какие Вы знаете комплексные показатели оценки микроклимата?

5. Какова допустимая интенсивность теплового облучения для организма человека?

6. Назовите основные способы и средства нормализации микроклимата помещения

7. Опишите назначение и принцип действия приборов для определения метеорологических параметров

8. Каким образом осуществляется регламентация параметров микроклимата при проведении специальной оценки условий труда?

9. Что такое экспозиционная доза теплового излучения и как она оценивается?

8. Список литературы

1. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания
2. ССБТ ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М.: Изд-во стандартов, 1988.
3. Методические рекомендации МР 2.2.0244-21. Методические рекомендации по обеспечению санитарно-эпидемиологических требований к условиям труда. (утв. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека 17 мая 2021 г.)
4. Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда, М.

Приложение А

Психрометрическая таблица для от температур от 0 до 29 °С по мокрому термометру

**	Разность показаний «сухого» и «мокрого» термометров																				
	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10
0	100	90	81	73	64	57	50	43	36	31	26	20	16	11	7	3					
1	100	90	82	74	66	59	52	45	39	33	29	23	19	16	11	7					
2	100	90	83	75	67	61	54	47	42	35	31	26	23	18	14	10					
3	100	90	83	76	69	63	56	49	44	39	34	29	20	21	17	13	10				
4	100	91	84	71	70	64	57	51	46	41	36	32	28	24	20	16	14	11			
5	100	91	85	78	71	65	59	54	48	43	39	34	30	27	23	19	17	13	10		
6	100	92	85	78	72	68	61	56	50	45	41	35	33	29	25	22	19	16	13	10	
7	100	92	86	79	73	67	62	57	52	47	43	39	35	31	28	25	22	18	15	12	10
8	100	93	86	80	74	68	63	58	54	49	45	41	37	33	30	27	25	21	18	15	14
9	100	93	86	81	75	70	65	60	55	51	47	43	39	35	32	29	27	24	21	18	17
10	100	94	87	82	76	71	66	61	57	53	48	45	41	38	34	31	28	26	23	21	19
11	100	94	88	82	77	72	67	62	58	55	50	47	43	40	36	33	30	28	25	23	20
12	100	94	88	82	78	73	68	63	59	56	52	48	44	42	38	35	32	30	27	25	22
13	100	94	88	84	78	73	68	63	59	57	53	50	46	43	40	37	34	32	29	27	24
14	100	94	89	83	79	74	70	66	62	58	54	51	47	45	41	39	36	34	31	29	26
15	100	94	89	84	80	75	71	67	63	59	55	52	49	46	43	41	37	35	33	31	28
16	100	94	90	84	80	75	72	67	64	60	57	53	50	48	44	42	39	37	34	32	30
17	100	95	90	85	81	76	73	68	65	61	58	54	52	49	46	44	40	39	36	34	31
18	100	95	90	85	81	76	74	68	66	62	59	56	53	50	47	45	42	40	37	35	33
19	100	95	91	86	82	77	74	70	66	63	60	57	54	51	48	46	43	41	39	37	34
20	100	95	91	86	82	78	75	71	67	64	61	58	55	53	49	47	44	43	40	38	36
21	100	95	91	87	83	79	75	71	68	65	62	59	56	54	51	49	46	44	41	39	37
22	100	95	91	87	83	79	76	72	69	65	63	60	57	55	52	50	47	45	42	40	38
23	100	95	91	88	83	80	76	72	69	66	63	61	58	56	53	51	48	46	43	41	39
24	100	96	92	88	84	80	77	73	70	67	64	62	59	56	53	52	49	47	44	42	40
25	100	96	92	88	84	81	77	74	70	68	65	63	59	58	54	52	50	47	45	44	42
26	100	96	92	89	85	81	78	75	72	69	66	63	61	58	56	53	51	48	47	45	43
27	100	96	92	89	85	82	78	75	72	69	67	64	61	59	56	54	52	50	48	46	44
28	100	96	92	89	85	82	79	76	73	70	67	65	62	60	57	55	53	51	49	47	45
29	100	96	93	89	86	82	79	76	73	70	68	65	63	60	58	55	54	52	50	48	46
**- показания "сухого" термометра															58	55	54	52	50	48	46

Приложение Б

Парциальное давление насыщенных водяных паров при разных температурах

Показания «сухого» и «мокрого» термометров	Парциальное давление, Па	Показания «сухого» и «мокрого» термометров	Парциальное давление, Па
0	614	16	1807
5	873	17	1920
6	948	18	2050
7	1003	19	2182
8	1074	20	2322
9	1145	21	2529
10	1224	22	2624
11	1303	23	2789
12	1400	24	2962
13	1490	25	3144
14	1590	30	4212
15	1695	40	7330

Приложение В

Классы условий труда по показателю WBGT - индекса для производственных помещений и открытых территорий в теплый период года (°С)

Категория работ*	Общие энергозатраты, Вт/м ²	Класс условий труда						
		Оптимальный 1	Допустимый 2	Вредный 3				Опасный (экстремальный) 4
				1 степени 3.1	2 степени 3.2	3 степени 3.3	4 степени 3.4	
Ia	68(58-77)	21,0 – 23,4	23,5 – 25,4	25,5 – 26,6	26,7 – 27,4	27,5 – 28,6	28,7 – 31,0	> 31,0
Iб	88(78 – 97)	20,2 – 22,8	22,9 – 25,8	25,9 – 26,1	26,2 – 26,9	27,0 – 27,9	28,0 – 30,3	> 30,3
IIa	113(98-129)	19,2 – 21,9	22,0 – 25,1	25,2 – 25,5	25,6 – 26,2	26,3 – 27,3	27,4 – 29,9	> 29,9
IIб	145(130-160)	18,2 – 20,9	21,0 – 23,9	24,0 – 24,2	24,3 – 25,0	25,1 – 26,4	26,5 – 29,1	> 29,1
III	177(161-193)	17,0 – 18,9	19,0 – 21,8	21,9 – 22,2	22,3 – 23,4	23,5 – 25,7	25,8 – 27,9	> 27,9

- По ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ « Общие санитарно – гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»

Приложение Г

Допустимые величины параметров микроклимата на рабочих местах в помещениях

Период года	Категория работ по уровню энерготрат, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		диапазон ниже оптимальных величин	диапазон выше оптимальных величин			для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более
Холодный	Ia (до 139)	20,0-21,9	24,1-25,0	19,0-26,0	15-75	0,1	0,1
	Iб (140-174)	19,0-20,9	23,1-24,0	18,0-25,0	15-75	0,1	0,2
	IIa (175-232)	17,0-18,9	21,1-23,0	16,0-24,0	15-75	0,1	0,3
	IIб (233-290)	15,0-16,9	19,1-22,0	14,0-23,0	15-75	0,2	0,4
	III (более 290)	13,0-15,9	18,1-21,0	12,0-22,0	15-75	0,2	0,4
Теплый	Ia (до 139)	21,0-22,9	25,1-28,0	20,0-29,0	15-75	0,1	0,2
	Iб (140-174)	20,0-21,9	24,1-28,0	19,0-29,0	15-75	0,1	0,3
	IIa (175-232)	18,0-19,9	22,1-27,0	17,0-28,0	15-75	0,1	0,4
	IIб (233-290)	16,0-18,9	21,1-27,0	15,0-28,0	15-75	0,2	0,5
	III (более 290)	15,0-17,9	20,1-26,0	14,0-27,0	15-75	0,2	0,5

Лабораторная работа №3

Тема: «Исследование параметров естественного освещения в помещении»

1. Цель работы

Цель работы: формирование компетентности для анализа и оценки естественного освещения на рабочих местах.

2. Теоретическое обоснование

Производственное освещение – неотъемлемый элемент условий труда человека. При правильной организации освещения рабочего места обеспечивается сохранение зрения человека, нормальное состояние его нервной системы, снижение утомляемости, обеспечивается безопасность труда и сохраняется высокая работоспособность продолжительное время.

Различают следующие **виды производственного освещения: естественное, искусственное и совмещенное.**

Естественное освещение, с физиологической точки зрения, наиболее благоприятно для человека. Естественное освещение создается прямым солнечным и рассеянным светом небосвода. Оно постоянно изменяется в зависимости от географической широты и прозрачности атмосферы.

Различают естественное **боковое** освещение (через световые проемы, расположенные в наружных стенах), **верхнее** (через световые проемы, расположенные на крыше здания) и **комбинированное** – сочетание названных выше.

В качестве критерия оценки естественного освещения принята относительная величина – **коэффициент естественной освещенности (КЕО)**, не зависящий от указанных выше параметров.

Коэффициент естественной освещенности – это отношение освещенности в данной точке внутри помещения ($E_{вн}$, лк) к одновременному значению наружной горизонтальной освещенности ($E_{н}$, лк), создаваемой светом полностью открытого небосвода, выраженное в %.

$$KEO = \frac{E_{вн}}{E_{н}} \cdot 100, \% \quad (3.1)$$

Величина КЕО для различных помещений лежит в пределах от 0,1 до 10%.

При **одностороннем боковом освещении** нормируется минимальное значение КЕО в точке, расположенной на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности, на расстоянии 1м от стены, наиболее удаленной от световых проемов, а при двустороннем боковом освещении в точке посередине помещения.

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 1м от поверхности стен (перегородок) или осей колонн.

Допускается деление помещения на зоны с боковым освещением (зоны, примыкающие к наружным стенам с окнами) и зоны с верхним освещением, нормирование и расчет естественного освещения в каждой зоне производится независимо друг от друга.

Нормированное значение к КЕО (e_n) для зданий, расположенных в различных районах, определяется по формуле

$$e_N = e_n \cdot m_N, \quad (3.2)$$

где N – номер группы обеспеченности естественным светом в соответствии со СНиП 23-05-95 (таблица 2 приложения А);

e_n – нормативное значение КЕО, в соответствии со СНиП 23-05-95 (таблица 1 приложения А);

m_N – коэффициент светового климата в соответствии со СНиП 23-05-95 (таблица 3 приложения А).

Полученные по этой формуле значения следует округлять до десятых долей.

Действующими нормами СНиП 23-05-95 установлены 8 разрядов и 4 подразряда зрительных работ: от работ наивысшей точности (I разряд) до работ, связанных с общим наблюдением за ходом производственных процессов (VIII разряд).

Для обеспечения нормальной величины КЕО необходимо определить площадь световых проемов (окон и фонарей). Расчет световых проемов производится по формулам (СНиП II-4-79):

а) при боковом освещении

$$S_0 = \frac{e_N \cdot K_3 \cdot \eta_0 \cdot S_n}{100 \cdot \tau_0 \cdot r_1} \cdot K_{30}; \quad (3.3)$$

б) при верхнем освещении

$$S_\phi = \frac{e_N \cdot K_3 \cdot \eta_\phi \cdot S_n}{100 \cdot \tau_0 \cdot r_2 \cdot K_\phi}; \quad (2.4)$$

где e_n – нормируемое значение коэффициента естественного освещения (таблица 1 приложение А);

S_0 и S_ϕ – площадь окон и фонарей соответственно, м^2 (значения для типовых конструкции приведены в таблице 10 приложения А);

S_n – площадь пола, м^2 ;

K_3 – коэффициент запаса, принимается для учебных помещений от 1,2 до 1,5 (таблица 4 приложения А);

η_0 – световая характеристика окон (таблица 5 приложения А);

η_ϕ – световая характеристика фонаря, принимается по таблицам 31 и 32 СНиП II-4-79*, ориентировочно можно принимать от 3 до 5;

τ_0 – общий коэффициент светопропускания, определяемый по формуле:

$$\tau_0 = \tau_1 \tau_2 \tau_3 \tau_4 \tau_5, \quad (2.5)$$

где τ_1 – коэффициент светопропускания материала (таблица 7 приложения А);

τ_2 – коэффициент, учитывающий потери света в конструкциях (таблица 7 приложения А);

τ_3 – коэффициент, учитывающий потери света в переплетах световых проемов (при боковом освещении $\tau_3=1$); τ_3 – определяют по таблице 8 приложения А;

τ_4 – коэффициент, учитывающий потери света в солнцезащитных устройствах (таблица 8 приложения А);

τ_5 – коэффициент, учитывающий потери света в защитной сетке, устанавливаемой под фонарями, принимается равным 0,9;

r_1 – коэффициент, учитывающий повышение КЕО при боковом освещении благодаря свету, отраженному от поверхностей помещения и подстилающего слоя, прилегающего к заданию (таблица 9 приложения А);

r_2 – коэффициент, учитывающий повышение КЕО при верхнем освещении благодаря свету, отраженному от поверхностей помещения, принимается по таблице 33 СНиП II-4-79, ориентировочно r_2 можно принимать в пределах 1,1–1,4;

K_ϕ – коэффициент, учитывающий тип фонаря. Определяется по таблице 34 СНиП II-4-79, ориентировочно принимается в пределах 1–1,4;

$K_{зо}$ – коэффициент, учитывающий затенение окон противостоящими зданиями (таблица 6 приложения А).

3. Оборудование и материалы

Измерение освещенности производится при помощи люксметра Ю–116.

Люксметр Ю–116 состоит из датчика и магнитоэлектрического измерителя (гальванометра) с отсчетами по шкале в люксах.

Датчик в приборах представляет собой селеновый фотоэлемент, которых под действием светового потока вырабатывает постоянный ток с напряжением, пропорциональным освещенности.

Люксметр Ю–116 имеет два основных диапазона измерений (две шкалы) 5 – 30 и 20 – 100 лк и шесть не основных 50 – 300 и 200 – 1000; 500 – 3000 и 2000 – 10000; 5000 – 30000 и 20000 – 100000 лк, полученных при помощи совместного применения насадок КМ, КР, КТ. Эти насадки позволяют уменьшить световой поток, падающий на фотоэлемент, и, следовательно, расширить пределы измерений соответственно в 10; 100 и 1000 раз. Буквами К, М, Р, Т обозначены насадки – поглотители.

Перед измерением прибор должен быть установлен в горизонтальном положении, а стрелка прибора – на нулевом делении шкалы (при необходимости при помощи корректора устанавливают стрелку на нулевое деление шкалы, отсоединив при этом фотоэлемент).

Порядок отсчета значений измерений величины освещенности следующий: против нажатой кнопки определяют выбранное при помощи насадок или без них наибольшее значение диапазонов измерений. При нажатии правой кнопки, против которой нанесены наибольшие значения диапазонов измерений, кратное 10, следует пользоваться для отсчета показаний шкалой 0 – 100. При нажатии левой кнопки, против которой нанесены наибольшие значения диапазонов измерений, кратные 30, следует пользоваться шкалой 0 – 30. Показания прибора в делениях по соответствующей шкале следует умножить на коэффициент ослабления, зависящий от применяемых насадок и указаний на них. Например, на фотоэлементе установлены насадки КР, нажата левая кнопка, стрелка показывает десять делений по шкале 0 – 30. Следовательно, измеряемая освещенность равна $10 \cdot 100 = 1000$ лк.

При пользовании люксметром следует оберегать селеновый фотоэлемент от избыточной освещенности, не соответствующей выбранным насадкам, т.е. не допускать зашкаливания стрелки прибора. Если значение измеряемой

освещенности неизвестно; измерение необходимо начинать с установки на фотоэлементе насадки КТ. С целью ускорения поиска диапазона измерений, который соответствует показаниям прибора в пределах 20 – 100 делений по шкале 0 – 100 и 5 – 30 по шкале 0 – 30, рекомендуется поступать следующим образом: последовательно устанавливая насадки КТ, КР, КМ и при каждой насадке сначала нажимать правую кнопку, а затем левую. Если при насадках КМ и нажатии левой кнопки стрелка не доходит до 5 делений по шкале 0 – 30, измерение следует делать без насадок, т. е. с открытым фотоэлементом.

При отсчете по измерению необходимо находиться на некотором расстоянии от фотоэлемента, чтобы тень от производящего измерения не исказила показания прибора.

После окончания измерения рекомендуется отсоединить фотоэлемент от измерителя люксметра и надеть на фотоэлемент насадку Т.

При переноске приборов и проведении замеров необходимо предохранять их от резких толчков, аккуратно обращаться с фотоэлементами и насадками – светофильтрами.

4. Указания по технике безопасности

1. В лаборатории соблюдать образцовую дисциплину, содержать рабочее место в надлежащем санитарном состоянии.

2. В лаборатории запрещается находиться в верхней одежде, трогать и прикасаться к приборам и установкам, не предназначенным для выполнения данной работы.

3. К замерам параметров можно приступать после ознакомления с устройством, принципами действия, правилами эксплуатации приборов и проверки знаний преподавателем.

4. При проведении замеров следует бережно относиться к приборам, не допуская их резких толчков, падений, расположения вблизи включенных электроприборов и оборудования.

5. Задания

1. Произвести замеры естественного освещения в двух точках (рабочих местах) на расстоянии 1м одна от другой вдоль стены, наиболее удаленной от оконных проемов. Точки замера должны быть на высоте 0,8м от уровня пола. В каждой точке (рабочем месте) проводится по 3 замера. Одновременно замеряется наружная освещенность.

Результаты замеров заносят в таблицу 2.1.

По полученным данным определяется средняя величина освещенности данного помещения.

Таблица 3.1 – Результаты замеров естественной освещенности

Точки замера	Порядковый номер замера	Наружная освещенность		Характеристика погоды (солнечно, снег, дождь и др.)	Эскиз помещения с указанием замеров	Величина освещенности	
		По прибору	Средняя			По прибору	Средняя
1	1						
	2						
	3						
2	1						
	2						
	3						

1. По средней величине освещенности и формуле 2.1, найти фактическое значение КЕО, для 1 и 2 точки замера (для двух рабочих мест).

2. Определить нормированное значение КЕО по формуле 2.2.

3. Сравнить фактические значения КЕО с нормативными и сделать вывод о соответствии освещенности естественным светом фактической для данного помещения с нормативными значениями.

4. По фактическому и нормативному значениям КЕО и формуле 2.3 произвести расчет площади световых проемов с использованием табличных данных (приложение А).

Результаты расчетов заносят в таблицы 2.2 и 2.3.

Таблица 3.2 – Результаты расчетов площади световых проемов

S_{Π}	S_0^H	τ_0	r_1	e_{Φ}	e_N	S_0^{Φ}	η_0

Таблица 3.3 – Выводы о соответствии естественной освещенности

N п/п	Наименование показателя	Величина показателя	Выводы
1	2	3	4
1	Средняя величина естественной освещенности		
2	КЕО фактический		
3	КЕО нормативный		
Окончание таблицы 2.3			
1	2	3	4
4	Фактическая площадь световых проемов		
5	Расчетная площадь световых проемов (при КЕО= e_N)		
6	Расчетная площадь световых проемов (при КЕО= e_{Φ})		

6 Содержание отчета

1. Титульный лист
2. Цель работы
3. Краткий конспект теоретического материала
4. Результаты измерений и расчетов (таблицы 2.1, 2.2, 2.3);

5. Выводы.

7. Контрольные вопросы

Контрольные вопросы

Базовый уровень

1. Значение производственного освещения для улучшения условий труда и его безопасности.
2. Особенность и виды естественного освещения.
3. Критерий оценки естественного освещения.
4. Что такое «характерный разрез помещения»?
5. Нормирование естественного освещения.

Повышенный уровень

6. *В чем состоит расчет естественного освещения?*
7. *Приборы для измерения естественного освещения, их устройство и принцип действия.*
8. *Как правильно пользоваться люксметром Ю–116?*
9. *Методика проведения измерений естественного освещения в учебном помещении.*

Приложение А

Таблица 1

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентн. размер объекта различения, м	Разряд зрительной работы	Естественное освещение		Совмещенное освещение	
			КЕО, ϵ_n , %			
			при верхнем или комбин. освещ.	при боковом освещении	при верхнем или комбин. освещ.	при боковом освещении
Наивысшей точности	менее 0,15	I	-	-	6,0	2,0
Очень высокой точности	от 0,15 до 0,30	II	-	-	4,2	1,5
Высокой точности	от 0,30 до 0,50	III	-	-	3,0	1,2
Средней точности	от 0,5 до 1,0	IV	4,0	1,5	2,4	0,9
Малой точности	от 1 до 5	V	3,0	1,0	1,8	0,6
Грубая (очень малой точности)	более 5	VI	3,0	1,0	1,8	0,6
Работа со светящимися материалами	более 0,5	VII	3,0	1,0	1,8	0,6
Общее наблюдение за ходом производственного процесса постоянное		VIIIa	3,0	1,0	1,8	0,6
периодическое		VIIIб	1,0	0,3	0,7	0,2

Таблица 2

Номер группы	Административный район
1	Московская, Смоленская, Владимирская, Калужская, Тульская, Рязанская, Кемеровская области, Мордовия, Башкортостан, Татария, Республика Саха (Якутия), Хабаровский край и др.
2	Брянская, Курская, Орловская, Белгородская, Воронежская, Тамбовская, Ульяновская, Волгоградская области, Северо-Осетинская республика, Кабардино-Балкарская Республика, Чеченская Республика, Ингушская республика и др.
3	Калининградская, Псковская, Новгородская, Тверская, Ярославская, Ленинградская области, Карельская республика и др.
4	Архангельская, Мурманская области
5	Калмыцкая Республика, Ростовская, Астраханская области, Ставропольский край, Дагестанская республика, Приморский край.

Таблица 3

Световые проемы	Ориентация световых проемов по сторонам горизонта	Коэффициент светового климата, m				
		Номер группы административных районов				
		1	2	3	4	5
В наружных стенах зданий	С	1	0,9	1,1	1,2	0,8
	СВ, СЗ	1	0,9	1,1	1,2	0,8
	З,В	1	0,9	1,1	1,1	0,8
	ЮВ, ЮЗ	1	0,85	1,0	1,1	0,8
	Ю	1	0,85	1,0	1,1	0,75
В прямоугольных и трапециевидных фонарях	С, Ю	1	0,9	1,1	1,2	0,75
	СВ,ЮЗ, ЮВ, ЮЗ	1	0,9	1,2	1,2	0,7
	В,З	1	0,9	1,1	1,2	0,7

Таблица 4 – Значения коэффициента запаса Кз

Помещения и территории	Коэффициент запаса (Кз)			
	Угол наклона светопропускающего материала к горизонту, градусы			
	0 - 15	16-45	46-75	76-90
Производственные помещения с воздушной средой, содержащей в рабочей зоне				
свыше 5 мг/м ³ пыли, дыма, копоти	2,0	1,8	1,7	1,5
от 1 до 5 мг/м ³ пыли, дыма, копоти	1,8	1,6	1,5	1,4
менее 1 мг/м ³ пыли, дыма, копоти	1,6	1,5	1,4	1,3
Помещения общественных и жилых зданий				
пыльные, жаркие и сырые	2,0	1,8	1,7	1,6
с нормальными условиями среды	1,5	1,4	1,3	1,2

Таблица 5 – Значение световой характеристики η_o окон при боковом освещении

Отношение длины помещения L_b к его глубине B	Значение световой характеристики η_o при отношении глубины помещения B к высоте от уровня условной поверхности до верха окна $\hat{h}$							
	1	1,5	2	3	4	5	7,5	10
4 и более	6,5	7,0	7,5	8,0	9,0	10,0	11,0	12,5
3	7,5	8,0	8,5	9,6	10,0	11,0	12,5	14,0

2	8,5	9,0	9,5	10,5	11,5	13,0	13,0	17,0
1,5	9,5	10,5	13,0	15,0	17,0	19,0	21,0	23,0
1	11,0	15,0	16,0	18,0	21,0	23,0	26,5	29,0
0,5	18,0	23,0	31,0	37,0	45,0	54,0	66,0	-

Таблица 6 – Значение коэффициента Кз, учитывающего затенение окон противостоящими зданиями

Отношение Р/Нзд	Значение коэффициента Кз
0,5	1,7
1,0	1,4
1,5	1,2
2,0	1,1
3,0 и более	1,0

Р/Нзд - отношение расстояния между рассматриваемым и противостоящим зданиями к высоте расположения карниза противостоящего здания над подоконником рассматриваемого окна

Таблица 7 – Значения коэффициентов τ_1 и τ_2

Вид светопропускающего материала	Значение τ_1	Вид переплета	Значение τ_2
Стекло оконное листовое: одинарное двойное тройное	0,9 0,8 0,75	Переплеты для окон промышленных зданий: деревянные: одинарные спаренные стальные одинарные открывающиеся одинарные глухие Переплеты для окон общественных зданий: деревянные одинарные спаренные	 0,75 0,7 0,75 0,9 0,8 0,75

Таблица 8 – Значения коэффициентов τ_3 и τ_4

Несущие конструкции покрытия	Значение τ_3	Солнцезащитные устройства	Значение τ_4
Стальные фермы Железобетонные и деревянные фермы и арки	0,9 0,8	Убирающиеся регулируемые жалюзи и шторы Стационарные	 1,0

Балки и рамы сплошные при высоте сечения: 50 см и более менее 50 см	0,8 0,9	жалюзи при расположении пластин под углом 90° к плоскости окна: горизонтальные вертикальные	0,65 0,75
---	------------	--	--------------

Таблица 9 – Значения коэффициента r_1

Отноше- ние глубины помеще- ния к высоте от уровня рабочей поверхно- сти до верха окна	Отноше- ние расчет- ной точки от наружной стены к глубине помеще- ния	Средневзвешенный коэффициент отражения потолка, стен и пола								
		0,5			0,4			0,3		
		Отношение длины помещения к его глубине								
		0,5	1,0	2 и более	0,5	1,0	2 и более	0,5	1,0	2 и более
1-1,5	0,1	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,0	1,05	1,0	1,0
	0,5	1,4	1,3	1,2	1,15	1,2	1,1	1,2	1,1	1,1
более 1,5 до 2,5	0,3	1,3	1,2	1,1	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,05
	0,7	1,85	1,6	1,3	1,5	1,35	1,2	1,3	1,2	1,2
более 2,5 до 3,5	0,1	1,1	1,05	1,05	1,05	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	0,3	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,1	1,1	1,1	1,05
	0,5	1,6	1,45	1,3	1,35	1,25	1,2	1,25	1,15	1,1
	0,7	2,6	2,2	1,7	1,9	1,75	1,4	1,6	1,5	1,3
	0,9	5,8	4,0	3,0	3,0	2,45	1,0	2,0	1,85	1,5
более 3,5	0,1	1,2	1,5	1,1	1,1	1,1	1,05	1,05	1,05	1,0
	0,4	2,4	2,1	1,8	1,6	1,4	1,3	1,4	1,3	1,2
	0,6	4,6	3,8	3,1	3,4	3,1	1,8	2,0	1,8	1,3

Таблица 10 – Типовые конструкции окон со стальными переплетами серий 1.436.2-15, 1.436.3-16, 1.436.2-17 и с деревянными переплетами в соответствии с ГОСТ 12506-81

Номер типовой серии или ГОСТ	Координационный размер окна (высота/ширина), м	
1.436.2-14	0,6 / 1,8; 2,4; 3 1,8 / 1,8; 2; 2,4; 3; 4,8; 6	1,2 / 1,8; 2; 2,4; 3; 4,8; 6 2,4 / 1,8; 2; 2,4; 3; 4,8; 6
1.436.3-16	1,2 / 1,8; 2; 2,4; 3 2,4 / 1,8; 2; 2,4; 3	1,8 / 1,8; 2; 2,4; 3
1.436.2-17	0,6 / 1,8; 2,4; 3 1,8 / 1,8; 2; 2,4; 3; 4,8; 6	1,2 / 1,8; 2; 2,4; 3; 4,8; 6 2,4 / 1,8; 2; 2,4; 3; 4,8; 6
ГОСТ 12506-81	1,2 / 1,8; 2,4; 3	1,8 / 1,8; 2,4; 3

Лабораторная работа №4

Тема: «Исследование эффективности методов и средств защиты от шума на производстве и в селитебных зонах»

1. Цель и содержание работы

Цель работы: формирование компетентности для оценки производственных шумов на предмет соответствия их нормативным требованиям, использованию звукоизоляции и звукопоглощения для снижения шума.

2. Теоретическое обоснование

Шум – один из видов звука. В промышленной акустике под термином «шум» понимают любой нежелательный в данных условиях звуковой процесс, т.е. всякий меняющийся и раздражающий звук является шумом.

Шум стройплощадок зависит от вида строительства, состава строительного комплекса и расстояния от строительной площадки до близрасположенной жилой застройки.

Физическая природа шума обусловлена колебательными движениями частиц упругой среды, распространяющимися в виде волн.

Упругие колебания в частотном диапазоне 20-20000 Гц, воспринимаемые ухом и распространяющиеся в окружающей среде называются **звуком**.

Звуковые волны возникают при нарушении стационарного состояния среды вследствие наличия в ней какого-либо возмущающего воздействия.

Звуковая волна характеризуется следующими параметрами: звуковым давлением, длиной волны, частотой, амплитудой колебания и скоростью звука.

Звуковое давление P в некоторой точке пространства – это разность между мгновенным значением полного давления в этой точке и средним

давлением, которое наблюдается в невозмущенной среде. Единица измерения давления – паскаль (Па). Динамический диапазон восприятия по звуковому давлению $2 \cdot 10^{-5}$ - $2 \cdot 10^2$ Па.

Длина волны λ – это расстояние, измеренное вдоль направления распространения, между ближайшими точками звукового поля, в которых фазы колебаний одинаковые.

Частота f – число колебаний в единицу времени, Гц; а время, в течение которого совершается полное колебание, – период T , с.

Скорость звука c связана с длиной волны и частотой следующей зависимостью

$$c = \lambda * f, \quad (4.1)$$

где c – скорость звука, м/с;

λ – длина волны, м;

f – частота колебаний, Гц.

Под **интенсивностью звука (шума)** понимают количество звуковой энергии, проходящей через площадь 1 м^2 , расположенную перпендикулярно направлению распространения звуковой волны, Вт/м². Динамический диапазон восприятия составляет $10^{-12} - 10^2$ Вт/м².

Соотношение между интенсивностью звука и давлением звука P имеет вид

$$I = \frac{P^2}{\rho * c}, \quad (4.2)$$

где P – звуковое давление, Па;

ρ – плотность среды, кг/м³;

c – скорость звука, м/с.

Характерной особенностью абсолютных значений звукового давления, интенсивности звука является большой диапазон, в пределах которого они могут изменяться. Поэтому для удобства вычислений принято оценивать

звуковое давление или интенсивность звука не в абсолютных, а в относительных единицах (белах, децибелах) по отношению к пороговым значениям. Измеренные таким образом величины называются уровнями.

Бел B – это десятичный логарифм отношения интенсивности звука в данной точке к пороговому значению.

$$Бел = \lg \frac{I}{I_0}, \quad (4.3)$$

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

I_0 – пороговое значение уровня интенсивности, $I_0 = 10^{-12}$ Вт/м².

Ухо человека способно фиксировать изменение силы звука на 0,1 Б, и эта величина получила название децибел, дБ.

Тогда уровни интенсивности или звукового давления L , дБ, определяются по формуле

$$L = 10 \lg \frac{I}{I_0} = 10 \lg \frac{P^2}{P_0^2} = 20 \lg \frac{P}{P_0}, \quad (4.4)$$

где P_0 – пороговое значение звукового давления, $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па.

Шумы принято классифицировать по их спектральным и временным характеристикам.

Уровни шума на рабочих местах и на территории промышленных предприятий и селитебной территории городов и других населенных пунктов регламентируются нормативными документами: ГОСТ 12.1.003-83 (89) "ССБТ. Шум. Общие требования безопасности" и СНиП II-12-77 "Защита от шума", СН 2.2.4/2.1.8.562-96 и СНиП 23-03-2003.

Для шума существуют два подхода к нормированию.

Первый подход.

Основной нормируемой характеристикой **постоянного шума** в соответствии с ГОСТ 12.1.003-83 (89) являются **уровни звукового давления** в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000;

2000; 4000; 8000 Гц. При этом шум не должен превышать допустимых уровней L_n , дБ.

Среднегеометрическая частота определяется по формуле

$$f = \sqrt{f_1 * f_2} \quad (4.5)$$

При анализе шума весь диапазон частот разбивают на отдельные полосы.

Октавная полоса — это полоса частот, в которой верхняя граничная частота f_v в 2 раза больше нижней f_n . В зависимости от частоты характер шума может быть низко-, средним и высокочастотным.

Второй подход

Использование эквивалентного уровня звука L_A , дБА. Согласно СНиП 23 – 03 – 2003 характеристикой **непостоянного шума** является эквивалентный уровень звука, измеряемый по характеристике "А" шумомера ($L_{экв}$, дБА).

Уровень звука связан с соответствующим предельным спектром зависимостью

$$L = ПС + 5 \quad (4.6)$$

Так, например, в жилых комнатах в дневное время шум должен соответствовать ПС-35 и $L_A = 40$ дБА, а в ночное время — ПС-25 и $L_A = 30$ дБА.

СНиП II-12-77 устанавливает предельно допустимые уровни звукового давления для территорий, непосредственно прилегающих к жилым домам (в 2-х м от ограждающих конструкций). Для территории жилой застройки принято нормативное значение $L_{экв} = 55$ дБА (норма для дневного времени, так как в ночное время строительные работы не должны проводить). Согласно этому документу также установлены максимальные значения (L_{max}) уровней звука, равные **70 дБА**.

Значения нормируемых уровней звука на рабочих местах зависят от тяжести и напряженности труда (таблица 5.1). Для тонального и импульсного шума допустимые уровни звука принимаются на 5 дБА ниже значений, указанных в таблице. Это же относится и к помещениям, оборудованным

системами вентиляции, кондиционирования воздуха и воздушного отопления, и при этом поправку на тональность шума не учитывают.

Таблица 4.1 – Предельно допустимые уровни звука, дБА, на рабочих местах с разными категориями тяжести труда

Категория тяжести труда	Степень напряженности труда			
	Легкая	Средняя	Первая	Вторая
Легкая и средняя	80	70	60	50
Тяжелая	75	65	—	—

Из данных таблицы 4.1 следует, что уровни звука на рабочих местах в любом случае не должны превышать 80 дБА. И это одна из самых жестких норм шума на рабочих местах, действующих в мире.

ГОСТ 12.1.029-80 «Средства и методы защиты от шума. Классификация» дает определение и общую классификацию методов и способов защиты.

Так, средства защиты от шума по отношению к источнику подразделяются на методы, снижающие шум **в источнике его возникновения**, и средства, снижающие шум **на пути его распространения** от источника до защищаемого объекта.

Перечень мер по снижению шума от стройплощадок сводится к следующим основным:

замена шумных технологий (или строительных машин) малошумными. Эта мера дает эффект от 5 до 20 дБА (например, внешний шум большинства зарубежных строительных машин на 5...8 дБА ниже отечественных);

расположение строительных площадок вдали от жилой застройки. Здесь можно считать, что при каждом удвоении расстояния шум снижается на 4...8 дБА, но эта мера ограничена выбором практически реализуемых схем строительства;

наличие зеленых насаждений между стройплощадкой и жилой застройкой; эта мера носит паллиативный характер, так как на практике снижение шума в большинстве случаев не превышают 3...7 дБА;

специальное шумозащитное остекление фасадов домов, расположенных вблизи строительной площадки. Эта мера, в силу имеющегося в нормативном документе указания, составляет во всех случаях 10 дБА;

установка на границах стройплощадки, обращенных к жилой застройке, специально спроектированных акустических экранов. Правильно спроектированные акустические экраны, например высотой 3...4 м и необходимой длины, могут обеспечивать эффективность до 10...15 дБА.

Наиболее распространенными способами защиты от шума являются методы, основанные на поглощении и отражении звука, которые рассматриваются в данной лабораторной работе.

Звукоизоляция – создание герметичной преграды на пути распространения воздушного шума и отражение ею части падающих звуковых волн.

Основными характеристиками звукоизолирующей способности являются коэффициент звукопроницания и коэффициент звукоизоляции.

Коэффициент прохождения (коэффициент звукопроницания) τ – отношение интенсивности прошедшей через преграду звуковой энергии J_{np} к падающей $J_{пад}$

$$\tau = \frac{J_{np}}{J_{пад}} \quad (4.7)$$

где J_{np} – поглощенная материалом или преградой звуковая энергия;

$J_{пад}$ – интенсивность падающей звуковой энергии.

Коэффициент звукоизоляции γ – отношение падающей звуковой энергии интенсивности $J_{пад}$ к прошедшей через преграду J_{np}

$$\gamma = \frac{J_{nad}}{J_{np}} \quad (4.8)$$

Чем меньше коэффициент прохождения (τ), тем больше ослабление звука преградой, то есть лучше ее звукоизоляционные свойства. Звукоизоляция конструкции R , дБ, оценивается через десятичный логарифм коэффициента звукоизоляции или отношения интенсивностей падающего и прошедшего звука

$$R = 10 \lg \gamma = 10 \lg \frac{1}{\tau} = 10 \lg \frac{J_{nad}}{J_{np}} \quad (4.9)$$

Ограждающие конструкции помещений принято подразделять на однослойные, которые колеблются как одно целое, и многослойные, колеблющиеся с различными амплитудами, характерными для каждого слоя.

Однослойные ограждения состоят из одного слоя строительного материала или нескольких слоев разнородных материалов, родственных по физико-техническим свойствам, и жестко связанных по всей поверхности.

Звукоизоляция однослойной перегородки может быть определена по формуле

$$\Delta L = 20 \lg(m * f) - 47,5, \quad (4.10)$$

где m – поверхностная масса перегородки, кг/м². $m = \rho * h$;

ρ – плотность материала перегородки, кг/м³;

h – толщина перегородки, м);

f – частота звука, Гц.

Как видно из формулы (4.10), звукоизоляция перегородки тем больше, чем она тяжелее (изготовлена из более плотного материала, толще) и чем выше частота звука.

Перегородки и акустические экраны для защиты жилой застройки от шума строительства выполняют из бетона, кирпича, асбоцемента и т. п.

Для улучшения звукоизоляции ограждения без увеличения их веса в строительной практике применяют двойные ограждения, соединенные упругими связями. Такие ограждения целесообразно применять тогда, когда

частота их собственных колебаний лежит ниже 100 Гц, а стенки имеют различные жесткости при изгибе.

Многослойные ограждения представляют собой конструкции, в которых между слоями твердого материала находятся слои мягкого изолирующего материала или воздушные промежутки. В этих конструкциях жесткая связь между слоями отсутствует.

Звукопоглощение – это уменьшение энергии звуковых волн, отраженных от поверхностей, встречающихся на их пути, за счет превращения звуковой энергии в узких каналах и порах материалов в другие виды энергии, преимущественно тепловую и трения.

Для характеристики звукопоглощающей способности используют коэффициент звукопоглощения, который определяется по формуле

$$\alpha = \frac{J_{\text{погл}}}{J_{\text{пад}}} \quad (4.11)$$

где $J_{\text{погл}}$ – поглощенная материалом или преградой звуковая энергия;

$J_{\text{пад}}$ – интенсивность падающей звуковой энергии.

Материал считается звукопоглощающим, если коэффициент звукопоглощения больше 0,3 на частоте 1000 Гц.

Конструктивно звукопоглощение выполняют в виде облицовок поверхностей помещений, объемных звукопоглотителей, внутренней облицовки кожухов оборудования.

Для контроля фактических уровней шума на рабочих местах, оценки шумового режима в производственных помещениях и разработки рекомендаций по снижению шума измеряют параметры шума специальными приборами – шумомерами. Шумомер позволяет определить уровень звукового давления, дБ, и поэтому эта величина используется для оценки воздействия шума на человека.

3. Оборудование и материалы

Лабораторный стенд имеет вид макета производственных помещений, одно из которых имитирует производственный участок (А), а второе – конструкторское бюро (Б) (рисунок 5.1).

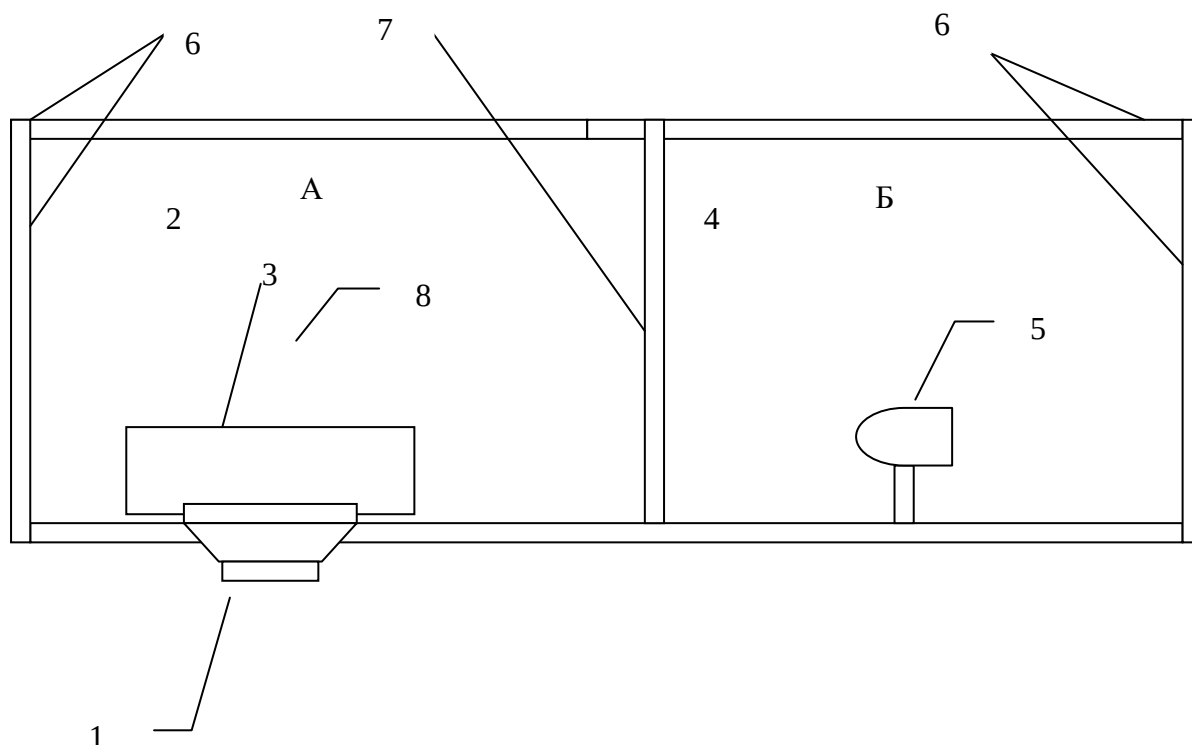


Рисунок 4.1 – Схема лабораторного стенда

Источник шума (громкоговоритель) находится под «полом» левой камеры (2) и защищен решеткой (3).

В левой камере (А) размещены макеты заводского оборудования.

В правой камере (Б) размещены макеты конструкторского бюро. На подставке установлен микрофон (5) из комплекта одного из приборов для измерения уровня шума (измеритель шума и вибрации ВШВ-003-М2; шумомер-вибромметр, анализатор спектра ЭКОФИЗИКА 110А)

Обе камеры могут накрываться звукопоглощающим коробом (6) . Они снабжены осветительными лампами. Тумблеры для включения ламп находятся на передней стенке стенда.

Передняя стенка стенда имеет два смотровых окна. Внутри на передней и задней стенках имеются направляющие, при помощи которых устанавливается съемная звукоизолирующая перегородка (7). Она обеспечивает изоляцию правой и левой камер друг от друга.

Решетка громкоговорителя во время проведения лабораторной работы может быть закрыта звукоизолирующим кожухом (8).

На крышке кожуха (8) закреплена ось, на которую может навинчиваться груз для исключения щелей в местах контакта кожуха с решеткой громкоговорителя.

Для возбуждения громкоговорителя используется функциональный генератор типа ГФ-1.

Все измерения проводят с помощью измерителя шума и вибрации ВШВ-003-М2, либо шумомера-виброметра, анализатора спектра ЭКОФИЗИКА-110А.

Требования безопасности при работе с приборами и порядок работы приведены в Приложениях А, Б.

4. Указания по технике безопасности

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

2. После проведения лабораторной работы отключить электропитание стенда.

5. Задания

1. Подключить стенд к электросети. С помощью тумблеров включить освещение внутри стенда.
2. Снять со стенда все средства звукоизоляции и звукопоглощения – звукопоглощающий кожух, звукоизолирующие перегородки звукоизолирующий кожух.
3. Установить микрофон из комплекта ВШВ-003 или ЭКОФИЗИКА-110А на подставке в правой камере стенда.
4. Подключить к стенду генератор сигналов ГФ-1. Установить такую амплитуду синусоидального сигнала, при которой уровень звукового давления на частоте 250 Гц, измеренный шумомером, находился бы в пределах от 90 до 100 дБ.
5. С помощью шумомера три раза измерить уровень звукового давления L_i на частотах 31,5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц. Результаты измерений занести в таблицу 4.2.
6. Установить звукоизолирующую перегородку (ДВП, ДСП). Повторить измерения уровня звукового давления $L_{з.и}$ на тех же частотах. Результаты измерений занести в таблицу 4.2.

Таблица 4.2 – Результаты измерений

Измеряемый показатель	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L_i									
$L_{з.и}$									

7. Отключить генератор и шумомер от сети. Выключить освещение помещений, отключить макет от электросети.

8. Сравнить результаты замеров уровней звукового давления (таблица 5.1) с допустимыми значениями $L_{доп}$ по СН 3223 – 85 (таблица приложения А) в виде графической интерпретации результатов (рисунок 5.2)

9. Вычислить эффективность Ξ звукоизолирующей перегородки

$$\Xi = \frac{L_I - L_{з.и}}{L_I} 100\% \quad (4.15)$$

дБ							
100							
90							
80							
70							
60							
50							
40							
30							
20							
10							
63	125	250	500	1000	2000	4000	8000 f, Гц

Рисунок 5.2 – Уровни звукового давления

10 Построить графическую интерпретацию зависимости эффективности звукоизолирующей перегородки от частоты (рисунок 5.3)

Ξ , %							
100							
90							
80							
70							
60							
50							
40							
30							

20							
10							
63	125	250	500	1000	2000	4000	8000 f, Гц

Рисунок 4.3 – Эффективность установки звукоизолирующей перегородки

11. Установить звукопоглощающий кожух. Повторить измерения уровня звукового давления $L_{з.п}$ на тех же частотах. Результаты измерений занести в таблицу 5.2. Провести оценку эффективности звукопоглощения.

12. Выполнить задачу по заданию преподавателя (условие приведено в приложении А).

Таблица 4.4 – Класс условий труда в зависимости от уровня шума рабочих мест (превышение ПДУ до, дБ)

Фактор	Класс условий труда					
	Допустимый	Вредный				Опасный (экстремальный)
		I степени	II степени	III степени	IV степени	
Шум (эквивалентный уровень звука), дБА	ПДУ	10	25	40	50	>50

6. Содержание отчета

1. Титульный лист
2. Цель работы
3. Краткий конспект теоретического материала
4. Результаты исследований и расчетов

4.1 Таблицы 4.2, 4.4, рисунок 4.1.

4.2 Рисунок 4.2 – Уровни звукового давления. Выводы по исследованию

4.3 Рисунок 4.3 – Эффективность установки звукоизолирующей перегородки. Выводы по исследованию.

4.4 Рисунок 4.3 – Эффективность установки звукопоглощающей конструкции . Выводы по исследованию.

5. Ваши предложения по совершенствованию лабораторной работы.

7. Контрольные вопросы

Контрольные вопросы

Базовый уровень

1. Что такое звук? Что такое шум?
2. Какие существуют основные количественные характеристики шумов?
3. Расскажите о физиологических характеристиках шумов.
4. Что такое частотные характеристики шумов?
5. Как оцениваются спектральные характеристики шумов?
6. Приведите временные характеристики шумов
7. Что такое интенсивность звука?
8. Дайте определение понятиям «интенсивность звука», «звуковое давление». Как взаимосвязаны данные величины?
9. Расскажите о физической сущности звукоизоляции.
10. Расскажите об основных характеристиках звукоизолирующих конструкций.

Повышенный уровень

1. *Приведите методы нормирования шумов.*
2. *Изложите принцип действия шумомера.*
3. *Что такое звукоизоляция? Какие существуют основные виды звукоизоляции и в чем особенности их организации.*
4. *Звукопоглощение. Принципы расчета акустической облицовки помещений.*

5. *Объясните принцип нормирования шума методом предельных спектров и методом уровней звука.*

6. *Какой из материалов будет обладать лучшими звукоизолирующими свойствами и почему: поролон, картон?*

Таблица 4.5 – Результаты измерений

Среднегео- метрические частоты октавных полос, Гц	Уровень звукового давления в полосах частот, дБ							Нормированные уровни звукового давления по ГОСТ 12.1 003- 83 Lн, дБ
	Камера	Звукозащитные экраны						
		Фанера		ДВП		ДСП		
		L, дБ	L ₁ , дБ	Δ L, дБ	L ₂ , дБ	Δ L, дБ	L ₃ , дБ	
31,5								
63								
125								
250								
500								
1000								
2000								
4000								
8000								

ΔL – эффективность звукозащитных экранов.

Лабораторная работа №5

Тема: «Определение уровня электромагнитного, электрического, магнитного и электростатического поля источника излучения»

1. Цель работы

Цель работы: формирование компетентности для оценки уровней электромагнитного, электрического, магнитного и электростатического поля источника излучения

2 Теоретическая часть

Электромагнитное поле (ЭМП) – это особая форма материи, посредством которой осуществляется взаимодействие между заряженными частицами. Представляет собой взаимосвязанные поля: электрическое и магнитное. Взаимная связь электрического и магнитного полей заключается в том, что всякое изменение одного поля приводит к появлению другого. Переменное электрическое поле, порождаемое ускоренно движущимися зарядами, возбуждает в смежных областях пространства переменное магнитное поле, которое, в свою очередь, возбуждает в прилегающих к нему областях пространства переменное электрическое поле, и т.д. Таким образом, электромагнитное поле распространяется от точки к точке пространства в виде электромагнитных волн, бегущих от источника.

Электрическое поле (ЭП)– частная форма проявления электромагнитного поля. В своем проявлении это силовое поле, основным свойством которого является способность воздействовать на внесенный в него электрический заряд с силой, не зависящей от скорости заряда. Источниками электрического поля могут быть электрические заряды (движущиеся и неподвижные) и изменяющиеся во времени магнитные поля.

Основная количественная характеристика **величины электрического поля–напряженность электрического поля**, обозначение – E , единица измерения В/м (Вольт-на-метр).

Магнитное поле (МП) представляет собой частную форму электромагнитного поля. В своем проявлении это силовое поле, основным свойством которого является способность воздействовать на движущиеся электрические заряды (в том числе и проводники с током), а также на магнитные тела независимо от их состояния. Источниками магнитного поля могут быть движущиеся электрические заряды (проводники с током), намагниченные тела и изменяющиеся во времени электрические поля.

Величина магнитного поля характеризуется **напряженностью магнитного поля H** , единица измерения – А/м. При измерении сверхнизких и крайне низких частот часто также используется понятие **магнитная индукция B** , единица измерения – Тл (Тесла), одна миллионная часть Тл соответствует 1,25 А/м.

При длительном воздействии электромагнитных полей промышленной частоты (50–60 Гц) наблюдаются расстройства, которые субъективно выражаются жалобами на: головную боль в височной и затылочной областях, вялость, расстройство сна, снижение памяти, повышенную раздражительность, апатию, боли в области сердца. У работающих с ЭМП промышленной частоты могут наблюдаться функциональные нарушения в центральной нервной и сердечно-сосудистой системах, а также изменения в составе крови.

Основными источниками электромагнитных полей промышленной частоты (50 Гц) являются элементы токопередающих систем различного напряжения (линии электропередач, контактная сеть, распределительные устройства, их составные части), электроприборы и аппаратура промышленного и бытового назначения, потребляющая электроэнергию.

Линия электропередачи (ЛЭП) – сооружение, состоящее из проводов и вспомогательных устройств, предназначенное для передачи или распределения

электрической энергии. Линии электропередач, являясь основным звеном энергосистемы, вместе с электрическими подстанциями образуют электрические сети.

Различают воздушные линии электропередач, провода которых подвешены над землей или над водой, и подземные (подводные) ЛЭП, где используются, главным образом, силовые кабели.

Воздушные линии электропередач являются одним из основных звеньев современных энергосистем. Напряжение в линии зависит от ее протяженности и передаваемой по ней мощности.

Для воздушных ЛЭП переменного тока принята следующая шкала напряжений: 35, 110, 150, 220, 330, 400, 500 и 750 кВ. Напряжение 35 кВ широко используется для создания центров питания электрических сетей (6 и 10 кВ). Распределительные сети большинства энергосистем имеют напряжение 110 кВ. Линии электропередач протяженностью порядка 100 км сооружают на напряжение 220–330 кВ. ЛЭП с напряжением 500 кВ сооружают главным образом для передачи электроэнергии на большие расстояния (свыше 100 км).

Допустимое расстояние от низшей точки провода до земли составляет в ненаселенной местности 5–7 м, а в населенной – 6–8 м.

При проведении измерений характеристик электромагнитного поля частотой 50 Гц на рабочих местах и выборе норм руководствуются СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях».

В соответствии с этим документом, оценка электромагнитного поля осуществляется раздельно по напряженности электрического поля, E , кВ/м, напряженности магнитного поля, H , А/м или индукции магнитного поля B , мкТл. Нормирование ЭМП 50 Гц на рабочих местах дифференцировано в зависимости от времени пребывания в электромагнитном поле. Предельно допустимый уровень напряженности электрического поля на рабочем месте в течение всей смены устанавливается равным 5 кВ/м. При напряженностях

больше или меньше этого значения рассчитывается допустимое время пребывания в зоне электрического поля в часах:

$$T = \frac{50}{E} - 2,$$

где T – допустимое время пребывания в ЭП при соответствующем уровне напряженности, ч;

E – напряженность воздействующего ЭП в контролируемой зоне, кВ/м.

В зависимости от вида воздействия поля на организм работника: общего (на все тело) или локального (на конечности) устанавливаются предельно допустимые уровни напряженности периодических магнитных полей, таблица 5.1.

Таблица 5.1

ПДУ воздействия периодического магнитного поля частотой 50 Гц

Время пребывания (час)	Допустимые уровни МП, Н А/м / В, мкТл при воздействии	
	общем	локальном
≤ 1	1600 /2000	6400 /8000
2	800 /1000	3200 /4000
4	400 /500	1600 /2000
8	80 /100	800 /1000

Применительно к населению регламентируется только величина напряженности электрического поля. В соответствии с СанПиН №2971-84 Санитарные нормы и правила защиты населения от воздействия электрического поля, создаваемого воздушными линиями электропередачи переменного тока промышленной частоты в качестве ПДУ приняты следующие значения:

- на территории жилой застройки – 1 кВ/м;

- в населенной местности, вне зоны жилой застройки (в т.ч. огороды и сады, курорты, пригородные зоны) – 5 кВ/м;
- на участках пересечения ЛЭП с автомобильными дорогами – 10 кВ/м;
- в ненаселенной местности, часто посещаемой людьми – 15 кВ/м;
- в труднодоступной местности (не доступной для транспорта и сельскохозяйственных машин) и на участках, специально выгороженных для исключения доступа населения – 20 кВ/м.

Длина волны (λ), частота колебаний (f) и скорость распространения электромагнитных волн в воздухе (C) связаны соотношением

$$C = \lambda * f \quad (5.1)$$

Движущееся электромагнитное поле (ЭМП) характеризуется векторами напряженности электрического (E , В/м) и магнитного (H , А/м) полей, которые отражают силовые свойства ЭМП.

Напряженность электрической и магнитной составляющих поля в зависимости от расстояния до источника определяют по формулам

$$E = \frac{I * l}{2 * \pi * \epsilon * \omega * x^3}, \quad (5.2)$$

$$H = \frac{I * l}{4 * \pi * x^2}, \quad (5.3)$$

где I - ток в проводнике (антенне). А;

l - длина проводника (антенны), м;

ϵ - диэлектрическая проницаемость среды, Ф/м. Для воздуха $\epsilon = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м

x - расстояние от точки наблюдения до источника излучения, м;

ω - угловая частота поля.

Для оценки величины электромагнитного поля также используют понятие поверхностной плотности потока энергии (ППЭ). ППЭ - количество энергии, проходящей через плоскость с площадью, равной единице, расположенную перпендикулярно к направлению распространения электромагнитной волны.

Поверхностная плотность потока энергии оценивается в Вт/м², мкВт/см².

Для сферических волн при распространении в воздухе она может быть определена по формуле

$$ППЭ = \frac{P_{ист} * G}{4 * \pi * r^2}, \quad (5.4)$$

где $P_{ист}$ - мощность излучения, Вт;

G - коэффициент усиления излучателя (антенны).

Нормирование излучений с частотами 30 кГц – 300 ГГц осуществляется в соответствии с СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 "Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ)"

Около источника электромагнитного поля выделяют (рисунок 5.1) ближнюю зону (I), промежуточную зону (II) и дальнюю зону (III).

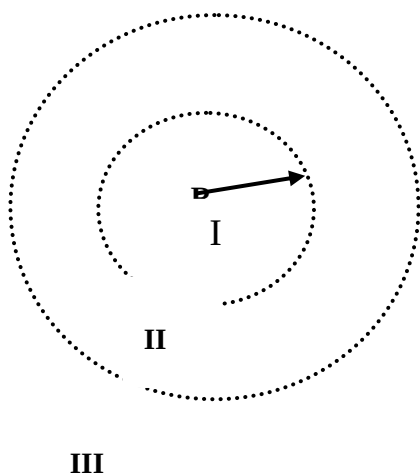


Рисунок 5.1 - Размещение зон около источника электромагнитного поля

I – ближняя зона; II – промежуточная зона; III – дальняя зона

Границы ближней зоны (зоны индукции) определяют из соотношения

$$R \leq \frac{\lambda}{2\pi} \approx \frac{\lambda}{6} \quad (5.5)$$

Границы промежуточной зоны (зоны интерференции) находят из выражения

$$\frac{\lambda}{2\pi} \leq R \leq 2\pi\lambda \quad (5.6)$$

Внутренняя граница дальней зоны (волновой зоны)

$$R \geq 2\pi\lambda \quad (5.7)$$

В ближней зоне электрическое и магнитное поля можно считать независимыми друг от друга. В ней нормируются напряженности электрического и магнитного полей. В промежуточной зоне регламентируются напряженности электрического и магнитного полей, а также плотность потока энергии. В дальней зоне нормируется плотность потока энергии.

В диапазоне частот 30 кГц - 300 МГц интенсивность ЭМИ РЧ оценивается также по энергетической экспозиции (ЭЭ) электрического и магнитного полей. Её определяют как произведение квадрата напряженности электрического (E) или магнитного (H) поля на время воздействия на человека (T).

$$\begin{aligned} \text{ЭН}_E &= E^2 * T, (B/м)^2 * \text{ч} \\ \text{ЭН}_H &= H^2 * T, (B/м)^2 * \text{ч} \end{aligned} \quad (5.8)$$

Критерием оценки степени воздействия на человека ЭМП РЧ служит количество электромагнитной энергии, поглощаемой им при пребывании в электромагнитном поле. Эта величина зависит от:

- напряженности поля;
- времени пребывания в электрическом поле;
- частоты волн;

- проводимости тканей человека.

Так, с повышением частоты влияние электромагнитного поля на человека усиливается, то есть ЭМП ВЧ и СВЧ вызывают больший биологический эффект, чем ДВ и СВ.

Механизм действия электромагнитных полей на организм человека еще окончательно не выяснен, особенно малоинтенсивных излучений длительного воздействия, однако установлено, что чувствительность органов и систем определяется :

- функциональным назначением органов;
- биофизическими характеристиками;
- степенью их васкуляризации.

Систематическое воздействие ЭМИ ВЧ, УВЧ, СВЧ диапазонов вызывает изменения в центральной нервной системе, в сердечно-сосудистой системе, сдвиги в морфологическом составе крови, что сопровождается нарушениями функционального состояния эндокринной системы, обменных процессов, дистрофическими изменениями в тканях мозга, печени, селезенки, семенников.

На основе обобщения результатов экспериментальных исследований были разработаны предельно допустимые (в зависимости от длины **волны**) уровни электромагнитной энергии на территории жилой застройки (таблица 5.2)

Таблица 5.2 - ПДУ ЭМИ РЧ в соответствии с СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96

Назначение помещений или территорий	Диапазон частот				
	30 -300 кГц	0,3 –3 МГц	3-30 МГц	30 – 300 МГц	300 МГц – 300 ГГц
	Предельно допустимые уровни ЭМИ РЧ				
	В/м	В/м	В/м	В/м	мкВт/см ²
Территория жилой застройки и мест массового отдыха:					

помещения жилых, обществен-ных и производственных зданий (внешнее ЭМИ РЧ, включая вторичное излучение); рабочие места лиц, не достигших 18 лет, и женщин в состоянии беременности	25	15	10	3	10
--	----	----	----	---	----

При работе с источниками СВЧ излучений на производстве должны соблюдаться нормативы, приведенные в таблице 5.3

Таблица 5.3 – Нормы при работе с источниками СВЧ

Время действия ЭМИ СВЧ на работающих	Предельно допустимая интенсивность
Не более 8 ч за рабочий день	10 мкВт/см ²
Не более 2 ч за рабочий день	100 мкВт/см ²
Не более 15 – 20 мин за рабочий день	1000 мкВт/см ²
2. Для лиц , не связанных профессионально и для населения	1 мкВт/см ²

Способы защиты от действия ЭМИ:

- 1) уменьшение мощности источника - уменьшение параметров излучения в самом источнике;
- 2) экранирование источника излучения (рабочего места). Защитные экраны частично отражают и частично поглощают электромагнитную энергию. По основному принципу действия они делятся на отражающие (сплошные, перфорированные, сетчатые, сотовые экраны из стали, меди, алюминия, из металлизированной ткани, токопроводящие краски, которыми окрашивают экранирующие поверхности) и поглощающие (из радиопоглощающих материалов – каучук, пенополистирол, керамикометаллические композиции с добавками из активированного угля, порошка карбонильного железа и пр.
- 3) выделение зоны излучения (зонирование территории);

- 4) установление рациональных режимов эксплуатации установок;
- 5) применение сигнализации;
- 6) защита расстоянием (особенно эффективна для ЭМИ СВЧ);
- 7) защита временем ;
- 8) средства индивидуальной защиты (специальная одежда, выполненная из металлизированной ткани - халаты, фартуки, накидки с капюшоном, перчатки; защитные очки , стекла которых покрыты слоем полупроводниковой окиси олова).

1. Оборудование и материалы

Для измерения напряженности магнитного поля используем измеритель напряженности поля промышленной частоты типа ПЗ-50. Он предназначен для измерения среднеквадратичного значения напряженности магнитного поля промышленной частоты, возбуждаемого вблизи электроустановок высокого напряжения в диапазоне от 0,1 до 1800 А/м.

4. Указания по технике безопасности

1. При эксплуатации измерителя и его поверке необходимо соблюдать правила безопасности при работе с высоковольтными электроустановками и источниками ЭП и МП промышленной частоты. При большой напряженности ЭП или МП промышленной частоты (превышающей уровень, регламентированный ГОСТ 12.1.002-84 или СанПиН 2.2.4.723-98) необходимо применять защитные средства.

2. Не допускается использовать измеритель вблизи электроустановок высокого напряжения, если существует опасность искрового пробоя на элементы измерителя.

3. В связи с тем, что измеритель не содержит источников высокого напряжения и не подключается к электросетям, работа с измерителем электробезопасна.

5. Задания

Порядок выполнения работы

5.1 Перед началом работы ознакомиться с техническим описанием измерителя напряженности поля ПЗ-50, порядком проведения измерений (Приложение А).

Панель прибора представлена на рисунке 4.1.



Рисунок 5.1 – Внешний вид панели прибора ПЗ-50.

Общий вид прибора с преобразователем ЕЗ-50 представлен на рисунке 5.2

В качестве источника электромагнитного поля можно выбрать по заданию преподавателя системный блок компьютера, плоттер, выключатель или другой объект.



Рисунок 5.2 – Прибор ПЗ-50 с преобразователем типа ЕЗ-50

5.2 Определить напряженность электрического поля от источника.

Подключить кабель КЗ-50 к разъему на хвостовой части антенны-преобразователя (АП) типа ЕЗ-50. Накрутить на нее пластмассовую ручку. Подключить разъем на свободном конце кабеля к ответной части на УОЗ-50.

Установить переключатели: ВЫКЛ/КОНТ/ИЗМ в положение КОНТ, $x_{0,1}/x_1/x_{10}$ – на x_1 ; 2/20/200 – на 200. При этом на индикаторе УОЗ-50 появится контрольное число, соответствующее напряжению питания прибора. Это число должно находиться в пределах от минус 100,0 до +150,0. Если контрольное число станет менее минус 100,0 или в левом верхнем углу появится символ LOBAT, значит элементы питания полностью разряжены, необходимо их заменить. Иначе погрешность измерения будет выше допустимой.

Установить переключатель: ВЫКЛ/КОНТ/ИЗМ в положение ИЗМ, а переключателями $x_{0,1}/x_1/x_{10}$ и 2/20/200 подобрать оптимальный предел измерения. Наиболее оптимальным для проведения измерений является предел, на котором можно получить максимальное количество значащих цифр.

Поместить АП в измеряемое поле. Изменяя направление АП, добиться максимального показания на индикаторе.

Выполнить измерения на расстоянии 0,1, 0,5, 1,0, 1,5 м от источника электромагнитного поля, результаты занести в таблицу. Результаты представить в табличной форме (таблица 4.4) и в виде графика зависимости напряженности электрического поля токов промышленной частоты от расстояния.

5.3 Определить напряженность магнитного поля от источника.

АП типа НЗ-50 предназначена для измерения напряженности магнитного поля и представляет собой экранированную рамочную антенну, электрически малых размеров (средний диаметр рамки 80 мм, число витков 5600). При помещении АП в МП в обмотке антенны наводится переменное напряжение пропорциональное проекции вектора напряженности поля на ось,

перпендикулярную плоскости рамки. Переменное напряжение далее через кабель поступает на устройство отсчетное УОЗ-50 (рисунок 4.3).



Рисунок 5.3 – Общий вид прибора ПЗ-50 с антенной НЗ-50

Выполнить измерения магнитного поля источника аналогично методике, представленной в пункте п. 5.2

Таблица 5.4 – Результаты измерений

Расстояние от источника излучения, м	Положение переключателя $\times 0,1/\times 1/\times 10$	Положение переключателя 2/20/200	Напряженность электрического поля, кВ/м	Напряжённость магнитного поля, А/м
1,0				
0.75				
0,5				
0,25				

Результаты измерения напряженности магнитного поля представить графические в виде зависимости напряженности электрического поля от расстояния.

5.4 Сравнить измеренные уровни напряженности поля с фоновыми значениями.

5.5 Дать объяснения полученных результатов.

5.6 Составить отчет по работе. Ответить на контрольные вопросы.

Содержание отчета

1. Титульный лист

2. Цель работы.
3. Краткий конспект теоретического материала.
4. Данные измерений и расчетов (таблица 4.4), графики.
5. Ответы на контрольные вопросы.
6. Выводы.
7. Ваши предложения по совершенствованию лабораторной работы.

7. Контрольные вопросы

Контрольные вопросы

Базовый уровень

1. Дайте определение электромагнитных излучений.
2. Как нормируются электромагнитные излучения ?
3. Какие зоны выделяют около источника электромагнитных излучений?
4. Какое действие оказывают электромагнитные излучения на человека?
5. Какие существуют способы защиты от электромагнитных излучений?

Повышенный уровень

1. Приведите предельно допустимые уровни электромагнитных излучений токов промышленной частоты в производственных условиях
2. Приведите предельно допустимые уровни электромагнитных излучений токов промышленной частоты на территории жилой застройки и в местах массового отдыха
3. Приведите основные расчетные формулы для оценки напряженности электрического и магнитного полей, плотности потока энергии

Приложение А

Измеритель напряженности поля промышленной частоты ПЗ-50

(извлечение из руководства по эксплуатации)

Измеритель напряженности поля промышленной частоты ПЗ-50 предназначен для измерения среднеквадратичного значения напряженности электрического поля промышленной частоты возбуждаемого вблизи электроустановок высокого напряжения. Измеритель состоит из антенн-преобразователей (АП) ЕЗ-50, НЗ-50 и устройства отсчетного УОЗ-50. Работа прибора основана на возбуждении в АП под воздействием измеряемого поля переменного напряжения с той же частотой и пропорционального напряженности поля. Переменное напряжение предварительно усиливается в АП и далее поступает на вход устройства отсчетного, где происходит его фильтрация, дальнейшее усиление, преобразование в постоянное напряжение и индикация.

АП типа ЕЗ-50 предназначена для измерения напряженности электрического поля и представляет собой симметричную дипольную антенну электрически малых размеров (полный размер диполя 100 мм). При помещении диполя в ЭП между плечами диполя возникает переменная разность потенциалов. Амплитуда этого переменного напряжения пропорциональна проекции вектора напряженности поля на ось диполя. Переменное напряжение с диполя далее передается на вход дифференциального усилителя находящегося в корпусе АП. С выхода усилителя сигнал через кабель поступает на устройство отсчетное УОЗ-50.

Устройство отсчетное типа УОЗ-50 предназначено для усиления и преобразования аналогового сигнала поступающего с АП в цифровой сигнал, и отсчета напряженности ЭП в абсолютных единицах кВ/м

Для определения среднеквадратического значения модуля вектора напряженности ЭП следует измерить в выбранной точке пространства проекции вектора напряженности поля на три взаимно ортогональные оси E_x , E_y и E_z . После чего определить модуль вектора напряженности электрического поля E по формуле:

$$E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2 + E_z^2}.$$

Назначение

Измеритель предназначен для измерения напряженности электрического и магнитного поля (ЭП и МП) промышленной частоты (50 Гц), возбуждаемого вблизи электроустановок высокого напряжения промышленной частоты. Основной областью применения измерителя является контроль согласно ГОСТ 12.1.002-84 и СанПиН 2.2.4.1191-03 предельно допустимых уровней электрического и магнитного полей промышленной частоты (50 Гц) на рабочих местах.

Характеристики

Диапазон частот от 48 до 52 Гц.

Диапазон измерения напряженности электрического поля от 0,01 до 100 кВ/м.

Диапазон измерения напряженности магнитного поля от 0,1 до 1800 А/м.

Измеритель обеспечивает свои технические характеристики по истечении времени установления рабочего режима, равного 3 мин.

Подготовка к работе

1) На лицевой панели УОЗ-50 имеются следующие органы индикации и управления:

- жидкокристаллический индикатор - для снятия показаний прибора.
- переключатель ВЫКЛ/КОНТ/ИЗМ - для выключения питания измерителя (положение ВЫКЛ) и переключения УОЗ-50 в режим контроля питания или в режим измерения (положения КОНТ или ИЗМ, соответственно);

- переключатель $x_{0,1}/x_1/x_{10}$ (ПРЕДЕЛЫ ИЗМЕРЕНИЯ) - для установки множителя показаний индикатора и установки пределов измерения;
- переключатель $2/20/200$ (ПРЕДЕЛЫ ИЗМЕРЕНИЯ) - для установки пределов измерения;

Примечание: Переключатели $x_{0,1}/x_1/x_{10}$ и $2/20/200$ предназначены для установки пределов измерения. Выбор требуемого предела производится путем установки их в положения, описанные в табл. 4 и табл.5.

2) При измерении напряженности ЭП с помощью АП ЕЗ-50 показания жидкокристаллического индикатора с учетом множителя, задаваемого положением переключателя $x_{0,1}/x_1/x_{10}$, соответствуют кВ/м.

3) В зависимости от положения переключателей $x_{0,1}/x_1/x_{10}$ и $2/20/200$ при измерении напряженности ЭП могут быть установлены пределы измерения, указанные в табл.5. Не допускается устанавливать другие комбинации переключателей кроме перечисленных в таблице 1.

4) При измерении напряженности МП с помощью АП ПЗ-50 показания жидкокристаллического индикатора с учетом множителя, задаваемого положением переключателя $x_{0,1}/x_1/x_{10}$, соответствуют (в А/м).

Таблица 1 – Характеристики антенны НЗ-50

Предел измерения, кВ/м	Положение переключателя $x_{0,1}/x_1/x_{10}$	Положение переключателя $2/20/200$
200	x_1	200
20	x_1	20
2	x_1	2
0,2	$x_{0,1}$	2

В зависимости от положения переключателей $x_{0,1}/x_1/x_{10}$ и $2/20/200$ при измерении напряженности МП могут быть установлены пределы измерения, указанные в таблице 2.

Таблица 2 - Характеристики антенны ЕЗ-50

Предел измерения, А/м	Положение переключателя x0,1/x1/x10	Положение переключателя 2/20/200
2000	x10	200
200	x1	200
20	x1	20
2	x1	2
0,2	x0,1	2

Порядок работы с измерителем ПЗ-50

а) При измерении напряженности ЭП

1) Установить органы управления в исходное положение:

переключатель ВЫКЛ/КОНТ/ИЗМ - в положение ВЫКЛ;

переключатель x0,1/x1/x10 - в положение x1;

переключатель 2/20/200 - в положение 200.

2) При свежих элементах питания число находится в пределах плюс

50,0-150,0. При разряде элементов во время эксплуатации измерителя число будет уменьшаться. При полностью разряженных элементах контрольное число станет менее минус 100,0. В этом случае следует заменить элементы питания. Элементы питания подлежат замене также при отсутствии показаний на индикаторе или появлении в левом верхнем углу индикатора символа LO BAT. Проведение измерений при включенном символе LO BAT не допускается, поскольку в этом случае погрешность измерений может выйти за допустимые пределы.

3) Установите переключатель ВЫКЛ/КОНТ/ИЗМ в положение ИЗМ, а переключатели x0,1/x1/x10 и 2/20/200 в положения соответствующие пределу измерения 200 кВ/м согласно табл.5. Поместите АП в измеряемое ЭП, удерживая ее за пластмассовую рукоятку в одной руке, а устройство отсчетное

УОЗ-50 - в другой. Изменяя направление оси диполя, добейтесь максимального показания на индикаторе. Если показания на индикаторе слишком малы переключитесь на более чувствительный предел измерения, установив переключатели $\times 0,1/\times 1/\times 10$ и 2/20/200 в соответствующие положения согласно табл.4.

Если на индикаторе появляется символ перегрузки (цифра 1 в левом десятичном разряде индикатора при отсутствии цифр в других разрядах), то это означает, что напряженность ЭП в точке измерения превышает величину установленного предела. Наиболее оптимальным для проведения измерений является предел, на котором можно получить максимальное количество значащих цифр измеряемой величины.

4) Считать показания с индикатора УОЗ-50 и, в зависимости от выбранного предела измерения определить напряженность поля по формуле $E=M \times R$,

где: E - измеренное значение напряженности ЭП, кВ/м;

M - множитель, задаваемый переключателем $\times 0,1/\times 1/\times 10$;

R - число на индикаторе УОЗ-50.

б) При измерении напряженности M

1) Подключить штатный кабель КЗ-50 к разъему на хвостовой части АП типа НЗ-50. Накрутить на АП пластмассовую ручку. Подключить разъем

на свободном конце кабеля к ответной части На УОЗ-50.

2) Выполнить операции контроля питания.

3) Установите переключатель ВЫКЛ/КОНТ/ИЗМ в положение ИЗМ, а переключатели $\times 0,1/\times 1/\times 10$ и 2/20/200 в положения соответствующие пределу измерения 2000 А/м согласно табл.5. Поместите АП в измеряемое МП, удерживая ее за пластмассовую рукоятку в одной руке, а устройство отсчетное УОЗ-50 - в другой. Изменяя направление измерительной оси АП, добейтесь максимального показания на индикаторе. Если показания на индикаторе

слишком малы переключитесь на более чувствительный предел измерения, установив переключатели $\times 0,1/\times 1/\times 10$ и $2/20/200$ в соответствующие положения согласно табл.5. Если на индикаторе появляется символ перегрузки (цифра 1 в левом десятичном разряде индикатора при отсутствии цифр в других разрядах), то это означает, что напряженность МП в точке измерения

превышает величину установленного предела. Наиболее оптимальным для проведения измерений является предел, на котором можно получить максимальное количество значащих цифр измеряемой величины.

4) Считать показания с индикатора УОЗ-50 и, в зависимости от выбранного предела измерения определить напряженность поля по формуле

$$H = M \times R,$$

где: H - измеренное значение напряженности МП, А/м;

M - множитель, задаваемый переключателем $\times 0,1/\times 1/\times 10$;

R - число на индикаторе УОЗ-50

5) После окончания работы с измерителем необходимо выключить питание (перевести в положение ВЫКЛ переключатель ВЫКЛ/КОНТ/ИЗМ), отсоединить составные части прибора друг от друга и уложить в футляр.

Лабораторная работа №6

Тема: «Исследование эффективности средств обеспечения электробезопасности»

1. Цель работы

Оценить опасность прямого прикосновения человека к фазным, проводам электрических сетей напряжением до 1 кВ. Определить влияние активного сопротивления изоляции и емкости фазных проводов относительно земли на опасность поражения человека электрическим током при нормальном и аварийном режимах работы двух типов сети.

2. Теоретическое обоснование

На предприятиях и в организациях на производственные нужды потребляется большое количество электрической энергии.

При эксплуатации и ремонте электрического оборудования возможен контакт человека с токоведущими частями и воздействие электрического тока на организм человека, что может привести к его серьезным поражениям.

Характер воздействия электрического тока на организм человека и тяжесть поражения зависит от многих факторов: величины тока, проходящего через организм человека, рода тока, величины напряжения, частоты тока, пути тока в теле человека, времени действия, сопротивления тела человека, параметров электрической установки и др.

Важнейшим параметром, определяющим степень поражения человека электрическим током, является величина тока, проходящего через его организм.

Для характеристики воздействия электрического тока на организм человека используют три критерия:

пороговый осязаемый ток – его величина для переменного тока равна 0,5 – 1,5 мА, для постоянного – 5 – 7 мА;

пороговый неотпускающий ток – его величина для переменного тока 10 – 15 мА, для постоянного – 50 – 70 мА;

пороговый фибрилляционный ток – его величина для переменного тока 50 – 80 мА, для постоянного – 100 – 300 мА.

Важнейшим параметром, определяющим опасность поражения человека электрическим током, **является длительность воздействия электротока**. С увеличением времени действия электрического тока опасность поражения человека значительно возрастает.

Безопасные величины тока и напряжений в зависимости от времени действия электрического тока, в соответствии с ГОСТ 12.1.038 – 82 ССБТ, приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1

Время действия, сек.	Длительность	до 30	1	0,5	0,2	0,1
Величина тока, мА	1	6	50	100	250	500
Величина напряжения, В	6	36	50	100	250	500

Электробезопасность обслуживающего персонала во многом зависит от режима нейтрали сети. В нашей стране используют следующие режимы нейтрали:

1. Глухое заземление нейтрали генераторов и трансформаторов;
2. Полностью изолированная нейтраль у генераторов;
3. Нормально изолированная нейтраль трансформатора, но в нейтраль включен заземленный пробивной предохранитель.

Для защиты от действия электрического тока применяют ряд методов, в том числе защитное заземление.

Защитное заземление – это преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением вследствие замыкания на корпус или по другим причинам.

Замыкание на корпус – это случайное электрическое соединение токоведущих частей с металлическими нетокведущими частями электроустановки. Это возможно в результате случайного касания токоведущих частей корпуса машины, падение провода на нетокведущие металлические части машин и др.

Назначение защитного заземления – устранить опасность поражения человека электротоком в случае прикосновения к корпусу или другим нетокведущим металлическим частям электроустановки, оказавшимся под напряжением.

Защитное заземление следует отличать от рабочего заземления и заземления молниезащиты.

Рабочее заземление – преднамеренное соединение с землей отдельных точек электрической цепи, например нейтральных точек обмоток генераторов, силовых и измерительных трансформаторов, дугогасящих аппаратов и др. Рабочее заземление предназначено для надежной работы электроустановка в нормальных и аварийных условиях работы.

Заземление молниезащиты – преднамеренное соединение с землей молниеприемников и разрядников с целью отвода от них токов молнии в землю.

Принцип действия защитного заземления – снижение до безопасных значений напряжений прикосновения и шага.

Напряжение прикосновения – это напряжение между двумя точками цепи тока, которых одновременно касается человек.

Напряжение шага – это напряжение между двумя точками цепи тока, находящимися одна от другой на расстоянии шага, на которых одновременно стоит человек. Это достигается путем уменьшения потенциала заземленного оборудования (за счет уменьшения сопротивления заземления), а также путем выравнивания потенциалов основания, на котором стоит человек и потенциала заземленного оборудования.

Защитное заземление рекомендуется применять в сетях напряжением до 1 кВ с изолированной нейтралью, в сетях с напряжением выше 1 кВ – с любым режимом нейтрали.

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

В зависимости от места размещения заземлителя относительно заземляемого оборудования различают два типа заземляющих устройств: **выносное и контурное.**

Выносное заземляющее устройство размещается вне площадки, где расположено заземленное оборудование. Поэтому выносное заземляющее устройство называют также сосредоточенным. Выносное заземление применяют при малых значениях замыкания тока на землю в установках напряжением до 1 кВ, где потенциал заземлителя не выше допустимого напряжения прикосновения.

При **контурном заземлении** одиночные заземлители располагаются равномерно по периметру площадки, где расположено заземляемое оборудование. Поэтому контурное заземляющее устройство называется также **распределенным**. Внутри защищаемого контура достигается выравнивание потенциалов земли, что определяет минимальное значение напряжения прикосновения и шага.

Допустимое значение сопротивления заземляющих устройств регламентируется Правилами устройства электроустановок (ПУЭ).

Значения сопротивления заземления:

для электроустановок напряжением до 1 кВ при изолированной нейтрали трансформаторов и генераторов сопротивление защитного заземления не должно превышать 4 Ом;

сопротивление защитного заземления 0,5 Ом в установках напряжением свыше 1000 В и большими токами замыкания на землю (500 А и более);

сопротивление защитного заземления не должно превышать 10,0 Ом при напряжениях менее 1000 В в пожароопасных помещениях.

Заземлители могут быть искусственные, предназначенные исключительно для целей заземления, и естественные – находящиеся в земле металлические предметы иного назначения.

Для искусственных заземлителей применяют обычно вертикальные и горизонтальные электроды.

В качестве вертикальных электродов часто используются стальные трубы с толщиной стенки не менее 3,5 мм и диаметром 5 – 6 см, трубы диаметром 40–80 мм и длиной до 3 м, угловая сталь с толщиной полок не менее 4 мм длине 2,5 – 3 м. Широко применяется также прутковая сталь диаметром не менее 10 мм, длиной до 10 м.

Для связи вертикальных электродов и в качестве самостоятельного горизонтального электрода применяется полосовая сталь сечением не менее 4 х 12 мм и сталь круглого сечения диаметром не менее 6 мм.

В качестве естественных заземлителей могут использоваться: проложенные в земле, водопроводные и другие металлические трубы (за исключением трубопроводов горючих жидкостей или взрывоопасных газов), металлические и железобетонные конструкции здания и сооружений, имеющие соединения с землей и др.

Расчет заземляющего устройства сводится к определению числа вертикальных заземлителей и длины соединительной полосы. При этом общее сопротивление заземляющего устройства не должно превышать значений, установленных требованиями ПУЭ – 86.

Сопротивление растеканию тока от одиночного вертикального заземлителя, помещенного на глубину t_0 определяют по формуле

$$R_{\text{в}} = \frac{\rho_{\text{расч}}}{2 * \pi * l} * \left(\ln \frac{2 * l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t + l}{4t - l} \right) \quad (6.1)$$

где $R_{\text{в}}$ – сопротивление растеканию тока одиночного вертикального заземлителя, Ом;

$\rho_{\text{расч}}$ – расчетное удельное сопротивление грунта, Ом м. (принимается по таблице 6.1 в зависимости от вида грунта с учетом коэффициента коэффициента сезонности Ψ ; учитывающего возможность повышения сопротивления грунта в течение года. ($\Psi = 1,6$);

l – длина вертикального заземлителя, м;

d – наружный диаметр заземлителя, м;

t – расстояние от середины заземлителя до поверхности грунта, м. $t = t_0 + l/2$;

t_0 – расстояние от поверхности грунта до заглубленного заземлителя, м.

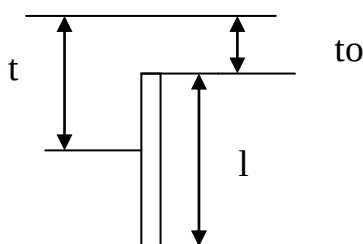


Таблица 6.1 – Удельное сопротивление грунта

Вид грунта	Удельное сопротивление грунта при влажности 10-20%, Ом м
Торф	40
Глина	70
Каменистая глина	100
Суглинок	150
Чернозем	200
Супесь	400
Песок	900
Известняк, мергель	1400
Скальный грунт	3000

Расчетное сопротивление грунта $\rho_{расч}$, Ом, для однослойной модели земли определяют по формуле

$$\rho_{расч} = \rho * \Psi, \quad (6.2)$$

где Ψ – коэффициент сезонности, учитывающий возможность повышения сопротивления грунта в течение года (таблица 6.1).

Упрощенные формулы для расчета:

$$R_{\text{в}} = 0,366 * \frac{\rho_{расч}}{l} * \lg \frac{4 * l}{d} \quad (6.3)$$

$$R_{\text{в}} = 0,9 * \frac{\rho_{расч}}{l} \quad (6.4)$$

Затем определяют приближенное число вертикальных заземлителей N по формуле

$$N = R_{\text{в}} / R_{\text{доп}}, \quad (7.5)$$

где $R_{\text{доп}}$ – допустимое сопротивление заземляющего устройства, Ом (ПУЭ–86).

Таблица 6.2 – Нормируемые значения величины сопротивления растеканию тока заземляющих устройств (для электроустановок напряжением до 1000 В)

Вид заземления	Напряжение в сети, В		
	220/127	380/220	660/380
	Нормируемое сопротивление, Ом		
Рабочее заземление нулевой точки трансформатора (генератора)	8	4	2
Повторное заземление нулевого провода на вводе в объект	20	10	5
Повторное заземление нулевого провода на воздушной линии	60	30	15

По числу вертикальных заземлителей и расстоянию между ними по графику (рисунок 6.1) определяют коэффициент использования вертикальных заземлителей

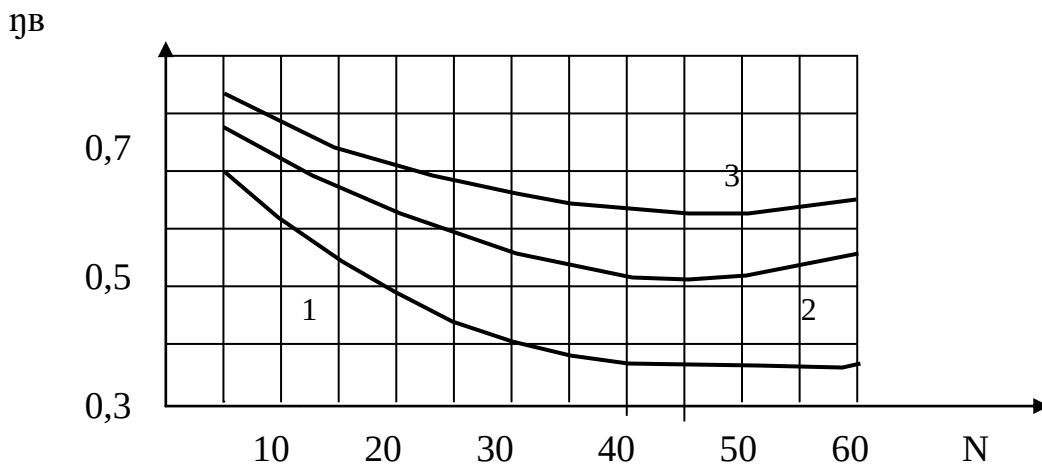


Рисунок 6.1 – График для определения коэффициента использования вертикальных заземлителей η_v (отношение расстояния между заземлителями к их длине (L^1/l): 1 – 1; 2 – 2; 3 – 3.)

Число вертикальных заземлителей с учетом коэффициента использования вертикальных заземлителей находят по формуле

$$N_1 = R_v / (R_{\text{доп}} * \eta_v) \quad (6.6)$$

Сопротивление соединительной полосы определяют по формуле

$$R_n = \frac{\rho_{\text{расч}}}{2 * \pi * L_n} * \ln \frac{2L_n^2}{B * t_0}, \quad (6.7)$$

где B – ширина полосы, м;

L_n – длина полосы, м

$$L_n = K * (N_1 - 1), \quad (6.8)$$

где K – расстояние между соседними вертикальными заземлителями, м

Упрощенные формулы

$$R_n = 2 \frac{\rho_{\text{расч}}}{L_n} \quad (6.9)$$

$$R_n = 0,366 \frac{\rho_{\text{расч}}}{L_n} * \lg \frac{2L_n^2}{B * t_0} \quad (6.10)$$

По графику (рисунок 6.2) находят коэффициент использования соединительной полосы.

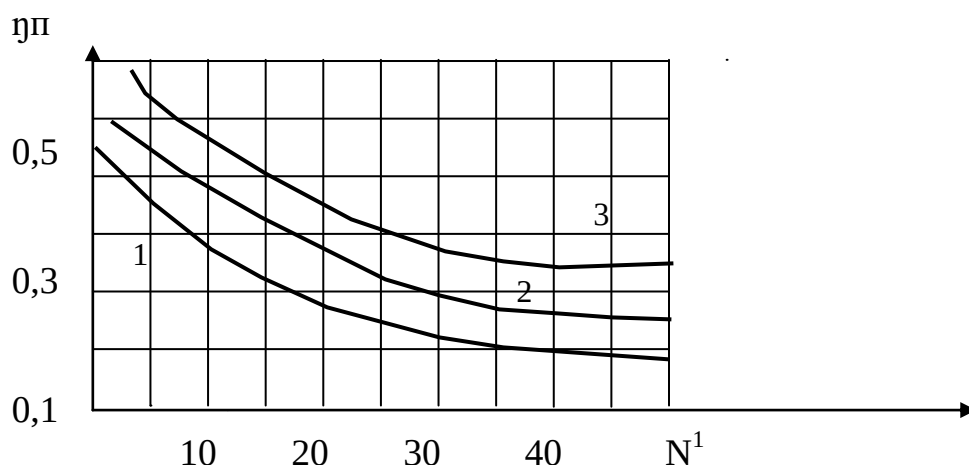


Рисунок 6.2 – График определения коэффициента использования соединительной полосы (отношение расстояния между заземлителями к их длине (L^1 / l): 1 – 1; 2 – 2; 3 – 3.)

Вычисляем общее сопротивление заземляющего устройства

$$R_{общ} = \frac{R_{\vartheta} * R_n}{R_{\vartheta} * \mu_{\vartheta} + R_n * \mu_n * n} \quad (6.11)$$

Правильно рассчитанное заземляющее устройство должно отвечать требованиям $R_{общ} \leq R_{доп}$.

Если данное условие не выполняется, то необходимо увеличить число вертикальных заземлителей.

После расчета количества вертикальных заземлителей и определения общего сопротивления растеканию тока (заземляющего устройства) необходимо выбрать схему заземляющего устройства и показать её на эскизе.

3. Оборудование и материалы

Интерактивный электрифицированный стенд «Электробезопасность» представляет собой стенд с раздельной световой индикацией, на которой проиллюстрированы наиболее характерные случаи нарушения правил электробезопасности при работе с электроустановками и средства защиты от поражения электрическим током. В конструкцию учебного оборудования интегрирован высокочувствительные сенсоры для управления стендом при

помощи магнитного воздействия приемно-передающих устройств. Предусмотрено два режима эксплуатации: «Обучение» и «Контроль». В режиме «Обучение» при помощи элемента управления по контролю и обучению или с помощью пульта дистанционного управления выбирается одно из правил.

Выбранная секция отмечается светодиодной подсветкой и сопровождается подробным голосовым описанием «Виртуального учителя», который повествует о средствах защиты при работе с электроустановками

В режиме «Контроль» программный код управления генерирует случайный вариант вопроса. При правильном или неправильном задании ответа загорается соответствующая принятым стандартам светодиодная индикация, неверный ответ также сопровождается шумом, имитирующим удар электрическим током.

Громкость «Виртуального учителя» регулируется при помощи сенсорного регулятора громкости, расположенного на лицевой стороне стенда, либо при помощи пульта дистанционного управления.

4. Указания по технике безопасности

1. К работе со стендом допускаются студенты после ознакомления с методическими указаниями по выполнению лабораторных: работ, ознакомленные с устройством и принципом действия стенда и правилами поведения в лаборатории «Безопасность труда».

2. В лаборатории запрещается находиться в верхней одежде, трогать и прикасаться к приборам, и установкам, не предназначенным для выполнения данной, работы.

3. Включать в сеть лабораторный можно после проверки исправности защитного заземления, проверки преподавателем усвоения материала лабораторной: работы и с его разрешения.

4. Во время проведения работы соединять схемы можно только

используя стандартные переключатели не прикасаясь при этом к корпусу установки.

5. После выполнения замеров отключить установку, привести рабочее место в порядок и сообщить об окончании замеров преподавателю.

6. В лаборатории «Безопасность труда», соблюдать образцовую дисциплину, содержать рабочее место в идеальном санитарном состоянии.

5. Задания

5.1 Изучить в режиме «Обучение» основные вопросы обеспечения электробезопасности. Стенд позволяет получить информацию по следующим вопросам:

- работа со скрытой проводкой;
- установка выключателя в нулевом проводе;
- установка переносных заземляющих устройств в закрытом распределительном устройстве (ЗРУ);
- ремонт линейного разъединителя;
- указатели напряжения до 1000 В;
- предохранители;
- замена предохранителей;
- переносные заземления;
- заземление на воздушной линии с самонесущими изолированными проводами (СИП);
- подвеска проводов на разных уровнях;
- опасность однофазного и двухфазного прикосновения;
- предупредительные плакаты;
- эксплуатация предохранителей;
- работа с электроинструментом;
- горизонтальная подвеска проводов;
- индивидуальные комплекты экранирующей одежды;

- ограждение рабочего места;
- опасность двойного замыкания на землю;
- работа с применением грузоподъемных кранов;
- порядок осмотра электроустановок;
- указатели напряжения выше 1000 В;
- изолирующие лестницы и предохранительные монтерские пояса;
- шаговое напряжение;
- оборванный провод;
- установка предохранителя в нулевой провод;
- защитное заземление;
- двухполюсный указатель напряжения;
- бесконтактный сигнализатор напряжения.

5.2 Пройти тестирование в режиме «Контроль».

5.3 выполнить задание по теме работы

6. Содержание отчета

1. Титульный лист
2. Цель работы.
3. Краткий конспект теоретического материала.
4. Ответы на контрольные вопросы.
5. Результаты тестирования
6. Выводы.
7. Ваши предложения по совершенствованию лабораторной работы.

7. Контрольные вопросы

Контрольные вопросы

Базовый уровень

1. Какое действие оказывает электрический ток, проходя через тело человека?

2. Какие виды поражения человека электрическим током происходят на практике?

3. От чего зависят характер воздействия электрического тока на организм человека и тяжесть поражения?

4. Какой электрический ток опасен для человека?

5. Как влияет время действия электрического тока на опасность поражения?

6. Какие режимы нейтрали используют на практике.

7. Какие задачи можно решить при помощи лабораторного стенда БЖ 06/1?

Повышенный уровень

1. *Какую опасность представляет прямое прикосновение человека к проводам с изолированной и заземленной нейтралью?*

2. *Как зависит величина тока проходящего через тело человека от активного сопротивления фазных проводов?*

3. *Как зависит величина тока, проходящего через тело человека от емкости фазных и нулевого провода?*

8. Рекомендуемая литература и Интернет-ресурсы

1. Безопасность труда: Учебник для вузов. Изд. 4-е /С.В. Белов, А.В. Ильницкая, А.Ф. Козьяков и др./Под общ. ред. С.В. Белова.- М.: Высшая школа, 2009 – 325 с.

Лабораторная работа №7

Определение зависимостей, характеризующих явления при стекании тока в землю через защитный заземлитель

1. Цель работы: выявить зависимости, характеризующие явления при стекании тока в землю через различные виды заземлителей.

2. Теоретическая часть

Стекание тока в землю происходит только через проводник, находящийся с нею в непосредственном контакте. Такой контакт может быть случайным или преднамеренным.

В последнем случае проводник или группа соединенных между собой проводников, находящихся в контакте с землей, называется *заземлителем*.

Причинами стекания тока в землю является замыкание токоведущей части на заземленный корпус электрического оборудования или падение провода на землю либо использование земли в качестве провода и т. п. Во всех этих случаях происходит резкое снижение потенциала φ_3 , заземлившейся токоведущей части до значения, равного произведению тока, стекающего в землю, I_3 , на сопротивление заземлителя растеканию тока R_3 .

$$\varphi_3 = I_3 R_3 . \quad (1)$$

Это явление используют как меру защиты от поражения током при случайном появлении напряжения на металлических нетоковедущих частях, которые с этой целью заземляют. Однако наряду с понижением потенциала заземлившейся токоведущей части при стекании тока в землю возникают и отрицательные явления, появляется потенциал на заземлителе и находящихся в контакте с ним металлических частях, а также на поверхности грунта вокруг места стекания тока в землю. Возникающие при этом разности потенциалов отдельных точек электрической цепи протекания тока, в том числе точек на

поверхности земли, достигают больших значений и представлять опасность для человека.

Значение потенциалов, их разностей и характер изменений, а, следовательно, и обусловленная ими опасность поражения человека током зависят от многих факторов:

- значения тока, стекающего в землю;
- конфигурации, размеров, числа и взаимного расположения электродов;
- удельного сопротивления грунта и др.

Воздействуя на некоторые из этих факторов можно снизить разности потенциалов, действующие на человека, до безопасных значений.

2.1.Заземлитель с полусферическим электродом

Заземлитель с полусферическим электродом – заземлитель со сферическим электродом, заглубленный так, что его центр находится на уровне земли.

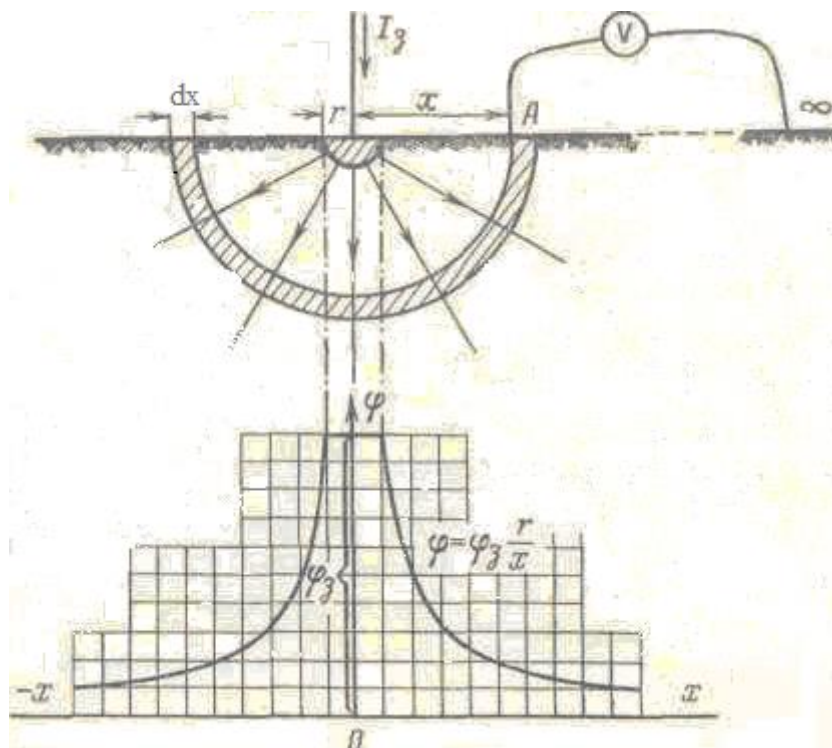


Рисунок 7.1 - Распределение потенциала на поверхности земли вокруг заземлителя с полусферическим электродом

Для такого заземлителя уравнение потенциальной кривой на поверхности земли будет равно

$$\varphi_3 = \frac{I_3 \rho}{2\pi x}, \quad (7.2)$$

Потенциал заземлителя φ_3 , будет при x , равном радиусу заземлителя r , т. е.

$$\varphi_3 = \frac{I_3 \rho}{2\pi r}, \quad (7.3)$$

Разделив (2) на (3), получим

$$\varphi = \varphi_3 r \frac{I}{x}, \quad (7.4)$$

2.2.Заземлитель с вертикальным трубчатым электродом

Рассмотрим заземлитель с вертикальным трубчатым электродом длиной l , и диаметром d , погруженный в землю так, чтобы его верхний конец был на уровне земли.

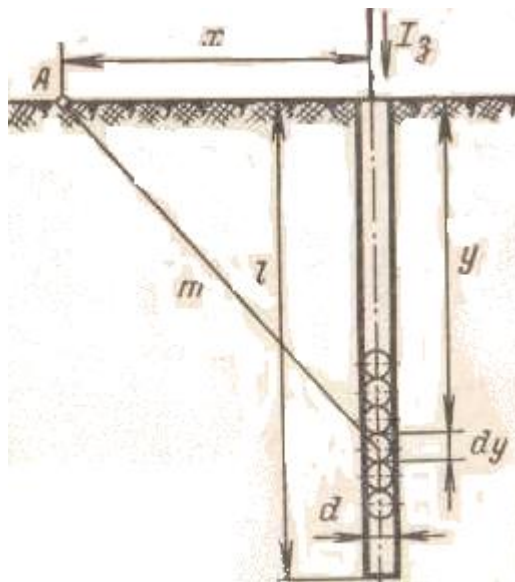


Рис. 7.2 - Определение уравнения потенциальной кривой заземлителя с вертикальным трубчатым электродом

С заземлителя стекает ток I_3 . Найдем выражение для расчета потенциала точек на поверхности земли и потенциала заземлителя.

Разбиваем заземлитель по длине на бесконечно малые участки каждый длиной dy и диаметром dy .

С каждого такого участка в землю стекает ток, который обуславливает возникновение элементарного потенциала $d\varphi$, в некоторой точке земли.

$$dI_3 = \frac{I_3}{l} dy, \quad (7.5)$$

Рассмотрим точку А на поверхности земли, отстоящую от оси заземлителя на расстоянии x .

Потенциал этой точки будет равен

$$d\varphi = \frac{dI_3 \rho}{2\pi} \cdot \frac{1}{m}, \quad (7.6)$$

Учитывая, что $m = \sqrt{x^2 + y^2}$, и заменяя dI_3 его значением из формулы (4), получаем

$$d\varphi = \frac{I_3 \rho}{2\pi l} \cdot \frac{dy}{\sqrt{x^2 + y^2}}, \quad (7.7)$$

Проинтегрировав это уравнение по всей длине заземлителя (от 0 до l), получим искомое уравнение для потенциала точки А, т. е. уравнение потенциальной кривой

$$d\varphi = \frac{I_3 \rho}{2\pi l} \int_0^l \frac{dy}{\sqrt{x^2 + y^2}} = \frac{I_3 \rho}{2\pi l} \ln \frac{\sqrt{x^2 + l^2} + l}{x}, \quad (7.8)$$

Потенциал заземлителя φ_3 , будет, при $x = 0,5d$ т. е.

$$\varphi_3 = \frac{I_3 \rho}{2\pi l} \ln \frac{\sqrt{(0,5d)^2 + l^2} + l}{0,5d}, \quad (7.9)$$

Здесь $0,5 d \ll l$, следовательно, первым слагаемым под корнем можно пренебречь. Тогда это уравнение примет вид

$$\varphi_3 = \frac{I_3 \rho}{2\pi l} \ln \frac{4l}{d}, \quad (7.10)$$

На рис. 2.3 показана потенциальная кривая заземлителя с вертикальным трубчатым электродом с отношением размеров $l : d = 50$.

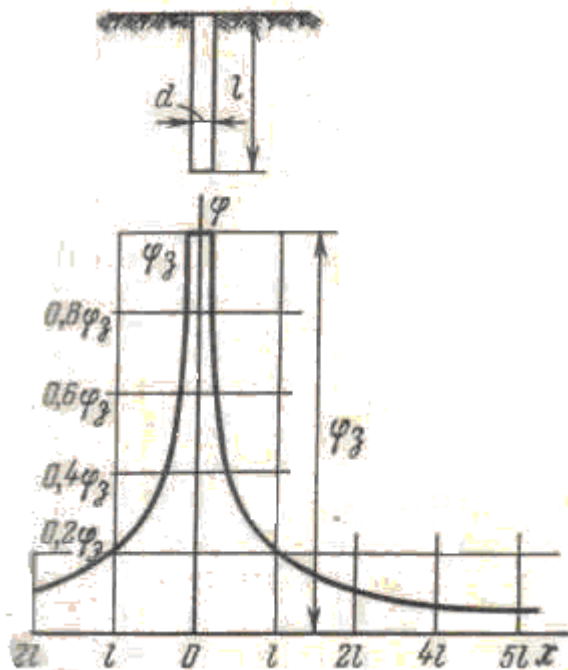


Рис. 7.3 - Распределение потенциала на поверхности земли вокруг заземлителя с вертикальным трубчатым электродом с размерами $l : d = 50$ ($l = 2,5$; $d = 0,05$)

2.3 Шаговое напряжение

Шаговое напряжения возникает между ногами человека в следствии не равномерного распределения потенциала заземлителя по земле (рис. 7.4). Точка касания ноги расположенная ближе к заземляющему электроду будет иметь больший потенциал, по сравнению с более удаленной. Следовательно, между двумя точками касания на расстоянии шага (0,8 м) существует разность потенциала. Эта разность и называется шаговым напряжением.

Величина шагового напряжения зависит от величины шага и от расстояния x от заземлителя. Шаговое напряжения для полусферического электрода можно найти на основании (4) по следующему выражению:

$$U_{ш} = \varphi - \varphi_a = (r\varphi_3/x) - (r\varphi_3/x+a) = r\varphi_3 a/x(x+a) \quad (7.11)$$

Как видно $U_{ш1} > U_{ш2}$ если расстояние от заземлителя больше. Следовательно, по мере удаления от места замыкания вытечена шагового напряжения уменьшается. Шаговое напряжения на расстоянии 10..20 м от места замыкания практически не представляет опасность.

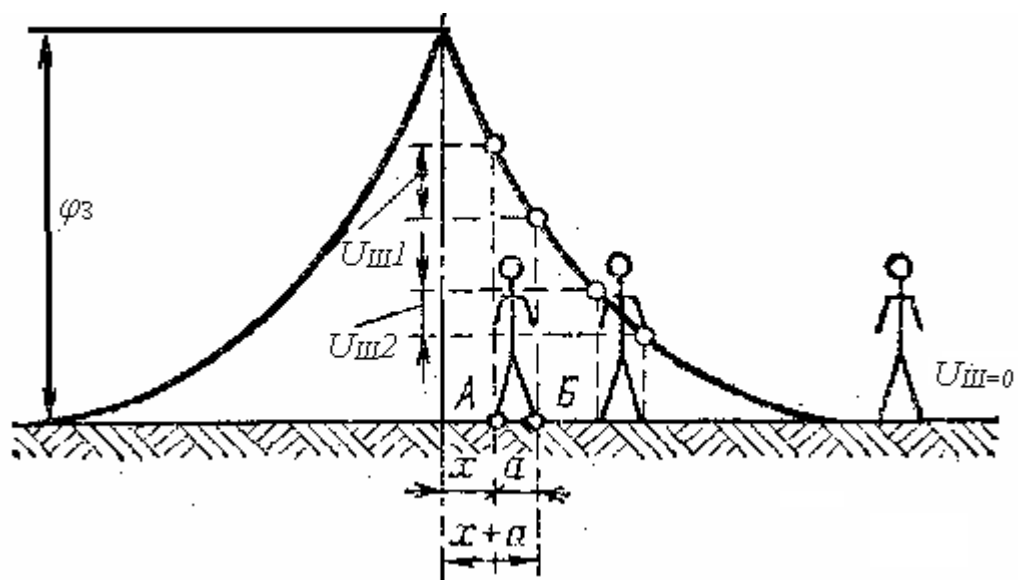


Рисунок 7.4 – шаговое напряжение

3. Экспериментальная часть

3.1 Описание лабораторной установки

В лабораторной работе используются следующие блоки:

- блок линейных дросселей;
- трехфазный источник питания;
- блок мультиметров;
- трехфазный трансформатор;
- модель сферического, трубчатого вертикального и протяженного трубчатого заземлителя.

3.3 Порядок выполнения работы

Работа осуществляется в следующей последовательности:

1. Соедините гнезда защитного заземления всех блоков, используемых в эксперименте, с гнездом "PE" трехфазного источника питания желтыми проводами с зеленой полосой.

2. Соедините аппаратуру в соответствии с электрической схемой соединений рис 2.6

3. Используйте модель заземлителя с полусферическим заземлителем

4. Включите трехфазный источник питания и питание блока мультиметров.

5. Снимите следующие зависимости от расстояния x :

- потенциала точек земли (т.1-т.12) в зоне растекания тока $\varphi = f(x)$,
- напряжение прикосновения $U_{\text{пр}} = f(x)$,
- шагового напряжения $U_{\text{ш}} = f(\Delta x)$, для этого:

5.1 установить удельное сопротивления грунта $\rho = 700$ (песок);

5.1.1 включив вольтметр блока мультиметров между гнездом « » и гнездами, соответствующих точек земли (т.1-т.12), снять зависимость $\varphi = f(x)$;

5.2 включив вольтметр блока мультиметров между гнездом «0» и гнездами, соответствующих точек земли (т.1-т.12), снять зависимость напряжения прикосновения $U_{\text{пр}} = f(x)$;

5.3 включив вольтметр между соседними гнездами соответствующих точек земли (т.1-т.12), измерить $U_{\text{ш}} = f(\Delta x)$

5.4 полученные данные занести в табл. 7.1

6. Ток стекания в землю контролируйте с помощью амперметра блока мультиметров. **Он не должен превышать 0,5 А!**

7. Провести аналогичные измерения для удельного сопротивления грунта $\rho = 200$ (чернозем) и $\rho = 100$ (суглинок).

11. По завершении эксперимента отключите трехфазный источник питания и питание блока мультиметров.

12. По результатам измерений постройте график изменения потенциала основания от расстояния $\varphi_{\text{ОСН}} = f(x)$ в одних осях для трех типов грунта.

12. Используйте полученные зависимости для формулирования выводов о влиянии на электробезопасность удельного сопротивления грунта, в котором он заложен, и расстояния от заземлителя до места установки защищаемого электрооборудования.

Рисунок 7.5 - Схема лабораторного стенда

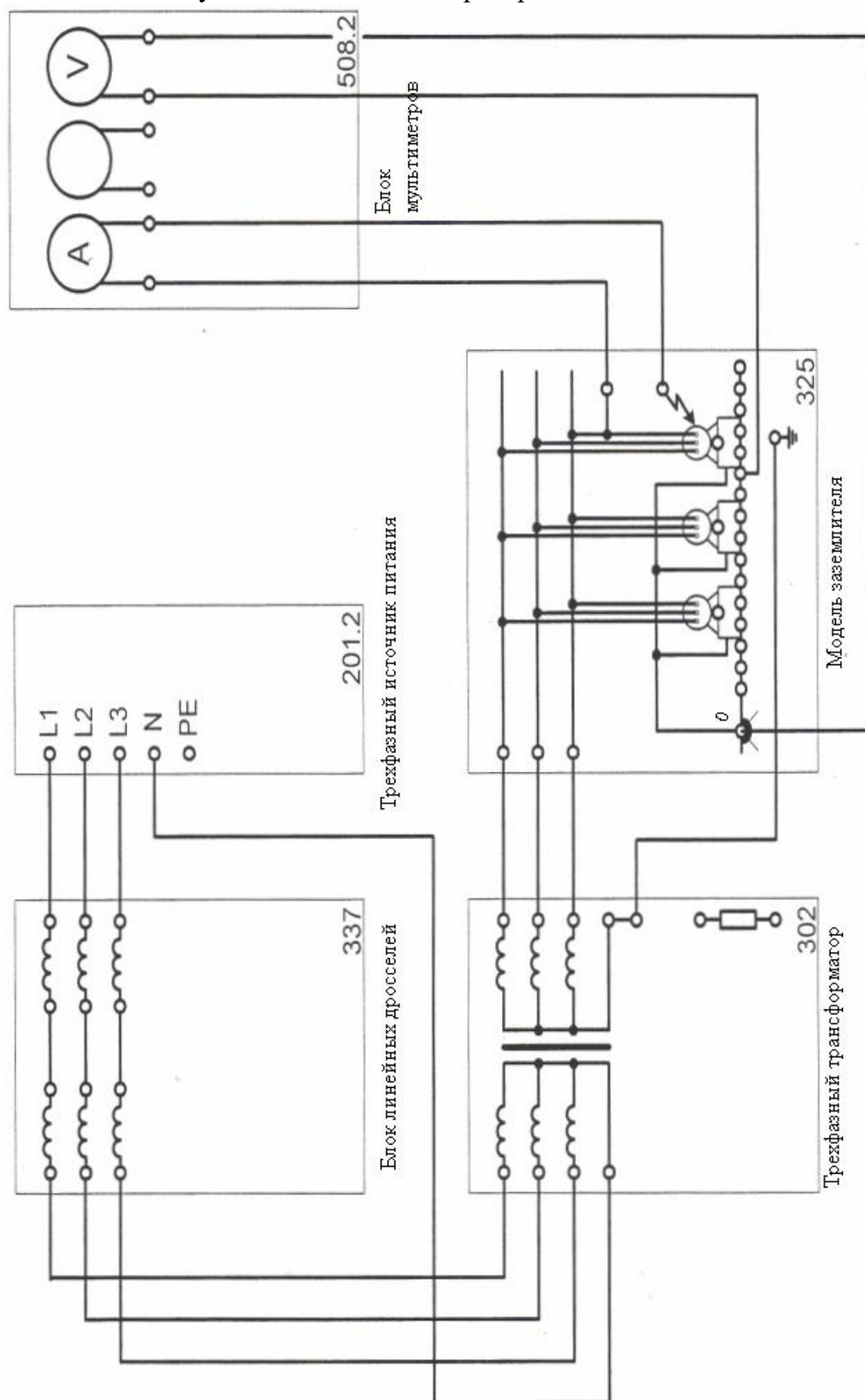


Таблица 7.1.

Измеренные значения

Вид заземлителя			Заземлитель с полусферическим электродом (325)											
			$\rho=700$ (песок);				$\rho=200$ (чернозем);				$\rho=100$ (суглинок);			
№	x	Δx	φ , В	I, А	$U_{\text{пр}}$, В	$U_{\text{ш}}$, В	φ , В	I, А	$U_{\text{пр}}$, В	$U_{\text{ш}}$, В	φ , В	I, А	$U_{\text{пр}}$, В	$U_{\text{ш}}$, В
1	0	0-0,8												
2	0,8	0,8-1,6												
3	1,6	1,6-2,4												
4	2,4	2,4-3,2												
5	3,2	3,2-4												
6	4	4-4,8												
7	4,8	4,8-5,6												
8	5,6	5,6-6,4												
9	6,4	6,4-7,2												
10	7,2	7,2-8												
11	8	8-8,8												
12	8,8	8,8-9,6												
13	9,6	9,6-10,4												
14	10,4	10,4-11,2												
15	11,2	11,2-12												
16	12													

Контрольные вопросы

1. Причина возникновения шагового напряжения?
2. Как распределяется потенциал на поверхности грунта в зоне растекания тока с заземляющего электрода.
3. На каком расстоянии начинается «земля» с нулевым потенциалом?
4. Как зависит напряжения прикосновения заземленного корпуса от расстояния от места замыкания на землю?
5. Как влияет величина напряжения прикосновения на величину сопротивления растеканию заземляющего устройства?

Лабораторная работа №8

Тема: «Определение концентрации вредных веществ»

1. Цель работы: получить практические навыки по измерению концентрации вредных веществ в производственных помещениях

2. Теоретическая часть

В воздухе помещений образуется целый ряд вредных веществ, в том числе углекислый газ. Его допустимое значение в объемных процентах не должно превышать 2% (в атмосфере его содержание 0,03%).

Углекислый газ относится к вредным веществам, ибо повышенное содержание его в воздухе может вызвать отклонения в состоянии здоровья.

Вредные вещества способны проникать в организм человека через органы дыхания, пищеварения или кожу. Вредное действие их определяется как свойствами самого вещества (химическая структура, физико-химические свойства, количество попавшего в организм - доза или концентрация - сочетание вредных веществ, находящихся в организме), так и особенностями организма человека (индивидуальная чувствительность к химическому веществу, общее состояние здоровья, возраст, условия труда).

Для количественной оценки вредного воздействия на человека химического вещества в промышленной токсикологии используют две группы показателей: показатели, характеризующие степень токсичности и показатели, характеризующие возможность отравления. Степень токсичности вещества характеризуют следующие показатели:

1. Средняя смертельная концентрация в воздухе (CL_{50}) – концентрация вещества, вызывающая гибель 50% животных при двух-, четырехчасовом ингаляционном воздействии на мышей или крыс;
2. Средняя смертельная доза при введении в желудок ($DL_{50ж}$) – доза вещества, вызывающая гибель 50% животных при однократном введении в желудок;

3. Средняя смертельная доза при нанесении на кожу (DL_{50K}) – доза вещества, вызывающая гибель 50% животных при однократном нанесении на кожу;
4. Порог хронического действия (Lim_{cr}) – минимальная концентрация вредного вещества, вызывающая вредное действие в хроническом эксперименте по 4 часа 5 раз в неделю на протяжении не менее 4 месяцев;
5. Порог острого действия (Lim_{ac}) – минимальная концентрация вредного вещества, вызывающая изменение биологических показателей на уровне целостного организма, выходящих за пределы приспособительных физиологических реакций;
6. Предельно допустимая концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны (ПДК р.з) – такая концентрация вещества в воздухе рабочей зоны, которая при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 часов или другой продолжительности, но не более 40 часов в неделю, в течение всего рабочего стажа не может вызвать заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами исследования в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений

Показатели возможности отравления:

1. Коэффициент возможного ингаляционного отравления (КВИО) – отношение максимально достигаемой концентрации вредного вещества в воздухе при 20°C к средней смертельной концентрации вещества для мышей.
2. Зона острого действия (Lim_{ac}) – отношение среднесмертельной концентрации к порогу острого действия.
3. Зона хронического действия (Lim_{cr}) – отношение порога острого действия к порогу хронического действия.

Методики определения вредных примесей в воздухе помещений, в основу которых положены физические, физико-химические и биологические процессы делят на три группы:

- лабораторные;
- автоматические;

- экспресс – методы.

Наиболее точными являются лабораторные методы – фотометрические, хроматографические, люминесцентные и др.

Они позволяют уловить минимальное содержание вредных веществ, но сложны, предполагают большую продолжительность анализа.

Автоматические методы обеспечивают непрерывность, достаточную точность, объективность анализа.

В зависимости от оцениваемых свойств среды их делят на:

- механические (зависимость плотность газовой смеси от концентрации компонента);
- акустические (зависимость скорости поглощения звуковых волн от концентрации);
- магнитные (зависимость физических свойств смеси в магнитном поле от концентрации);
- тепловые (зависимость теплопроводности от концентрации).

Экспресс – методы выполняются при помощи газоанализаторов разового действия. Они достаточно просты и позволяют в короткий промежуток времени (3 - 20 мин) получить информацию о содержании вредных веществ.

К ним относятся:

- фотоколориметрические;
- термохимические;
- колориметрические;
- линейно – колориметрические;
- спектрофотометрические и др. методы анализа.

Колориметрические методы основаны на протягивании воздуха, содержащего загрязняющие вещества через раствор, фильтровальную бумагу, зернистый твердый сорбент и измерение интенсивности полученной

на них окраски путем сравнения со стандартными шкалами (образцами – эталонами) с указанной на них концентрацией исследуемого вещества.

Линейно – колориметрический метод основан на протягивании исследуемого воздуха через стеклянные индикаторные трубки и измерении длины окрашенного столбика порошка по заранее приготовленным шкалам, показывающим зависимость этой длины от концентрации данного вещества.

Наибольшее распространение получили химические экспрессные газоопределители типа ГХ и УГ (рисунки 7.1, 7.2).

Они включают в себя воздухозаборное устройство и набор индикаторных трубок для определения концентрации вредных веществ.

Газоанализатор УГ-2 предназначен для определения в воздухе производственных помещений концентрации 14 вредных газов (паров).

Техническая характеристика прибора:

Продолжительность проведения одного анализа5 – 7 мин

Допускаемая погрешность, % ... $\pm$ 10 от верхнего предела каждой шкалы.

Измерение концентрации проводят при параметрах:

- барометрическое давление, Па90000 – 101000;
- относительная влажность, %.....30 - 80;
- температура, °С15 - 30.

Погрешность измерения составляет $\pm$ 35 % в диапазоне от 0,5 до 2,0 ПДКр.з и $\pm$ 25% при концентрациях свыше 2 ПДКр.з.

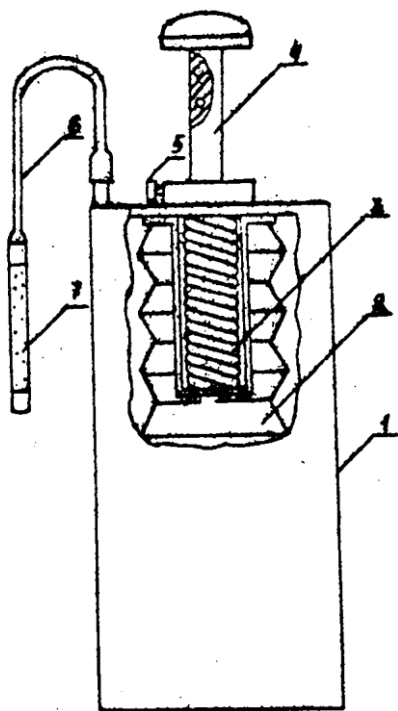


Рисунок 8.1 – Газоанализатор УГ-2:

1 – корпус; 2 – резиновый мех сильфона; 3 – пружина; 4 – шток; 5 – фиксатор-стопор; 6 – резиновая трубка; 7 – трубка с индикаторным порошком.

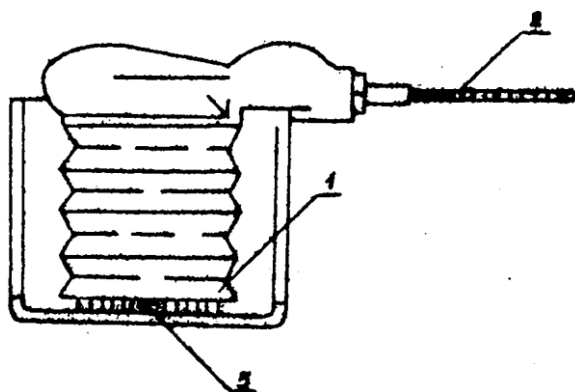


Рисунок 8.2 – Химический газоопределитель ГХ-4:

1 – меховой аспиратор; 2 – индикаторная трубка; 3 – клапан для выхода воздуха при сжатии меха.

Порядок работы с прибором ШИ – 10, ШИ – 11 (шахтный интерферометр) (рисунок 7.3)

Действие прибора основано на измерении смещения интерференционной картины вследствие отклонения луча из-за изменения внутреннего состава газовой среды в приборе. Он включает штуцер 1 для

засасывания в прибор газа из бокса; распределительный кран 2 для определения вида измеряемого газа (CO_2 или CH_4); окуляр 3 для наблюдения за интерференционной картиной; штуцер с фильтром 4 для подключения насоса – груши; микровинт 5 для установки интерференционной картины на «О» шкалы; переключатель 6 для установления режима работы прибора («И» – измерение, «К» – контроль); кнопку 7 включения лампы подсветки; патрон с лампой 8; крышку 9 отделения для помещения поглотительного патрона.

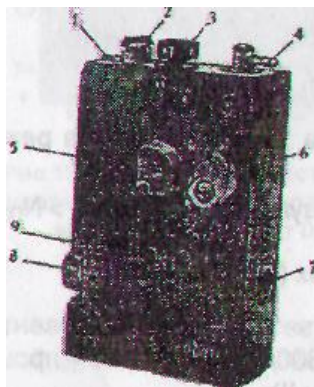


Рисунок 8.3 – Общий вид прибора ШИ – 10

Порядок измерений.

В лабораторных условиях концентрация CO_2 создается в боксе. При невозможности взять пробу анализируется воздух ЗС. Для этого необходимо:

Произвести проверку нулевого положения интерференционной картины:

- отстегнуть клапан футляра;
- переключатель 6 поставить в положение «К»;
- прокачать с помощью груши 3 – 4 раза прибор чистым воздухом, если проба будет из бокса;
- нажать кнопку включения лампы 7 и посмотреть в окуляр 3 на положение интерференционной картины. Если интерференционная картина не сместилась относительно нулевой отметки шкалы, переключатель 6 поставить в положение «И» и застегнуть клапан;

- если картина сместилась относительно нулевой отметки, то микровинтом 5 вернуть ее на нуль (путем совмещения левой черной полосы с нулевой отметкой неподвижной шкалы);
- штуцер 1 соединить резиновой трубкой со штуцером на корпусе бокса, если проба из бокса.

2. Оборудование и материалы

Микрокалькулятор, программное обеспечение MicrosoftOffice, газоанализатор УГ-2.

3. Указания по технике безопасности

При выполнении работы студенты должны руководствоваться общими для учебных аудиторий правилами техники безопасности.

4. Указания по порядку выполнения работы

1. Занести в рабочую тетрадь ключевые понятия и нормативную информацию по теме практической работы.

2. Определить содержание углекислого газа в помещении. Произвести два измерения с интервалом 3...4 мин. Данные измерений занести в таблицу 9.1.

Для проведения измерений распределительный кран 2 поставить в положение «CO₂». Путем трех сжатий резиновой груши пробу прокачать через прибор. Если в набранной пробе имеется примесь CO₂, то интерференционная картина, наблюдаемая в окуляр 3, после нажатия кнопки 7 сместится вправо вдоль шкалы. По смещенному положению левой черной полосы интерференционной картины производится отсчет делений шкалы с точностью до 0,1%.

Таблица 8.1 – Концентрация CO₂ в ЗС

Измерения	1	2	C _{ср}
Содержани			

е углекислого
газа, CO₂, %

3. Определить среднее содержание углекислого газа и сравнить его с нормативным (1,5 – 2%).

Если концентрация определялась газоанализатором УГ-2 произвести пересчет концентрации из единиц массы в объемные единицы измерения по формуле

$$V = \frac{B_n * (273 + t) * G * 22,4 * 100}{273 * B_t * M}, \% \quad (8.1)$$

где B_n – нормальное атмосферное давление, Па. $B_n = 101325$ Па;

t – температура воздуха в помещении, °С;

G – концентрация газа при температуре, °С и давлении воздуха B_t , г/л;

22,4- постоянная величина, характеризующая объем одной граммолекулы газа (л) при 0 °С и нормальном атмосферном давлении;

M – молекулярная масса газа, г/моль.

Пример расчета.

Фактическая концентрация паров бензола (C₆H₆) в помещении составила 1800 мг/м³. Температура воздуха 24 °С. Барометрическое давление 99600 Па. Молекулярная масса газа 78 г/моль.

$$V = \frac{101325 * (273 + 24) * 0,0018 * 22,4 * 100}{273 * 99600 * 78} = 0,582 \% noV \quad (8.2)$$

4. Найти время безопасного пребывания укрываемых в ЗС ($t_{без}$) до достижения допустимого значения объемной концентрации углекислого газа (CO₂) $C_{об} \leq 2\%$ (проводится только при режиме полной изоляции) по формуле

$$t_{\text{без}} = \frac{C_{\text{об}} * W_{\text{об}} * 1000}{N_{\text{об}} * B * 100}, \text{ч}, \quad (8.3)$$

где $W_{\text{об}} - 1500 \text{ м}^3$ – объем ЗС;

B – количество CO_2 , выделяемого одним человеком, 15 – 20 л/ч (человек поглощает $A \geq 25$ л/мин);

$N_{\text{об}} = N_{\text{об}1} + N_{\text{об}2}$ – число укрываемых в ЗС.

При $t_{\text{без}} < 72$ ч необходимо разработать рекомендации по увеличению значения $t_{\text{без}}$.

5. Определить интенсивность выделения вредного вещества G , мг/ч, по формуле

$$G = \frac{C * V * 3600}{t}, \quad (8.4)$$

где C – концентрация вещества, мг/м³ (по результатам эксперимента);

V – объем помещения, м³ ;

t – время хода поршня, с.

6. Рассчитать необходимый воздухообмен для удаления вредного вещества L , м³/ч

$$L = \frac{K * G}{\text{ПДК}_{\text{рз}} - C_{\text{п}}} \quad (8.5)$$

где K – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения вредных веществ в помещении. $K = 1,2 - 2,0$;

G – интенсивность выделения вредных веществ, мг/ч;

$\text{ПДК}_{\text{р.з}}$ – предельно допустимая концентрация вредного вещества в помещении ЗС, мг/м³;

$C_{\text{п}}$ – концентрация вещества в приточном воздухе (0 – 30% от $\text{ПДК}_{\text{р.з}}$), мг/м³.

7. Найти кратность воздухообмена

$$n = \frac{L}{V}, \quad (8.6)$$

где L – воздухообмен, $\text{м}^3/\text{ч}$;

V – объем помещения, м^3 .

8. Защита выполненной работы

5. Содержание отчета,

Отчет должен содержать:

1. Цели и задачи исследования, анализ объекта
2. Расчетные таблицы
3. Ответы на вопросы
4. Выводы.

6. Контрольные вопросы

1. Какие вещества регламентируются в воздухе защитных сооружений ГО?
2. Какова предельная концентрация каждого вещества в помещениях защитных сооружений?
3. Какие показатели характеризуют степень токсичности веществ?
4. Перечислите показатели возможного ингаляционного отравления.
5. Принцип действия газоанализатора УГ-2.
6. Принцип действия газоопределителя ГХ-4.
7. Принцип действия шахтного интерферометра ШИ-10.
8. Порядок работы шахтного интерферометра ШИ-10.

8. Рекомендуемая литература и Интернет-ресурсы

1. Безопасность труда: Учебник для вузов. Изд. 4–е /С.В. Белов, А.В. Ильницкая, А.Ф. Козьяков и др./Под общ. ред. С.В. Белова.- М.: Высшая школа, 2009 – 325 с.

Лабораторная работа №9

Тема: «Расследование и учет несчастных случаев на производстве»

1. Теоретическая часть

Критерии, позволяющие квалифицировать травму как производственную (несчастный случай на производстве), приведены в **Положении об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях**, утвержденном постановлением Минтруда России в 2002 г.

В соответствии с этим Положением **расследованию и учету** подлежат несчастные случаи (травмы), в том числе полученные в результате:

- нанесения телесных повреждений другим лицом;
 - теплового удара;
 - ожога;
 - обморожения;
 - утопления;
 - поражения электрическим током, молнией и ионизирующим излучением;
 - укусами насекомых и пресмыкающихся;
 - телесных повреждений, нанесенных животными;
 - повреждений, полученных в результате взрывов, аварий, разрушения зданий, сооружений и конструкций, стихийных бедствий и других чрезвычайных ситуаций).
- Если они повлекли за собой необходимость перевода работника на другую работу, временную или стойкую утрату им трудоспособности либо его смерть, происшедшие при выполнении работником своих трудовых обязанностей (работ), работы по заданию организации или индивидуального предпринимателя (в том числе по пути к месту выполнения этих

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

Кроме того, **расследованию и учету как несчастные случаи** на производстве подлежат **травмы**, полученные:

- при следовании к месту работы или с работы на предоставленном работодателем транспорте либо на личном транспорте при соответствующем договоре или распоряжении работодателя о его использовании в производственных целях;
- при следовании к месту командировки и обратно и в некоторых других случаях.

Если несчастный случай на производстве произошел с застрахованным от него, работодатель обязан в течение суток сообщить об этом в исполнительный орган фонда социального страхования (по месту регистрации в качестве страхователя).

Расследование производит комиссия в составе представителей работодателя и трудового коллектива.

Включение в нее представителей администрации, отвечающих за охрану труда на участке, где получена травма, запрещается.

Состав комиссии утверждается приказом руководителя организации или уполномоченного им лица.

Пострадавший может принять участие в расследовании произошедшего с ним случая.

Комиссия по результатам расследования в 3–дневный срок (по решению председателя комиссии он может быть увеличен до 15 дней) оформляет на каждого акт по форме Н –1 в двух экземплярах, для застрахованных – в трех.

Аналогично групповые травмы, которые по своим признакам отнесены к категории легких.

Акт по форме Н-1 является документом статистической отчетности (Приложение А).

Он утверждается руководителем организации и заверяется печатью.

Групповые (отнесенные по своим признакам к категории тяжелых), **тяжелые и смертельные несчастные случаи** расследуются в течение 15 дней (при необходимости срок расследования может быть увеличен) комиссией в составе:

- государственного инспектора по охране труда;
- представителя работодателя;
- органа исполнительной власти соответствующего субъекта РФ;
- профсоюзного или иного уполномоченного работниками представительного органа.

Кроме акта по форме Н-1, на каждого пострадавшего в этом случае составляется специальный акт о расследовании группового несчастного случая на производстве (тяжелого несчастного случая на производстве, несчастного случая на производстве со смертельным исходом).

Кроме того, государственный инспектор по охране труда пишет свое заключение.

На расследование дается 15 дней.

Если при расследовании несчастного случая на производстве, произошедшего с застрахованным, комиссией установлено, что его возникновению или увеличению причиненного им вреда здоровью содействовала грубая неосторожность пострадавшего, то с учетом заключения профкома или иного уполномоченного застрахованным органа комиссия определяет степень его вины (в процентах).

В этом случае размер страховых выплат соответственно понижается (максимально на 25 %).

2. Задания для работы на занятии

1. Ответить на вопросы (поставить знак плюс в соответствующей графе, если приведенный случай попадает под одну из указанных категорий, либо прочерк во всех графах), представленные в таблице 9.3.

Таблица 8.1 - Квалифицировать события, произошедшие с работником на производстве

Описание события	Квалификация событий на производстве				
	Несчастный случай на производстве				Несчастный случай, не связанный с производством
	Обыч- ный	Групп- повой	Тяжелый	Смертельны й	
1. Пожилой грузчик магазина начал разгружать поддоны с хлебом из привезшей их автомашины. Через полчаса работы он вдруг потерял сознание, был увезен «скорой помощью» в больницу, где, не приходя в сознание, скончался от инфаркта					
2. Двое студентов ехали в городском автобусе из общежития на лекции. По дороге автобус столкнулся с груженым самосвалом. Оба студента с тяжелыми переломами попали в больницу					
3. Шахтер в обеденный перерыв выпил большую дозу адкоголя. В середине второй половины смены он заснул около не работавшего ленточного транспортера. При запуске транспортера с центрального пункта управления кисть спящего около него пьяного шахтера попала под ленту и у него был сломан палец.					
4. Мастер кузнечного участка с целью контроля выполняемых работ подошел к ковочному молоту, на котором кузнец обрабатывал раскаленную деталь. Неожиданно отлетевшая от детали частица попала мастеру на тыльную часть левой кисти. В медпункте предприятия место ожога ему перевязали, и мастер вернулся на участок и продолжил там свою работу					
5. Строительная компания перевозила на своем автобусе 20 рабочих с одной стройки на другую. На скользкой					

дороге автобус съехал в кювет. При этом трое работников получили ушибы и были отправлены в больницу. Один из них вышел на работу через 3 дня, а 2 других -2 через неделю.					
--	--	--	--	--	--

4. Указания по технике безопасности

1. К работе со стендом допускаются студенты после ознакомления с методическими указаниями по выполнению лабораторных: работ, ознакомленные с устройством и принципом действия стенда и правилами поведения в лаборатории «Безопасность труда».

2. В лаборатории запрещается находиться в верхней одежде, трогать

и прикасаться к приборам, и установкам, не предназначенным для выполнения данной, работы.

3. Включать в сеть лабораторный можно после проверки исправности защитного заземления, проверки преподавателем усвоения материала лабораторной: работы и с его разрешения.

4. Во время проведения работы соединять схемы можно только используя стандартные переключатели не прикасаясь при этом к корпусу установки.

5. После выполнения замеров отключить установку, привести рабочее место в порядок и сообщить об окончании замеров преподавателю.

6. В лаборатории «Безопасность труда», соблюдать образцовую дисциплину, содержать рабочее место в идеальном санитарном состоянии.

6. Содержание отчета

1. Титульный лист

2. Цель работы.

3. Краткий конспект теоретического материала.

4. Ответы на контрольные вопросы.

5. Результаты тестирования

6. Выводы.

7. Ваши предложения по совершенствованию лабораторной работы.

7. Контрольные вопросы

1. Перечислите обязанности работодателя при получении информации о факте несчастного случая.

2. Назовите обязанности работодателя при расследовании несчастного случая.

3. Какие несчастные случаи относят к случаям связанным с производством?

4. Укажите сроки расследования несчастных случаев.

5. Какие несчастные случаи квалифицируются как несчастные случаи, не связанные с производством?

6. Перечислите порядок оформления несчастных случаев и их учета.

7. Назовите особенности расследования группового несчастного случая на производстве, тяжелого несчастного случая на производстве и несчастного случая на производстве со смертельным исходом.

8. Укажите порядок расследования несчастных случаев.

8. Рекомендуемая литература и Интернет-ресурсы

1. Безопасность труда: Учебник для вузов. Изд. 4–е /С.В. Белов, А.В. Ильницкая, А.Ф. Козьяков и др./Под общ. ред. С.В. Белова.- М.: Высшая школа, 2009 – 325 с.

2. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 02.04.2014) (с изм. и доп., вступ. в силу с 13.04.2014) // www.consultant.ru/ дата обращ.10.04.2014.

3. <http://www.tehdok.ru/> - Интернет-проект Техдок.ру - Форум специалистов по охране труда.

Один экземпляр направляется
пострадавшему или его
доверенному лицу

УТВЕРЖДАЮ

(подпись, фамилия, инициалы работодателя
(его представителя))
“ ____ ” _____ 20 ____ г.

М.П.

**АКТ № _____
о несчастном случае на производстве**

1. Дата и время несчастного случая _____

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

2. Организация (работодатель), работником которой является (являлся) пострадавший _____

(наименование, место нахождения, юридический адрес, ведомственная и отраслевая

принадлежность /ОКОНХ основного вида деятельности/; фамилия, инициалы работодателя –
физического лица)

Наименование структурного подразделения _____

3. Организация, направившая работника _____

(наименование, место нахождения, юридический адрес, отраслевая принадлежность)

4. Лица, проводившие расследование несчастного случая:

(фамилии, инициалы, должности и место работы)

5. Сведения о пострадавшем:

фамилия, имя, отчество _____

пол (мужской, женский) _____

дата рождения _____

профессиональный статус _____

профессия (должность) _____

стаж работы, при выполнении которой произошел несчастный случай _____

(число полных лет и
месяцев)

в том числе в данной организации _____

(число полных лет и месяцев)

6. Сведения о проведении инструктажей и обучения по охране труда

Вводный инструктаж _____

(число, месяц, год)

Инструктаж на рабочем месте /первичный, повторный, внеплановый, целевой/ _____

(нужное подчеркнуть)

по профессии или виду работы, при выполнении которой произошел несчастный случай

(число, месяц, год)

Стажировка: с “ ____ ” ____ 200 ____ г. по “ ____ ” ____ 200 ____ г.

(если не проводилась – указать)

Обучение по охране труда по профессии или виду работы, при выполнении которой произошел несчастный случай: с “ ____ ” ____ 200 ____ г. по “ ____ ” ____ 200 ____ г.

(если не проводилось – указать)

Проверка знаний по охране труда по профессии или виду работы, при выполнении которой произошел несчастный случай

(число, месяц, год, № протокола)

7. Краткая характеристика места (объекта), где произошел несчастный случай

(краткое описание места происшествия с указанием опасных и (или) вредных производственных

факторов со ссылкой на сведения, содержащиеся в протоколе осмотра места несчастного случая)

Оборудование, использование которого привело к несчастному случаю

(наименование, тип, марка, год выпуска, организация-изготовитель)

8. Обстоятельства несчастного случая

(краткое изложение обстоятельств, предшествовавших несчастному случаю, описание событий

и действий пострадавшего и других лиц, связанных с несчастным случаем, и другие сведения,

установленные в ходе расследования)

8.1. Вид происшествия

8.2. Характер полученных повреждений и орган, подвергшийся повреждению, медицинское заключение о тяжести повреждения здоровья

8.3. Нахождение пострадавшего в состоянии алкогольного или наркотического опьянения

(нет, да – указать состояние и степень опьянения в соответствии с заключением по

результатам освидетельствования, проведенного в установленном порядке)

8.4. Очевидцы несчастного случая

(фамилия, инициалы, постоянное место жительства, домашний телефон)

9. Причины несчастного случая

(указать основную и сопутствующие причины

несчастного случая со ссылками на нарушенные требования законодательных и иных

нормативных правовых актов, локальных нормативных актов)

10. Лица, допустившие нарушение требований охраны труда:

(фамилии, инициалы, должности (профессии) с указанием требований законодательных,

иных нормативных правовых и локальных нормативных актов, предусматривающих их
ответственность за нарушения, явившиеся причинами несчастного случая, указанными в п. 9
настоящего акта; при установлении факта грубой неосторожности пострадавшего указать
степень его вины в процентах)

Организация (работодатель), работниками которой являются данные лица

(наименование, адрес)

11. Мероприятия по устранению причин несчастного случая, сроки

Подписи лиц, проводивших
расследование несчастного случая

(подписи)

(фамилии, инициалы)

(дата)

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению практических занятий
по дисциплине «Безопасность труда»
для студентов направления подготовки
15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств
Направленность (профиль) Технология машиностроения

Оглавление

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 1	122
Тема занятия: «Оценка производственного риска на предприятии»	122
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 2	129
Тема занятия: «Способы организации вентиляции и кондиционирования для создания благоприятных микроклиматических условий на рабочем месте, определение требуемой производительности»	129
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 3	139
Тема занятия: «Принципы формирования световой среды в рабочей зоне, зоне отдыха, быту. Расчет искусственного освещения»	139
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 4	153
Тема занятия: «Оценка производственного шума в помещении»	153
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 5	164
Тема занятия: «Расчет средств защиты от электромагнитных излучений»	164
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 6	173
Тема занятия: «Выбор и расчет систем электробезопасности в сетях переменного тока с напряжением до 1000 В»	173
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 7	183
Расчет молниезащиты	183
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 8	199
Спасение и оказание первой помощи пострадавшим	199
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 9	207
Тема занятия: «Анализ производственного травматизма»	207

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 1

Тема занятия: «Оценка производственного риска на предприятии»

1. Теоретическая часть

Риск – вероятность экономического или финансового проигрыша, физического повреждения или причинения вреда в какой-либо форме из-за наличия неопределенности, связанной с желанием осуществить определенный вид действий.

Риск события можно оценить в соответствии с теорией вероятности соотношением:

$$R = \frac{n}{N}, \text{ ед. врем.}, \quad (1.1)$$

где n – число событий, которые имели место за определенный период времени; N – возможное число событий за этот же период.

2. Примеры решения задач

Задача 1. Ежедневно в дорожно-транспортных происшествиях погибает 95 человек. Определить риск фатального исхода в год, обусловленный этими происшествиями, если численность населения 120 миллионов человек.

Решение:

Риск рассчитывают по формуле (1.1):

$$R_u = \frac{n}{N} = \frac{95 \cdot 365}{120 \cdot 10^6} = 2,8 \cdot 10^{-4} \frac{\text{см.исх}}{\text{год} \cdot \text{чел}}.$$

Полученная величина превышает приемлемый риск.

Риск-менеджмент (управление рисками; англ. Risk management) – процесс принятия и выполнения управленческих решений, направленных на снижение вероятности возникновения неблагоприятного результата и минимизацию возможных потерь, вызванных его реализацией.

Элементы системы менеджмента риска могут включать в себя стратегическое планирование, принятие решений и другие процессы, затрагивающие риск.

Для оценки риска на объектах широко используют понятие «степень риска».

Степень риска численно определяется произведением вероятности реализации опасной ситуации (P_i) на значение тяжести/ущерба (Y_i) по соотношению:

$$R_k = \sum_{i=1}^n Y_{ik} \cdot P_{ik}, \quad (1.2)$$

где $k = 1, 2, n$ – номер ЧС; $i = 1, 2, \dots, n$ – номер сценария для обеих ЧС.

Вероятность безотказной работы оборудования подчиняется экспоненциальному закону

$$P(t) = 1 - \exp(-\lambda t), \quad (1.3)$$

где λ – интенсивность отказов оборудования, ч⁻¹; t – время работы, ч.

Принимают, что аварийность при экспоненциальном распределении подчиняется дискретному распределению Пуассона:

$$Q(N; \lambda \tau) = \frac{\lambda \tau}{N!} \exp(-\lambda \tau), \quad N = 0, 1, 2, 3 \dots \lambda \tau, \quad (1.4)$$

где λ – интенсивность возникновения аварий, год⁻¹; τ – время анализа, год; N – число аварий.

Задача 2. Прогнозируемый ущерб от двух различных ЧС на объекте составляет:

Таблица 1.3 – Возможные сценарии ЧС 1

Сценарий	1	2	3
Ущерб U_i , тыс. руб.	228,9	1157,0	130422,1
Вероятность реализации P_i , год ⁻¹	0,00004	0,0000052	0,00000078

Таблица 1.4 – Возможные сценарии ЧС 2

Сценарий	1	2	3	4
Ущерб U_i , тыс. руб	117,2	1356,62	2987,0	220057,4

Вероятность реализации Pi , год ⁻¹	0,000011	0,00000097	0,00000066	0,000000084
---	----------	------------	------------	-------------

Предупреждение какой из ЧС является более приоритетным?

Решение:

Более приоритетной для ликвидации будет та чрезвычайная ситуация, у которой параметр «степень риска» больше.

Рассчитаем степень риска по формуле (1.2).

ЧС 1:

$$R_1 = \sum_{i=1}^n Y_{i1} \cdot P_{i1} = 2,29 \cdot 10^5 \cdot 4 \cdot 10^{-5} + 1,16 \cdot 10^6 \cdot 5,2 \cdot 10^{-6} + \\ + 1,3 \cdot 10^8 \cdot 7,9 \cdot 10^{-7} = 9,16 + 6,0 + 102,7 = 117,86 \text{ руб./год.}$$

ЧС 2:

$$R_2 = \sum_{i=1}^n Y_{i2} \cdot P_{i2} = 1,17 \cdot 10^5 \cdot 1,1 \cdot 10^{-5} + 1,36 \cdot 10^6 \cdot 9,7 \cdot 10^{-7} + \\ + 2,99 \cdot 10^6 \cdot 6,6 \cdot 10^{-7} + 2,2 \cdot 10^8 \cdot 8,4 \cdot 10^{-8} = \\ = 1,29 + 1,32 + 1,97 + 18,48 = 23,06 \text{ руб./год.}$$

Следовательно, ЧС 1 представляет большую угрозу и ее следует предотвращать в первую очередь.

Задача 3. Оценить вероятность взрыва в спиртовом цехе, расположенном в отдельном здании с неисправной молниезащитой, в котором установлено следующее оборудование:

- три реактора;
- насос;
- технологические трубопроводы общей длиной 50 м.

Годовой фонд работы реактора и трубопроводов – 2000 ч/год.

Годовой фонд работы насоса – 400 ч/год.

Принять вероятность взрыва в помещении $0,0012 \text{ год}^{-1}$.

Принять следующие значения интенсивности отказов (ГОСТ 12.1.004-91):

резервуары гидравлические – $0,00000027$;

насосы с машинным приводом – $0,000031$;

трубопроводы на 1 км длины – 0,0000049.

Вероятность появления горючей смеси.

Решение:

Определим вероятность разгерметизации элементов технологической схемы.

Резервуара (реактора):

$$P(t) = 1 - \exp(-2,7 \cdot 10^{-7} \cdot 2000) = 0,00054.$$

Насоса:

$$P(t) = 1 - \exp(-3,1 \cdot 10^{-5} \cdot 400) = 0,033.$$

Трубопроводов:

$$P(t) = 1 - \exp(-4,9 \cdot 10^{-6} \cdot 0,05 \cdot 2000) = 0,0049.$$

Разгерметизация каждого элемента независима:

$$P_{разг} = 1 - \prod_{j=1}^5 (1 - P_j) = 1 - (1 - 0,00054)^3 \cdot (1 - 0,033) \cdot (1 - 0,0049) = 3,9 \cdot 10^{-2}.$$

Принимая вероятность наличия окислителя в воздухе равной 1, получим для вероятности взрыва соотношение:

$$P_{взр} = P_{разг} \cdot P_{из} = 3,9 \cdot 10^{-2} \cdot 0,0012 = 4,7 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}.$$

Задача 4. Оценить аварийный риск на объекте, где за 20 лет произошло 4 аварии, если частота отказов в системе однотипных объектов соответствует дискретному распределению Пуассона.

Решение

На объекте за 20 лет произошло 4 аварии.

Среднее число (интенсивность возникновения) аварий:

$$\lambda = \frac{4}{20} = 0,2 \text{ год}^{-1}.$$

За 2 года две аварии могут произойти с вероятностью

$$Q(2; 0,2 \cdot 2) = \frac{0,2 \cdot 2}{2!} \exp(-0,4) = 0,054.$$

Вероятность безаварийного функционирования за 2 года

$$Q(0; 0,2 \cdot 2) = \frac{0,2 \cdot 2}{0!} \exp(-0,4) = 0,67.$$

Риск аварийных ситуаций за двухлетний период

$$1 - 0,67 = 0,33.$$

3. Задания для работы на занятии

Задание 1. Определить риск травмирования человека на производстве, если известно, что за год было травмировано 65000, а численность работающих составляет 15 млн человек.

Задание 2. Определить риск гибели человека от экологических заболеваний, если известно, что от экологических заболеваний на планете умирает 1,6 млн человек при общей численности населения 6,4 млрд человек.

Задание 3. Определить риск гибели человека на производстве в год в мире, если известно, что ежегодно в мире погибает 250000 человек, число работающих на производстве – 2,4 млрд человек.

Задание 4. В стране ежегодно происходит 200000 автомобильных катастроф. Одна из трехсот заканчивается летальным исходом. Численность населения 1400000 человек. Определить коллективный и индивидуальный риск гибели человека в автомобильной катастрофе.

Задание 4. Оценить риск повреждения агрегата в течение недели при его функционировании 3 часа в сутки, средней скорости износа 0,02 1/час. Определить снижение риска повреждения агрегата, если время работы агрегата уменьшится на 1 час.

Задание 5. Оценить аварийный риск на объекте по исходным данным, представленным в таблице 1.2. Представить графическую интерпретацию расчетов за период 1 – 7 лет следующих показателей: отсутствие аварий, 1 авария, 2 аварии, 3 аварии.

Определить вероятность отсутствия аварий за 1, 5, 10 лет.

Таблица 1.5 – Исходные данные для расчетов

Номер варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Период времени, лет	10	15	20	18	17	20	25	27	23
Число аварий	3	4	6	4	5	4	5	4	3

Задание 6. Оценить вероятность взрыва в цехе, в котором возможно возникновение условий для горения и установлено следующее оборудование:

- реактор;
- насос;
- технологические трубопроводы общей длиной 100 м.

Годовой фонд работы реактора и трубопроводов – А, ч/год.

Годовой фонд работы насоса – В, ч/год.

Принять вероятность взрыва в помещении 0,005 год⁻¹.

Таблица 1.6 – Исходные данные для расчетов

Номер варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9
А	1000	1500	2000	1800	1700	2100	2500	2700	2300
В	300	400	600	400	500	400	500	400	300

4. Задания и вопросы для формирования и контроля владения компетенциями

1. Какие факторы влияют на реализацию его опасных состояний в системе «человек – машина»?
2. Перечислите факторы, определяющие уровень риска, методы управления им.
3. Почему необходимо проводить менеджмент риска на предприятии?
4. Какая взаимосвязь существует между числом опасных ситуаций и несчастных случаев?
5. Перечислите методические и организационные задачи, которые возникают при проведении менеджмента риска.

5. Рекомендуемая литература и Интернет-ресурсы

1. Безопасность труда: Учебник для вузов. Изд. 4–е /С.В. Белов, А.В. Ильницкая, А.Ф. Козьяков и др./Под общ. ред. С.В. Белова.- М.: Высшая

школа, 2009 – 325 с.

2. Мастрюков, Б. С. Безопасность в чрезвычайных ситуациях : учебник для вузов / Б. С. Мастрюков. - 5-е изд., стер. - М. : Академия, 2008. - 334 с.

3. <http://www.tehdoc.ru/> - Интернет-проект Техдок.ру - Форум специалистов по охране труда.

4. <http://novtex.ru/bjd/> - Журнал "Безопасность труда".

5. <http://www.complexdoc.ru/> - База нормативных документов и технических стандартов.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 2

Тема занятия: «Способы организации вентиляции и кондиционирования для создания благоприятных микроклиматических условий на рабочем месте, определение требуемой производительности»

1. Теоретическая часть

Многие помещения на предприятиях отличаются большими размерами, обращением больших масс воды, газов, аэрозолей. Это создает определенные трудности в решении задач нормализации микроклимата.

Среди технических мероприятий по нормализации микроклимата – вентиляция и кондиционирование.

Системы вентиляции служат для удаления из помещения загрязненного или нагретого воздуха и подачи в него чистого. Их классификация [4] представлена на рисунке 2.1.



Рисунок 2.1 – Классификация систем вентиляции

Системы кондиционирования воздуха обеспечивают создание и автоматическое поддержание в помещении заданных параметров воздушной среды независимо от меняющихся метеоусловий.

Основные принципы, которыми руководствуются при выборе схем подачи – удаления воздуха в помещении и организации вентиляции (кондиционирования):

- подача приточного воздуха (общеобменный приток) предусматривается в зону дыхания, приточные струи не должны проходить через загрязненные зоны помещения;
- удаление воздуха целесообразно осуществлять непосредственно от мест образования вредных выделений (местные отсосы, зонты и другие укрытия систем местной вентиляции);
- общеобменная вытяжка устраивается из зон помещения с наибольшим загрязнением воздуха;
- соотношение между потоками подаваемого и удаляемого из помещений воздуха выбирают таким образом, чтобы обеспечить направление и достаточный расход воздуха, перетекающего из «чистых» помещений в «загрязненные» смежные помещения;
- в здании и отдельных его частях и секциях, как правило, должен быть полный баланс между суммарным притоком и суммарной вытяжкой.

В большинстве помещений гражданских зданий для общеобменной вентиляции приточные и вытяжные устройства размещают в верхней зоне помещения.

В жилых и общественных зданиях приток наружного воздуха - через открывающиеся окна, неплотности наружных строительных ограждений, вытяжка канальная с естественным побуждением движения воздуха. Вытяжные отверстия, закрытые декоративными решетками размещают в кухнях, санузлах и ванных комнатах.

Подачу и удаление вентиляционного воздуха в помещениях гостиниц, в кабинетах, служебных помещениях, проектных залах, библиотеках и других помещениях административно-управленческих зданий предусматривают по схеме «сверху-вверх».

Вентиляция предназначена для создания **требуемого воздухообмена** – минимальный воздухообмен, определяемый по одному из видов вредных выделений (вредных веществ, влаги, явного тепла) в один из расчетных периодов года.

Основной метод определения его – балансовый. При расчете этим методом целесообразно расчет требуемого воздухообмена проводить только по **избыткам явной теплоты** [4].

Воздухообмен в зависимости от конкретных условий рассчитывают по следующим формулам.

При выделении явной теплоты воздухообмен определяют по формуле [2]:

$$L = \frac{3600 * Q_{я}}{\rho * c * (t_y - t_n)}, \quad (2.1)$$

где L – требуемое количество приточного воздуха, м³/ч; $Q_{я}$ – избытки явного тепла, Вт; c – удельная теплоемкость воздуха при постоянном давлении, равная 1 кДж/кг град; ρ – плотность приточного воздуха, для стационарных условий принимается 1,2 кг/м³; t_y – температура удаляемого воздуха, °C; t_n – температура приточного воздуха, °C.

Температуру удаляемого воздуха из помещения с теплоизбытками можно определить по формуле [4]:

$$t_y = t_{p.з} + a \cdot (h - 2), ^\circ\text{C}, \quad (2.2)$$

где $t_{p.з}$ – температура в рабочей зоне (на высоте 2 м от пола), °C; a – нарастание температуры в градусах на каждый метр высоты выше 2 м; принимается для помещений с небольшими тепловыделениями 0,5 °C, с большими тепловыделениями 0,7 – 1,5 °C; h – высота помещения, м.

Для помещений высотой до 4 м увеличение температуры по высоте практически можно не учитывать.

При выделении избытков водяных паров воздухообмен рассчитывается по формуле :

$$L = \frac{G}{\rho \cdot (d_y - d_n)}, \quad (2.3)$$

где $G_{вл}$ – масса водяных паров, выделяющихся в помещении, г/ч; d_y – содержание влаги в удаляемом из помещения воздухе, г/кг; d_n – содержание влаги в наружном воздухе, г/кг; ρ – плотность приточного воздуха, кг/м³.

При выделении газообразных или парообразных вредных веществ воздухообмен определяют по формуле :

$$L = \frac{G \cdot \psi}{ПДК_{pz} - C_{np}}, \quad (2.4)$$

где L – требуемое количество поступающего воздуха, м³/ч; G – масса вредных паров или газов, мг/ч; ψ – коэффициент неравномерности распределения вредных веществ в воздухе рабочей зоны (1,2 – 2,0); C_{np} – концентрация вредного вещества в поступающем воздухе (принимается равным от 0 до 30 % ПДК), мг/м³; $ПДК_{pz}$ – концентрация вредного вещества в удаляемом воздухе, мг/м³.

При одновременном наличии в воздухе нескольких вредных веществ одностороннего действия (ГОСТ 12.1.005-88) должно выполняться соотношение:

$$\frac{q_1}{ПДК_1} + \frac{q_2}{ПДК_2} + \dots \leq 1, \quad (2.5)$$

где q_1, q_2 – фактическая концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м³; $ПДК_1, ПДК_2$ – предельно допустимая концентрация вещества в воздухе рабочей зоны, мг/м³.

При наличии веществ разнонаправленного действия должно выполняться условие:

$$\frac{q_i}{ПДК_i} \leq 1. \quad (2.6)$$

Кратность воздухообмена (n) находят по формуле:

$$n = \frac{L}{V}, 1/\div, \quad (2.7)$$

где L – величина воздухообмена, $\text{м}^3/\text{ч}$; V – объем помещения, м^3 .

2. Примеры решения задач

Задача 1. В цехе в процессе пайки выбрасывается в воздух 14 мг свинца в час. Какую кратность воздухообмена должна обеспечивать вентиляционная установка, если ПДК свинца в воздухе $0,01 \text{ мг}/\text{м}^3$, а размеры цеха $20 \times 40 \times 5 \text{ м}$?

Решение:

Воздухообмен для удаления вредных веществ определим по формуле (3.4).

Интенсивность выделения вредных веществ по условию – $14 \text{ мг}/\text{ч}$; коэффициент неравномерности распределения вредных веществ в воздухе рабочей зоны принимаем равным 1,5; $\text{ПДК}_{\text{рз}}$ – $0,01 \text{ мг}/\text{м}^3$; концентрацию вещества в приточном воздухе принимаем равным $0 \text{ мг}/\text{м}^3$.

Рассчитаем требуемую производительность вентиляционной установки

$$L = \frac{14 \cdot 1,5}{0,01 - 0} = 2100 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Кратность воздухообмена (n) определим по формуле (3.5), объем помещения, м^3 , $V = 20 \cdot 40 \cdot 5 = 4000 \text{ м}^3$:

$$n = \frac{2100}{4000} = 0,51/\text{ч}.$$

Задача 2. В воздухе помещения содержится два вредных вещества – свинец и хлор. ПДК на эти вещества составляет соответственно $0,01$ и $1 \text{ мг}/\text{м}^3$. Какова допустимая концентрация хлора в воздухе помещения, если фактическое значение концентрации свинца $0,009 \text{ мг}/\text{м}^3$?

Решение:

Так как свинец и хлор обладают разнонаправленным действием (формула (3.6)), то допустимая концентрация хлора в помещении не должна превышать ПДК этого вещества, то есть $1 \text{ мг}/\text{м}^3$.

Задача 3. На улице 16 градусов мороза. Вентиляционная установка подает с улицы в цех $1000 \text{ м}^3/\text{ч}$ воздуха. Какую мощность должна иметь

нагревательная установка, если в цехе необходимо поддерживать температуру 20 С (удельную теплоемкость считать равной 1 кДж/кг·°С, а плотность воздуха – 1 кг/м³)?

Решение:

Воздухообмен для удаления избытков явного тепла определяют по формуле (3.1).

Тогда необходимое количество тепла, которое необходимо передать вентиляционному воздуху

$$Q_{\text{я}} = \frac{L \cdot \rho \cdot c \cdot (t_{\text{yy}} - t_{\text{nn}})}{3600} = \frac{1000 \cdot 1 \cdot 1000 \cdot (20 - (-16))}{3600} = 10000, \text{Дж/с.}$$

Задача 4. Какую минимальную кратность воздухообмена должна обеспечивать вентиляционная установка в цехе размерами 20 x 50 x 10 м, если в нем занято 100 чел., а естественная вентиляция и вредные вещества отсутствуют?

Решение:

Расход наружного воздуха может быть определен по нормам на 1 человека в час, которые приведены в СНиП 21-01-03 «Отопление, вентиляция и кондиционирование».

В частности, если в помещении **присутствует естественная вентиляция** и объем помещения, приходящийся на одного работника, не превышает 20 м³, то необходимый воздухообмен на одного человека – не меньше 30 м³/ч. При **наличии естественной вентиляции** объем помещения на одного человека превышает 20 м³, то необходимый воздухообмен – не меньше 20 м³/ч на человека. При **отсутствии естественной вентиляции** независимо от объема помещения эта величина составляет 60 м³/ч.

Тогда, для условия данной задачи при отсутствии естественной вентиляции независимо от объема помещения минимальный воздухообмен в помещении составит $100 \cdot 60 = 6000 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Кратность воздухообмена, определенная по формуле (4.7), составит

$$n = \frac{6000}{10000} = 0,61/\div.$$

Задача 5. В помещение на собрание пришли 69 человек. Объем помещения 980 м³. Определить через какое время после начала собрания нужно включить приточно-вытяжную вентиляцию, если помещение расположено в г. Ставрополь. Категория тяжести работ – I.

Решение:

В помещениях большого объема возможно начинать вентилирование не сразу, а после того, как концентрация вредности достигнет допустимого предела. Этот промежуток времени может быть определен по формуле:

$$\tau = \frac{V \cdot (C_{ндк} - C_n)}{z}, \text{ ч}, \quad (4.9)$$

где V – объем помещения, м³; $C_{ндк}$ – предельно допустимая концентрация вредного вещества, мг/м³ ($ПДК_{CO_2} = 20 \text{ мг/м}^3$); C_n – начальная концентрация вредного вещества в помещении, мг/м³; z – количество вредных веществ, выделяющихся в помещение, мг/ч (таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Зависимость количества выделяемого человеком углекислого газа от характера выполняемой работы и возраста

Характер работы. Возраст людей	Количество углекислого газа, выделяемого людьми	
	г/ч	л/ч
Взрослые при физической работе:		
Легкая (I категория)	45	30
Средней тяжести (II категория)	56	38
Тяжелая (III категория)	63	45
Взрослые в состоянии покоя	35	23
Дети до 12 лет	18	12

Определяем время, через которое необходимо включить вентиляцию:

$$\tau = \frac{5443 \cdot (20 - 0,03)}{69 \cdot 45000} = 0,035 \text{ ч (2,1 мин)}.$$

Следовательно, вентиляции следует включить через 2,1 минуты после начала собрания.

3. Задания для работы на занятии

Задание 1. В цехе в процессе пайки выбрасывается в воздух 20 мг свинца в час. Какую кратность воздухообмена должна обеспечивать вентиляционная установка, если ПДК свинца в воздухе $0,01 \text{ мг/м}^3$, а размеры цеха $32 \times 40 \times 5 \text{ м}$?

Задание 2. В процессе нанесения лакокрасочных покрытий в воздух цеха выбрасывается 14 г ацетона в час. Какую кратность воздухообмена должна обеспечивать вентиляционная установка, если ПДК ацетона 200 мг/м^3 , а размеры цеха $10 \times 20 \times 5 \text{ м}$?

Задание 3. В цехе лакокрасочных покрытий с обезжиренных деталей в час испаряется 105 г бензина. Какую кратность воздухообмена должна обеспечивать вентиляционная установка, если ПДК бензина 300 мг/м^3 , а размеры цеха $20 \times 20 \times 5 \text{ м}$?

Задание 4.. Крашенные стены сохнут 24 часа. За это время в воздух помещения испаряется 1,44 кг растворителя. Какую кратность воздухообмена должна обеспечивать форточка в окне, чтобы в помещении можно было находиться все это время, если ПДК растворителя 300 мг/м^3 , а размеры помещения $4 \times 5 \times 2,5 \text{ м}$? (Считать, что растворитель поступает в воздух помещения равномерно в течение 24 ч, а уличный воздух паров растворителя не содержит.)

Задание 5. На улице 2 градуса тепла. Вентиляционная установка подает с улицы в цех $1000 \text{ м}^3/\text{ч}$ воздуха. Какую мощность должна иметь нагревательная установка, если в цехе необходимо поддерживать температуру $20 \text{ }^\circ\text{C}$? (Удельную теплоемкость считать равной $1 \text{ кДж/кг}\cdot\text{град}$, а плотность воздуха 1 кг/м^3 .)

Задание 6. В воздухе помещения содержится 3 вредных вещества – свинец, ртуть и марганец. ПДК этих веществ составляет соответственно 0,01, 0,05 и $0,05 \text{ мг/м}^3$. Какова допустимая концентрация марганца в воздухе, если концентрация свинца 0,005, а ртути $0,01 \text{ мг/м}^3$?

Задание 7. Для промывки деталей используется ацетонобензиновая смесь в соотношении 1/2. Какова допустимая концентрация каждого из компонентов этой смеси в воздухе помещения, если ПДК ацетона 200 мг/м^3 , а ПДК бензина 300 мг/м^3 ?

Задание 8. В цехе объемом 10000 м^3 с кратностью воздухообмена 3 1/ч использовалось вредное вещество с ПДК $0,01 \text{ мг/м}^3$. Допустимо ли было работать в этом цехе раньше и не потребуется ли реконструкция вентиляции в цехе, если это вредное вещество будет заменено другим, с ПДК $0,05 \text{ мг/м}^3$, а утечка его в цех останется на прежнем уровне – $0,9 \text{ г/ч}$?

Задание 9. В цехе размером $10 \times 20 \times 5 \text{ м}$ с кратностью воздухообмена 3 1/ч для промывки деталей использовалась спиртобензиновая смесь в соотношении 1/1. Допустимо ли было работать в этом цехе раньше и не потребуется ли реконструкция вентиляции в цехе, если промывка деталей будет осуществляться чистым бензином с ПДК 300 мг/м^3 , а утечка его в цех останется на прежнем уровне – 660 г/ч ? (ПДК этилового спирта 1000 мг/м^3 .)

Задание 10. В цехе размерами $20 \times 50 \times 10 \text{ м}$ вентиляционная установка обеспечивает кратность воздухообмена 0,5 1/ч. Достаточно ли производительность вентиляционной установки, если в цехе занято 100 чел, а естественная вентиляция и вредные вещества отсутствуют?

Задание 11. После ремонта вентиляционной установки в сталелитейном цехе контрольные замеры показали, что в цехе избыточное давление по отношению к соседним помещениям. Можно ли эксплуатировать вентиляционную установку?

Задание 12. Какова должна быть производительность и кратность общеобменной вентиляции аудитории, в которой находятся N студентов, если размеры ее $A \times B \times H$. В помещении возможно естественное проветривание. Задания выбрать по таблице 2.13.

Таблица 4.2 – Исходные данные

Параметры	Варианты								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
N	20	30	40	50	60	55	35	27	38

А	12	18	24	36	36	24	18	24	36
В	18	24	36	48	42	54	36	42	54
Н	4.2	3.6	4.2	4,2	6,0	6,0	4,8	3,6	4,8

4. Задания и вопросы для формирования и контроля владения компетенциями

1. Какие признаки классификации систем вентиляции Вы знаете?
2. Перечислите основные принципы организации вентиляции в помещениях жилых и общественных зданий.
3. Назовите основные принципы, которыми руководствуются при выборе схем подачи - удаления воздуха в помещениях.
4. По какой схеме организуют циркуляцию воздуха в помещениях административных зданий, в производственных помещениях?
5. Какие элементы включает приточная вентиляционная установка?
6. Какие элементы входят в состав вытяжной вентиляционной установки?
7. Что такое кондиционирование?
8. В чем принципиальное отличие неполного кондиционера от системы механической вентиляции?

5. Рекомендуемая литература и Интернет-ресурсы

1. Безопасность труда: Учебник для вузов. Изд. 4–е /С.В. Белов, А.В. Ильницкая, А.Ф. Козьяков и др./Под общ. ред. С.В. Белова.- М.: Высшая школа, 2009. – 325 с.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 3

Тема занятия: «Принципы формирования световой среды в рабочей зоне, зоне отдыха, быту. Расчет искусственного освещения»

1. Теоретическая часть

Освещение характеризуется количественными и качественными показателями.

К количественным показателям относят следующие величины:

Световой поток (F) – часть электромагнитной энергии, которая излучается источником в видимом диапазоне. Эта величина характеризует зрительное восприятие. Единица измерения люмен (лм).

Сила света (I) – пространственная плотность светового потока. Определяют как отношение величины светового потока, F , распространяющегося от источника света в некотором телесном углу ω , измеряемом в стерadianах (ср), к величине этого телесного угла. Единица измерения – кандела.

$$I = \frac{F}{\omega}. \quad (3.1)$$

Освещенность (E) – поверхностная плотность светового потока. Единица измерения – люкс (лк).

$$E = \frac{F}{S}, \quad (3.2)$$

где F – световой поток (лм); S – освещаемая площадь, м².

Величина светового потока, отраженного поверхностью предмета F и распространяющегося в некотором телесном углу ω , отнесенная к величине этого угла и площади S отражающей поверхности, называется **яркостью (B)** объекта. По сути, это сила света, излучаемая поверхностью, отнесенная к площади этой поверхности. Яркость измеряется в кд/м². Формула для расчетов:

$$B = \frac{F}{\omega \cdot S \cdot \cos \alpha} = \frac{I}{S \cdot \cos \alpha}, \quad (3.3)$$

где α – угол, под которым наблюдатель видит источник света.

Качественные показатели освещения

Коэффициент отражения (ρ) – отношение отраженного светового потока к падающему:

$$\rho = \frac{F_{отр}}{F_{пад}}. \quad (3.4)$$

При значении $\rho < 0,2$ фон темный, $\rho = 0,2...0,4$ фон средний, $\rho > 0,4$ фон светлый.

Контраст объекта с фоном – степень различения объекта и фона – характеризуется соотношением яркостей рассматриваемого объекта (B_o) и фона (B_ϕ):

$$K = \frac{B_\phi - B_o}{B_\phi}. \quad (3.5)$$

Если $K < 0,2$ – контраст малый; $K = 0,2...0,5$ – контраст средний; $K > 0,5$ – контраст большой.

Важным фактором, характеризующим качество освещения, является коэффициент пульсации освещенности (K_n). Его значение равно

$$K_n = \frac{E_{\max} - E_{\min}}{2 \cdot E_{\text{ср}}} \cdot 100, \%, \quad (3.6)$$

где $E_{\max}$ – максимальное значение пульсирующей освещенности на рабочей поверхности; $E_{\min}$ – минимальное значение пульсирующей освещенности; $E_{\text{ср}}$ – среднее значение освещенности.

Показатель ослепленности (P) – критерий оценки слепящего действия осветительной установки, определяемый выражением:

$$P = (s - 1) \cdot 10^3, \quad (3.7)$$

где s – коэффициент ослепленности.

$$s = \frac{(\Delta B_{\text{нор}})_s}{\Delta B_{\text{нор}}}, \quad (6.8)$$

где $\Delta B_{\text{пор}}$ – пороговая разность яркости объекта и фона при обнаружении объекта на фоне равномерной яркости; $(\Delta B_{\text{пор}})_s$ – то же при наличии в поле зрения блеского (яркого) источника света.

Наибольшее распространение для расчета искусственного освещения получил метод коэффициента использования светового потока.

Он применяется для расчета общего равномерного освещения горизонтальных поверхностей любого типа в помещениях со значительными коэффициентами отражения потолка, стен рабочей поверхности.

Основная расчетная формула метода:

$$F_{\text{л}} = \frac{E_{\text{н}} \cdot S \cdot Z \cdot K_3}{N \cdot n \cdot j}, \quad (3.9)$$

где $F_{\text{л}}$ – световой поток лампы, лм (таблица Б.5 Приложения Б); $E_{\text{н}}$ – нормируемая минимальная величина освещенности по СНиП 23-05-95, лк (таблица Б.1 Приложения Б); Z – коэффициент неравномерности освещения, для газоразрядных ламп его принимают равным 1,1, для ламп накаливания – 1,15; K_3 – коэффициент запаса, зависящий от вида технологического процесса и типа применяемых источников света (обычно $K = 1,3 - 1,8$); N – число светильников в помещении; n – число ламп в светильнике; j – коэффициент использования светового потока (таблицы Б.2, Б.3 Приложения Б).

Коэффициент использования светового потока определяют в зависимости от типа светильника, коэффициентов отражения потолка, стен, рабочей поверхности, размеров помещения, которые учитываются индексом помещения. Индекс помещения рассчитывают по формуле:

$$I = \frac{A \cdot B}{H_{\text{р}} \cdot (A + B)}, \quad (3.10)$$

где I – индекс помещения; A – длина помещения, м; B – ширина помещения, м; $H_{\text{р}}$ – расчетная высота подвеса светильника.

$$H_{\text{р}} = H - H_{\text{рп}} - H_{\text{с}}, \quad (3.11)$$

где H – высота помещения, м; $H_{\text{рп}}$ – высота рабочей поверхности, м; $H_{\text{с}}$ – высота свеса светильника, м.

При проектировании искусственного освещения важную роль играет их размещение в помещении.

Четырехламповые светильники с газоразрядными лампами располагают в вершинах квадратных, прямоугольных, ромбических полей.

Светильники с газоразрядными лампами располагают рядами без разрывов или рядами с разрывами при условии, что расстояние между концами соседних светильников не превышает половины расчетной высоты подвеса светильника.

Расстояние между светильниками зависит от типовой кривой силы света, которой характеризуется данный осветительный прибор. Для создания равномерного освещения необходимо учесть при размещении светильников наивыгоднейшее соотношение L/H_p (L – расстояние между светильниками, H_p – расчетная высота подвеса светильника). Рекомендуемые соотношения приведены в таблице Б.4 Приложения Б.

При размещении светильников расстояние от крайних светильников или крайних рядов светильников до стены принимается в пределах $(0,3 - 0,5) \cdot L$, в зависимости от расположения рабочих мест. Если рабочие места расположены у стен, то рекомендуется принимать величину $0,3 \cdot L$, в противном случае $(0,4 - 0,5) \cdot L$. Во вспомогательных помещениях принимают $0,5 \cdot L$.

2. Примеры решения задач

Задача 1. Произвести расчет общего равномерного искусственного освещения люминесцентными лампами в производственном помещении. Размеры помещения – 15 х 7 х 3,2 м. Коэффициенты отражения потолка, стен, пола – 50, 30, 10 %. Разряд зрительных работ – Vб. Коэффициент запаса – 1,5. Высота рабочей поверхности – 0,8. Коэффициент неравномерности освещения – 1,1. Определить необходимое число светильников с люминесцентными лампами и вычертить схему их расположения.

Решение:

Светильники предназначены для общего равномерного освещения.

Светильники имеют встроенные. Производим расчет искусственного освещения методом коэффициента использования светового потока.

В помещении предусмотрим общее равномерное освещение светильниками двухламповыми – ЛВП для помещений с нормальными условиями среды с размерами 1,275 x 0,185 м. Типовая кривая силы света – косинусная.

Для освещения используем лампы типа ЛД-40, мощностью 40 Вт со световым потоком 2340 лм. Число светильников определено по формуле (2.13):

$$F_{л} = \frac{E_n \cdot S \cdot Z \cdot K_z}{N \cdot n \cdot j \cdot f},$$

где E_n – нормированная величина освещенности, лк. Для разряда зрительных работ Vб в соответствии со СНиП 23-05-95 (таблица Б.1 приложения Б) нормируемая величина E_n составляет 200 лк; K – коэффициент запаса, $K = 1,5$; S – площадь помещения, м², $S = A \cdot B = 15 \cdot 7 = 105$ м²; Z – коэффициент, учитывающий неравномерность освещения, по условию $Z = 1,1$; f – коэффициент затенения, вводится при наличии крупногабаритного оборудования, затеняющего пространство; J – коэффициент использования светового потока, он выбирается в зависимости от коэффициентов отражения, индекса помещения и типа светильника.

Коэффициенты отражения потолка, стен, рабочих поверхностей – 50, 30, 10 % соответственно.

Индекс помещения определим по формуле:

$$I = \frac{A \cdot B}{H_p \cdot (A+B)} = \frac{15 \cdot 7}{2,4 \cdot (15+7)} = 1,98,$$

где I – индекс помещения; A – длина помещения, м, $A = 15$ м; B – ширина помещения, $B = 7$ м; H_p – расчетная высота подвеса светильника (формула (2.15)):

$$H_p = H - H_{pn} - H_c = 3,2 - 0,8 - 0 = 2,4,$$

где H – высота помещения, м, $H = 3,2$ м; H_{pn} – высота рабочей поверхности, м, $H_{pn} = 0,8$ м; H_c – высота свеса светильника, м, $H_c = 0$ м;

Коэффициент использования светового потока для светильника ЛВП при коэффициентах отражения потолка, стен и пола 50, 30, 10 % и индексе помещения 1,98 составляет 0,33 (таблицы Б.2, Б.3 приложения Б).

$$N = \frac{200 \cdot 15 \cdot 7 \cdot 1,1 \cdot 1,5}{2340 \cdot 2 \cdot 0,33} = 22,4.$$

Для освещения принимаем 22 светильника.

Проведем размещение светильников в помещении.

Для косинусной кривой силы света (рекомендуемые соотношения для различных типовых кривых силы света представлены в таблице Б.4 приложения Б) отношение расстояния между рядами светильников (L) к расчетной высоте подвеса светильника (H_p) составляет

$$L / H_p = 1,5;$$

$$L = 2,4 \cdot 1,5 = 3,6 \text{ м.}$$

Расстояние от стены до ближайшего ряда светильников принимаем

$$l = 0,3 \cdot L = 1,08 \text{ м.}$$

Количество рядов светильников принимаем $K = 3$.

Светильники располагаем в 3 ряда по 7.

Общее число светильников $3 \cdot 7 = 21$.

Расстояние между рядами светильников

$$l_1 = \frac{B-2 \cdot l}{K-1} = \frac{7-2 \cdot 1,08}{3-1} = 2,5 \text{ м.}$$

Расстояние между торцами светильников в ряду

$$l_2 = \frac{A-2 \cdot l - N \cdot l_{cs}}{N-1},$$

где l_{cs} – длина светильника, м; N – количество светильников в ряду.

$$l_2 = \frac{15-2 \cdot 1,08-7 \cdot 1,275 \cdot l_{cs}}{7-1} = 0,65 \text{ м.}$$

Вычисляем фактическую величину освещенности

$$E = \frac{2340 \cdot 21 \cdot 2 \cdot 0,33}{1,1 \cdot 1,5 \cdot 15 \cdot 7} = 187,2 \text{ лк.}$$

Фактическая величина освещенности отличается от нормативной не более чем на 10 %.

Размещение светильников приведено на рисунке 6.4.

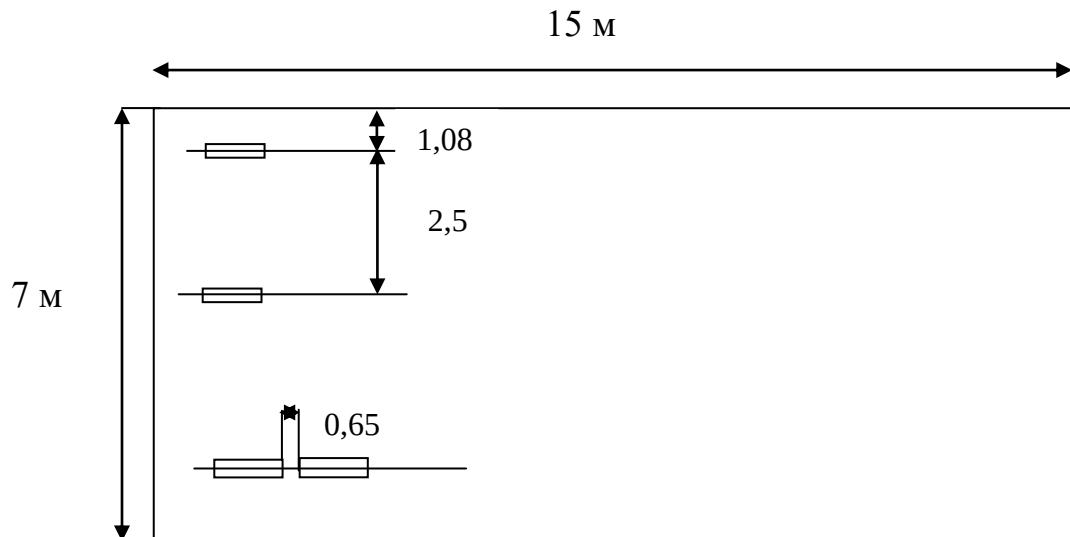


Рисунок 3.4 – Размещение светильников в помещении

1. Задания для работы на занятии

Задание 1. Определите общее потребное число и начертите схему расположения светильников с газоразрядными лампами для общего освещения производственного помещения длиной A , шириной B , высота подвеса светильников над уровнем пола h .

Высота рабочей поверхности h_n .

Коэффициенты отражения: потолка – 50, стен – 30, рабочей поверхности – 10 %.

Коэффициент запаса принять самостоятельно.

Коэффициент неравномерности освещения принять 1,1.

Разряд выполняемых работ – p .

Варианты заданий приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Исходные данные для расчета

	Варианты									
Параметры	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Первая цифра задания										
A, м	60	72	78	96	60	72	72	96	78	72
B, м	24	30	30	35	24	36	42	42	30	30
Вторая цифра задания										
h	3,8	3,5	4,0	3,8	3,0	3,0	4,0	2,8	4,2	3,5
hn	0,8	1,0	1,2	1,0	1,5	1,0	0,8	0,8	1,0	1,2
p	IVa	Vб	IVa	IVв	Va	IVб	IVг	Vг	Vб	IVa

Задание 2. Как изменится освещенность поверхности, если заменить 3 газоразрядные лампы со световым потоком 1200 лм на 3 лампы накаливания со световым потоком 400 лм?

Задание 3. Найдите среднюю освещенность поверхности, имеющей коэффициент отражения 0,6 и площадь 10 м^2 , если отраженный от неё световой поток составляет 300 лм?

Задание 4. Какова должна быть яркость объекта различения, чтобы его контраст с фоном был выше 0,4, если яркость фона 200 кд/м^2 ?

Задание 5. Найдите контраст двух объектов, если их яркости составляют 100 и 400 кд/м^2 .

Задание 6. Найдите среднюю освещенность поверхности, имеющей коэффициент отражения 0,4 и площадь 15 м^2 , если отраженный от нее световой поток составляет 200 лм.

Задание 7. Помещение освещается тремя лампами накаливания мощностью 100 Вт каждая. Определить во сколько раз увеличится освещенность, если вместо указанных ламп установить три люминесцентные лампы мощностью 20 Вт каждая.

Задание 8. Освещенность рабочей поверхности в системе комбинированного освещения для люминесцентных ламп составляет 1200 лк. Какую освещенность при этом должно давать одно общее освещение?

Задание 9. Чему равен коэффициент пульсаций светового потока, создаваемого светильником с люминесцентными лампами, если максимальное значение освещенности рабочей поверхности составляет 850 лк, а минимальное – 150 лк?

Задание 10. Люминесцентная лампа мощностью 20 Вт со световым потоком 1180 лм расположена над столом так, что только 0,2 светового потока ее падает на стол. Какова средняя освещенность стола E , если его площадь 1,6 м²?

Задание 11. Определить нормируемое значение освещенности на рабочих местах, если известно, что в помещении применяется общее равномерное искусственное освещение, выполняется зрительная работа средней точности, подразряд «б», в помещении более 50 % работников – лица старше 40 лет.

Задание 12. Определить нормируемое значение освещенности на рабочих местах, если известно, что в помещении применяется общее равномерное искусственное освещение, выполняется зрительная работа малой точности, подразряд «а», в помещении повышенные санитарно-гигиенические требования.

Задание 13. Определите нормируемое значение освещенности, если известно, что в помещении применяется комбинированное искусственное освещение и выполняется работа средней точности, подразряд «а».

4. Задания и вопросы для формирования и контроля владения компетенциями

1. Какие существуют основные количественные и качественные показатели искусственного освещения?

2. Приведите формулу для расчета освещенности как светотехнической величины.

3. Сколько выделяют разрядов зрительных работ в производственных помещениях при нормировании искусственного освещения?

4. Как нормируется искусственное освещение?

5. Рекомендуемая литература и Интернет-ресурсы

1. Сазонова, А. М. Безопасность труда
Электронный ресурс / Сазонова А. М., Харламова А. В., Шилова Е. А. -
Санкт-Петербург : ПГУПС, 2019. - 50 с. - ISBN 978-5-7641-1387-6,
экземпляров неограниченно
2. СП 52.13330.2011 Свод правил. Естественное и искусственное
освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*. – М.: Изд-во
Минрегионразвития, 2011 – 68 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б.1 – Нормативные величины освещенности в соответствии со СНиП 23-05-95

Характеристика зрительной работы	Наименьший размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Освещенность, лк		
						при системе комбинированного освещения		при системе общего освещения
Наивысшей точности	Менее 0,15	I	а	Малый	Темный	5000	500	-
			б	Малый Средний	Средний Темный	4000 3500	400 400	1250 1000
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	2500 2500 2000	300 300 200	750 750 600
			г	Средний Большой Большой	Светлый Светлый Средний	1500 1500 1250	200 200 200	400 400 300
Очень высокой точности	от 0,15 до 0,30	II	а	Малый	Темный	4000	400	-
			б	Малый Средний	Средний Темный	3000 2500	300 300	750 600
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	2000 2000 1500	200 200 200	500 500 400
			г	Средний Большой Большой	Светлый Светлый Средний	1000 1000 750	200 200 200	300 300 200
Высокой точности	от 0,30 до 0,50	III	а	Малый	Темный	2000	200	500
			б	Малый Средний	Средний Темный	1000 750	200 200	300 200
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	750 750 600	200 200 200	300 300 200

			г	Средний Большой Большой Средний	Светлый Светлый Средний	400 400 400	200 200 200	200 200 200
Средней точности	от 0,5 до 1,0	IV	а	Малый	Темный	750	200	300
			б	Малый Средний	Средний Темный	500	200	200
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	400	200	200
			г	Средний	Светлый	-	-	200
Малой точности	от 1,0 до 5,0	V	а	Малый	Темный	400	200	300
			б	Малый	Средний	-	-	200
			в	Средний	Средний	-	-	200
			г	Средний	Светлый	-	-	200
Грубая	более 5	VI		Независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном		-	-	200
Работа со светящимися поверхностями	более 0,5	VII		То же		-	-	200
Общее наблюдение за ходом производствен ного процесса		VIII	а	То же		-	-	200
			б	То же		-	-	75

Таблица Б.2 – Коэффициенты использования светового потока. Светильники с газоразрядными лампами

Тип светильника	ЛСП			ОДР			ЛВП			ПВЛМ		
L_n	70	50	50	70	50	50	70	50	50	70	50	50
L_c	50	50	30	50	50	30	50	50	30	50	50	30
L_p	30	10	10	30	10	10	30	10	10	30	10	10
Индекс помещения	Коэффициенты использования, %											
0,5	28	21	18	18	15	13	15	13	11	28	20	13
0,7	38	30	26	24	22	19	22	20	18	38	27	20
0,9	46	37	32	29	26	23	27	24	21	47	34	26
1,0	49	40	35	32	28	25	29	26	23	51	37	29
1,25	55	45	40	35	31	28	32	28	26	57	42	34
1,5	60	49	45	38	34	31	34	31	29	63	47	38

1,75	63	52	48	40	35	33	36	32	30	67	50	42
2,0	65	55	51	42	37	35	38	33	32	70	53	44
2,5	70	58	55	44	39	37	40	36	34	76	57	49
3,0	73	61	58	46	40	39	42	37	35	80	60	52
3,5	75	62	60	48	41	40	43	37	36	82	62	54
4,0	77	64	61	49	42	40	44	38	37	85	64	56
5,0	80	67	65	51	44	42	46	39	38	90	69	61

Таблица Б.3 – Коэффициенты использования светового потока. Светильники с газоразрядными лампами

Тип светильника	УВЛВ, УВЛН			ВЛВ			ПЛУ			ПВЛ		
L_n	70	50	50	70	50	30	70	50	30	70	50	30
L_c	50	50	30	50	30	10	50	30	30	50	30	10
L_p	30	10	10	30	10	10	30	10	10	30	10	10
Индекс помещения	Коэффициенты использования, %											
0,5	23	20	18	20	16	13	30	20	16	22	13	11
0,7	31	28	24	30	24	21	38	29	24	28	20	16
0,9	37	34	30	37	30	26	47	36	30	34	26	21
1,0	40	36	32	40	32	29	50	39	33	37	28	23
1,25	45	40	36	44	36	33	56	44	38	42	32	27
1,5	48	43	40	48	40	37	61	48	42	46	36	30
1,75	51	45	43	50	42	39	65	52	46	49	38	33
2,0	53	47	44	52	44	41	68	54	48	51	40	35
2,5	56	50	47	56	47	45	73	58	52	55	43	39
3,0	59	51	49	58	49	47	76	60	55	58	45	41
3,5	60	52	50	60	50	48	78	62	57	60	47	43
4,0	62	53	51	61	51	49	80	64	59	61	48	44
5,0	65	55	54	64	53	52	84	67	62	65	51	48

Таблица Б.4 – Рекомендуемые соотношения L/Нр

Тип кривой силы света	L/Нр	Типы светильников
Косинусная	1,4 – 1,6	ПВЛ, ПВЛМ, ППД, ЛВП, СУ, ЛСП
Полуширокая	1,6 – 1,8	ОД, ОДО, ОДОР, СЗЛ

Таблица Б.5 – Характеристики газоразрядных ламп

Тип лампы	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Габариты, мм	
			ширина	длина
С правильной цветопередачей				
ЛДЦ 40-1	40	2200	40	1213,6
ЛДЦС 40		1630	38	
ЛДЦ УФ 40		1600	40	
ЛХЕ 40		1900	40	
ЛТБЦ 40-1		1640	40	
С искаженной цветопередачей				
ЛД 40	40	2340	40	1213,6

ЛБ 40		3000	40	
ЛБ 40-1		3200	40	
ЛХБ 40-1		3000	40	
ЛД 40-1		2500	40	
ЛТБ 40-1		3100	40	
ЛХБС 40		2250	40	
ЛХБЦ 40		2400	40	
ЛДЦ 65-4	65	2900	40	1500
ЛХБ 65-4		3630	40	
ЛБ 65-4		4325	40	
ЛДЦ 80-4	80	3380	40	1500
ЛД 80-4		3865	40	
ЛТБ 80-4		4300	40	
ЛБР 80-1		4160	40	
ЛХБ 80-4		4220	40	
ЛХБ 150	150	8000	40	1500

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 4

Тема занятия: «Оценка производственного шума в помещении»

1. Теоретическая часть

Звук – акустические колебания в диапазоне 16 Гц...20 кГц, воспринимаемые человеком с нормальным слухом.

Болевым порогом принято считать звук с уровнем 140 дБ, что соответствует звуковому давлению 200 Па и интенсивности 100 Вт/м^2 , звуковые ощущения оцениваются по порогу дискомфорта (слабая боль в ухе, ощущение касания, щекотания).

Шум – это совокупность аperiодических звуков различной интенсивности и частоты.

С физиологической точки зрения шум – это всякий неблагоприятно воспринимаемый звук.

Шумы принято классифицировать по частотным, спектральным и временным характеристикам.

По частоте в зависимости от преобладания звуковой энергии в соответствующем диапазоне частот различают низко-, средне- и высокочастотные шумы.

По временным характеристикам шумы делят на постоянные и непостоянные (колеблющиеся, прерывистые и импульсные).

По спектру – широкополосные и тональные.

Основные энергетические характеристики шума.

Звуковая волна характеризуется следующими параметрами: звуковым давлением, длиной волны, частотой, амплитудой колебания и скоростью звука.

Звуковое давление P в некоторой точке пространства – это разность между мгновенным значением полного давления в этой точке и средним давлением, которое наблюдается в невозмущенной среде. Единица измерения

давления – паскаль (Па). Динамический диапазон восприятия по звуковому давлению $2 \cdot 10^{-5} - 2 \cdot 10^2$ Па.

Длина волны λ – это расстояние, измеренное вдоль направления распространения, между ближайшими точками звукового поля, в которых фазы колебаний одинаковые.

Частота f – число колебаний в единицу времени, Гц; а время, в течение которого совершается полное колебание, – период T , с.

Скорость звука c связана с длиной волны и частотой следующей зависимостью

$$c = \lambda * f, \quad (4.1)$$

где c – скорость звука, м/с;

λ – длина волны, м;

f – частота колебаний, Гц.

Под **интенсивностью звука (шума)** понимают количество звуковой энергии, проходящей через площадь 1 м^2 , расположенную перпендикулярно направлению распространения звуковой волны, Вт/м². Динамический диапазон восприятия составляет $10^{-12} - 10^2$ Вт/м².

Соотношение между интенсивностью звука и давлением звука P имеет вид

$$I = \frac{P^2}{\rho * c}, \quad (4.2)$$

где P – звуковое давление, Па;

ρ – плотность среды, кг/м³;

c – скорость звука, м/с.

Характерной особенностью абсолютных значений звукового давления (4), интенсивности звука является большой диапазон, в пределах которого они могут изменяться. Поэтому для удобства вычислений принято оценивать звуковое давление или интенсивность звука не в абсолютных, а в относительных единицах (белах, децибелах) по отношению к пороговым значениям. Измеренные таким образом величины называются уровнями.

Бел Б – это десятичный логарифм отношения интенсивности звука в данной точке к пороговому значению.

$$Бел = \lg \frac{I}{I_0}, \quad (4.3)$$

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

I_0 – пороговое значение уровня интенсивности, $I_0 = 10^{-12}$ Вт/м².

Ухо человека способно фиксировать изменение силы звука на 0,1 Б, и эта величина получила название децибел, дБ.

Тогда уровни интенсивности или звукового давления L , дБ, определяются по формуле:

$$L = 10 \lg \frac{I}{I_0} = 10 \lg \frac{P^2}{P_0^2} = 20 \lg \frac{P}{P_0}, \quad (4.4)$$

где P_0 – пороговое значение звукового давления, $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па.

Уровни шума на рабочих местах и на территории промышленных предприятий и селитебной территории городов и других населенных пунктов регламентируются нормативными документами: ГОСТ 12.1.003–12 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности» и СНиП II–12–77 «Защита от шума», СН 2.2.4/2.1.8.562–96 и СНиП 23–03–2003.

Существует два подхода к нормированию шума.

Первый подход.

Основной нормируемой характеристикой **постоянного шума** в соответствии с ГОСТ 12.1.003–83 (89) являются **уровни звукового давления** в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц. При этом шум не должен превышать допустимых уровней L_n , дБ.

Среднегеометрическая частота определяется по формуле

$$f = \sqrt{f_1 * f_2} \quad (4.5)$$

При анализе шума весь диапазон частот разбивают на отдельные полосы.

Октавная полоса – это полоса частот, в которой верхняя граничная частота f_v в 2 раза больше нижней f_n . В зависимости от частоты характер шума может быть низко-, средним и высокочастотным.

Второй подход

Использование эквивалентного уровня звука L_A , дБА. Согласно СНиП 23 – 03 – 2003 характеристикой **непостоянного шума** является эквивалентный уровень звука, измеряемый по характеристике «А» шумомера ($L_{экв}$, дБА).

Уровень звука связан с соответствующим предельным спектром зависимостью

$$L = PC + 5 \quad (4.6)$$

Так, например, в жилых комнатах в дневное время шум должен соответствовать PC-35 и $L_A = 40$ дБА, а в ночное время – PC-25 и $L_A = 30$ дБА.

СНиП II-12-77 устанавливает предельно допустимые уровни звукового давления для территорий, непосредственно прилегающих к жилым домам (в 2-х м от ограждающих конструкций).

Для территории жилой застройки принято нормативное значение $L_{экв} = 55$ дБА. Согласно этому документу также установлены максимальные значения (L_{max}) уровней звука, равные 70 дБА.

Интенсивный шум на производстве способствует снижению внимания и увеличению ошибок при выполнении работы.

Из-за шума снижается производительность труда и ухудшается качество работы.

Шум затрудняет своевременную реакцию работающих на предупредительные сигналы внутрицехового транспорта (автопогрузчики, мостовые краны и т. п.), что способствует возникновению несчастных случаев на производстве.

2. Примеры решения задач

Задача 1. Интенсивность звука в точке измерения 10 Вт/м^2 . Определить уровень звукового давления (L , дБ) в этой точке.

Решение:

Определим уровень интенсивности звука в расчетной точке

$$L = 10 \lg \frac{I}{I_0}, \text{дБ},$$

где I – фактическая интенсивность звука, Вт/м²;

I_0 – пороговая интенсивность звука (порог слышимости), Вт/м². $I_0 = 10^{-12}$ Вт/м².

$$L = 10 \lg \frac{10}{10^{-12}} = 10 \lg 10^{13} = 130 \text{дБ}$$

Так как значения уровней звукового давления и интенсивности звука равны, то величина уровня звукового давления 130 дБ.

Задача 2. Уровень интенсивности звука в расчетной точке 100 дБ. Определить величину звукового давления в ней.

Решение:

Уровень звукового давления равен уровню интенсивности звука и в расчетной точке составляет 100 дБ.

Тогда, звуковое давление определим из следующих соотношений

$$L = 20 \lg \frac{P}{P_0}, \text{дБ},$$

где P – фактическое значение звукового давления, Па;

P_0 – пороговое значение звукового давления (порог слышимости). $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па.

$$100 = 20 \lg \frac{P}{P_0}$$

$$5 = \lg \frac{P}{P_0}$$

$$10^5 = 10^{\lg \frac{P}{P_0}}$$

$$10^5 = \frac{P}{P_0}$$

$$P = 10^5 \cdot 2 \cdot 10^{-5} = 2 \text{Па}$$

Следовательно, звуковое давление в расчетной точке 2 Па.

Задача 3. В помещении установлены три источника шума с уровнями

звукового давления 78, 82 и 76 дБ. Определить уровень звука в точке, равноудаленной от них, если принять, что в помещении свободное акустическое поле.

Решение:

Выполняем расчет методом попарного суммирования в соответствии со СНиП II–12–77.

1. Ранжируем уровни звукового давления (УЗД) от большего к меньшему:

$$82 > 78 > 76 \text{ дБ}$$

2. Из большего значения вычитаем следующее и по разности определяем поправку в соответствии с таблицей 4.1:

Таблица 4.1 – Значения поправок

Δ L, дБ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20
A, дБ	3	2,5	2	1,8	1,5	1,2	1	0,8	0,6	0,5	0,4	0,2	0

$$82 - 78 = 4 \text{ дБ. Поправка } A = 1,5 \text{ дБ.}$$

Поправку прибавляем к большему УЗД.

$$82 + 1,5 = 83,5 \text{ дБ}$$

3. Из результата суммирования вычитаем следующее значение

$$83,5 - 76 = 7,5 \text{ дБ. Поправка } A = 0,7 \text{ дБ.}$$

Поправку прибавляем к большему УЗД

$$83,5 + 0,7 = 84,2 \text{ дБ.}$$

Результат расчета – 84,2 дБ.

Задача 4. Рабочий четыре раза по 15 минут в течение смены подвергается воздействию шума с уровнем 100 дБА. Найдите относительную дозу шума, полученную рабочим, если допустимый уровень шума для его рода работ 85 дБА.

Решение:

Доза шума оценивается по формуле

$$D = \int_0^T P_A^2(t) dt, \text{ Па}^2 \cdot \text{с} \quad (4.7)$$

Относительная доза шума рассчитывается по соотношению:

$$D_{\text{отн}} = (D/D_{\text{доп}}) 100, \% \quad (4.8)$$
$$D_{\text{доп}} = P_{A \text{ доп}}^2 \cdot T$$

где $P_{A \text{ доп}}$ – значение звукового давления Па, соответствующее допустимому уровню звука для данного помещения или характера работ;

T – продолжительность работ, ч.

Так как максимально допустимый уровень шума на рабочем месте составляет 85 дБА, что соответствует $P_{A \text{ доп}} = 0,356 \text{ Па}$, то за время $T = 8 \text{ ч}$ значение $D_{\text{доп}}$ составит

$$D_{\text{доп}} = P_{A \text{ доп}}^2 \cdot T = 0,356^2 \cdot 8 = 1 \text{ Па}^2 \cdot \text{ч}$$

Чтобы найти фактическую дозу шума, полученную рабочим, определим звуковое давление, соответствующее уровню звука 100 дБА:

$$P_A = P_0 \cdot 10^{L/20} = 2 \cdot 10^{-5} \cdot 10^{100/20} = 2 \text{ Па}.$$

Полагая, что в течение 15 минут уровень шума не меняется, получаем значение фактической дозы шума

$$D = P_A^2 t = 2^2 \cdot 0,25 = 1 \text{ Па}^2 \cdot \text{ч}.$$

Следовательно, относительная доза шума в этом случае составит

$$D_{\text{отн}} = (D/D_{\text{доп}}) \cdot 100 = (1/1) \cdot 100 = 100\%$$

Задача 5. Работают два одинаковых источника шума. Если их оба выключить, то уровень шума в определенной точке помещения составит 60 дБА. Если их оба включить, то уровень шума в помещении составит 65 дБА. Чему будет равен уровень шума в помещении, если включить только один источник шума?

Решение:

Введем следующие обозначения:

$L_p = 60$ дБА - уровень шума в помещении при выключенных источниках шума;

L_x – уровень шума одного из одинаковых источников;

$L_s = 65$ дБА- уровень шума в помещении, если включены оба источника;

L_{s1} - уровень шума в помещении, если включен один источник.

Тогда согласно формуле

$$L = 10 \lg \left(\sum_{i=1}^n 10^{0,1L_i} \right) \quad (4.9)$$

где L_i – уровень шума, создаваемый i – м источником, дБ;

n – количество источников шума.

$$L = 10 \lg \left(\sum_{i=1}^n 10^{0,1L_i} \right) = 10 \lg (10^{0,1L_p} + 2 * 10^{0,1L_x}) = 10 \lg (10^{0,1*60} + 2 * 10^{0,1L_x}) = 10 \lg (10^6 + 2 * 10^{0,1L_x}) = 65$$

С учетом того, что

$$L_{\Sigma} = 10 \lg (10^{0,1L_{\Sigma}}) = 65$$

получим

$$10^6 + 10^{0,1L_x} = 10^{6,5}$$

Отсюда определяем уровень шума одного источника

$$L_x = 60 + 10 \lg ((10^{0,5} - 1) / 2) = 60 \text{ дБА}$$

Таким образом, если рассматривать само помещение как третий источник шума, то получаем три источника с одинаковым уровнем шума.

Тогда при включении одного источника в помещении суммарный уровень шума составит в соответствии с формулой

$$L_{\Sigma} = L_1 + 10 \lg n \quad (4.10)$$

$$L_{\Sigma} = 60 + 10 \lg 2 = 63 \text{ дБА}$$

3. Задания для работы на занятии

Задание 1. Звуковое давление в измеряемой точке равно 0,2 Па. Определить уровень звукового давления в этой же точке.

Задание 2. Интенсивность звука в точке измерения $J=1 \text{ Вт/м}^2$. Определить уровень интенсивности звука в этой точке.

Задание 3. Уровень интенсивности звука 100 дБ. Чему равно звуковое давление?

Задание 4. Уровень звукового давления 100 дБ. Чему равна интенсивность звука?

Задание 5. Уровень звукового давления 120 дБ. Чему равен уровень интенсивности звука?

Задание 6. Уровень интенсивности звука 60 дБ. Чему равен уровень звукового давления?

Задание 7. Определите дозу шума, которую получает слушатель дискотеки, если эквивалентный уровень звука в помещении равен 100 дБА, а время пребывания 2 часа.

Задание 8. Определите время, в течение которого без ущерба для своего здоровья человек может находиться в зале, где проходит дискотека, если допустимый уровень звука принят равным 70 дБА.

Задание 9. Среднегеометрическая частота октавной полосы равна 1000 Гц. Определите верхнюю f_2 и нижнюю f_1 границы частот этой полосы.

Задание 10. Найти среднегеометрическую и верхнюю граничную частоты для октавы, для которой нижняя граничная частота $f_1 = 800 \text{ Гц}$.

Задание 11. Определить верхний и нижний граничные диапазоны для октавы со среднегеометрической частотой 500 Гц.

Задание 12. Определить снижение уровня интенсивности шума на расстоянии $r = 15 \text{ м}$ от источника шума, если измеренный уровень шума на расстоянии 1 м от него $L = 80 \text{ дБА}$.

Задание 13. Интенсивность звука в некоторой точке пространства при

работе одного источника шума $0,1 \text{ Вт/м}^2$, а при работе второго - $0,2 \text{ Вт/м}^2$. Что покажет шумомер, установленный в этой точке, если оба источника шума работают одновременно?

Задание 14. Уровень шума в помещении 60 дБ. Включено еще два источника шума по 60 дБ каждый. Как изменится уровень шума в помещении?

Задание 15. Работают два одинаковых источника шума. Если их оба выключить, то уровень шума в помещении составит 60 дБ. Если их оба включить, то уровень шума в помещении составит 65 дБ. Чему будет равен уровень шума в помещении, если включить только один источник шума?

Задание 16. Включено два одинаковых источника шума. При этом уровень шума в помещении 0 дБ. Чему будет равен уровень шума, если выключить один из источников? (Внешними шумами пренебречь.)

Задание 17. В цехе 3 источника шума 60, 60 и 85 дБ. Чему равен уровень шума в цехе, если все три источника работают одновременно? (Внешними шумами пренебречь.)

Задание 18. В цехе 5 источников шума 60, 60, 63, 66 и 69 дБ. Чему равен уровень шума в цехе, если все источники работают одновременно? (Внешними шумами пренебречь.)

Задание 19. Определить сколько часов можно находиться в помещении, чтобы доза шума не превысила допустимого значения (в расчетах на дозу шума допускается принимать нормативный уровень звука 85 дБА, если известно, что эквивалентный уровень шума составляет 88 дБА.

Задание 20. Определить сколько часов можно находиться в помещении, чтобы доза шума не превысила допустимого значения, если известно, что эквивалентный уровень шума составляет 91 дБА.

Задание 21. Определить сколько часов можно находиться в помещении, чтобы доза шума не превысила допустимого значения, если известно, что эквивалентный уровень шума составляет 94 дБА.

Задание 22. Определить какую дозу шума в процентах от нормы получит работающий за 8 часов работы, если эквивалентный уровень шума

составляет 88 дБА.

Задание 23. Определить какую дозу шума в процентах от нормы получит работающий за 8 часов работы, если эквивалентный уровень шума составляет 91 дБА.

Задание 24. Определить какую дозу шума в процентах от нормы получит работающий за 8 часов работы, если эквивалентный уровень шума составляет 94 дБА.

4. Задания и вопросы для формирования и контроля владения компетенциями

1. Перечислите основные энергетические характеристики шума.
2. Какие существуют методы нормирования шума?
3. Как влияет шум на организм человека?
4. Каковы гигиенические нормативы шума?
5. Какие существуют основные источники шума на предприятиях пищевой промышленности?
6. Перечислите основные профессиональные заболевания, вызванные действием шума?

5. Рекомендуемая литература и Интернет-ресурсы

1. Безопасность труда: Учебник для вузов. Изд. 4–е /С.В. Белов, А.В. Ильницкая, А.Ф. Козьяков и др./Под общ. ред. С.В. Белова.- М.: Высшая школа, 2009. – 325 с.
2. СП 51.13330.2011 Защита от шума. Актуализированная редакция. СНиП 23-03-2003. – М.: Изд-во Минрегионразвития, 2011 – 41 с.
3. ГОСТ 12.1.003-14 ССБТ Шум. Общие требования безопасности. – М.: ИПК Изд-во Стандартов, 2008 – 11 с.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 5

Тема занятия: «Расчет средств защиты от электромагнитных излучений»

1. Теоретическая часть

Спектр электромагнитных колебаний по частоте охватывает свыше 20 порядков, **от $5 \cdot 10^{-3}$ до 10^{21} Гц.**

В зависимости от энергии фотонов его подразделяют на область **неионизирующих и ионизирующих излучений.**

К неионизирующим излучениям в гигиенической практике относят также электрические и магнитные поля.

Естественными источниками электромагнитных полей и излучений являются:

- атмосферное электричество;
- радиоизлучения солнца и галактик;
- электрическое и магнитное поля Земли.

Источниками искусственных полей и излучений разной интенсивности являются все промышленные и бытовые электро– и радиоустановки.

Согласно ГОСТ 12.1.006.–84 напряженность ЭМП в диапазоне частот 60 кГц -300 МГц на рабочих местах персонала в течение рабочего дня не должна превышать установленных предельно допустимых уровней (ПДУ):

по электрической составляющей, В/м:

- 50 – для частот от 60 кГц до 3 МГц;
- 20 – для частот свыше 3 МГц до 30 МГц;
- 10 – для частот свыше 30 МГц до 50 МГц;
- 5 – для частот свыше 50 МГц и до 300 МГц;

по магнитной составляющей, А/м:

- 5 – для частот от 60 кГц до 1,5 МГц;
- 0,3 – для частот от 30 МГц до 50 МГц.

Предельно допустимую плотность потока энергии в диапазоне частот 300 МГц – 300 ГГц на рабочих местах персонала устанавливают исходя из допустимого значения энергетической нагрузки W на организм и времени пребывания в зоне облучения, однако во всех случаях она не должна превышать 10 Вт/м^2 , а при наличии рентгеновского излучения или высокой температуры воздуха в рабочих помещениях (выше 28°C) – 1 Вт/м^2 .

Предельно допустимая плотность потока энергии (в принципе, это плотность мощности, судя по размерности Вт/м^2 , но в технической литературе и нормативной документации, к сожалению, принят термин "плотности потока энергии") определяется по формуле

$$\text{ППЭ} = W / T, \quad (5.1)$$

где W – нормированное значение допустимой энергетической нагрузки на организм, равное 2 Вт/м^2 для всех случаев облучения, исключая облучение от вращающихся и сканирующих антенн, и 20 Вт/м^2 для облучения от вращающихся и сканирующих антенн;

T – время пребывания в зоне облучения, ч.

Предельно допустимая ППЭ при эксплуатации микроволновых печей не должна превышать $0,1 \text{ Вт/м}^2$ при трехкратном ежедневном облучении по 40 мин и общей длительности облучения не более 2 ч в сутки.

Нормирование ЭМП промышленной частоты осуществляют по предельно допустимым уровням напряженности электрического (10) и магнитного полей (9) частотой 50 Гц в зависимости от времени пребывания в нем и регламентируются “Санитарными нормами и правилами выполнения работ в условиях воздействия электрических полей промышленной частоты” № 5802–91 и ГОСТ 12.1.002–84.

Влияние электрических полей переменного тока промышленной частоты в условиях населенных мест (внутри жилых зданий, на территории жилой застройки и на участках пересечения воздушных линий с автомобильными дорогами) ограничивается “Санитарными нормами и правилами защиты населения от воздействия электрического поля,

создаваемого воздушными линиями электропередачи переменного тока промышленной частоты” № 2971–84.

Нормирование уровней напряженности ЭСП осуществляют в соответствии с ГОСТ 12.1.045–84 в зависимости от времени пребывания персонала на рабочих местах.

Нормирование ЭМИ радиочастотного диапазона проводится по ГОСТ 12.1.006–84 и Санитарным правилам и нормам СанПиН 2.2.4/2.1.8.055–96. В основу гигиенического нормирования положен принцип действующей дозы, учитывающей энергетическую нагрузку.

2. Примеры решения задач

Задача 1

Напряженность электростатического поля на рабочем месте оператора ЭВМ, создаваемая экраном дисплея, составляет 25 кВ/м. Какова допустимая продолжительность пребывания оператора на этом рабочем месте в течение смены ?

Решение:

В соответствии с «Санитарно-гигиеническими нормами допустимой напряженности электростатического поля» значение напряженности поля E на рабочих местах не должно превышать 60 кВ/м при воздействии до 1 часа, а при воздействии свыше 1 часа до 9 часов допустимое значение E определяют по формуле

$$E = 60/\sqrt{t}, \quad (5.2)$$

где t – время воздействия.

При напряжённости электрического поля свыше 20 кВ/м указанные нормативы применяют, если в остальное время рабочего дня E не превышает 20 кВ/м. Следовательно, в данном случае допустимое время воздействия не должно превышать

$$t = (60/25)^2 = 5,76 \text{ ч.}$$

Задача 2

Рабочий должен проложить кабель в санитарно-защитной зоне

радиостанции, работающей на частотах 65 кГц, 130 кГц и 1,5 МГц. Дополнительно могут быть включены передатчики, работающие на частотах 35 и 560 МГц. Допустимо ли выполнять эти работы при включенных передатчиках, если продолжительность работ не менее 4 ч, напряженность поля в зоне выполнения работ составляет для частоты 35 МГц 4 В/м, а плотность потока энергии на частоте 560 МГц равна 0,4 Вт/м²?

Решение:

Так как источники излучения работают в частотных диапазонах с разными значениями предельно допустимого уровня, то должно выполняться условие

$$\sum_i \frac{E_i}{ПДУ_{E_i}} + \sum_i \frac{ППЭ_i}{ПДУ_{ппэ}} \leq 1 \quad (5.3)$$

Значение ПДУ_{ппэ} при работе в течение 4 часов в поле постоянно действующего передатчика составляет

$$ПДУ_{ппэ} = \frac{W}{T} = \frac{2}{4} = 0,5 (Вт / м^2) \quad (5.4)$$

Определим энергетическую нагрузку для излучения частотой 35 МГц по формуле

$$ЭН_E = E^2 * T = 4^2 * 4 = 64 (В/м)^2 * ч \quad (9.5)$$

Норма для энергетической нагрузки выбрана по таблице 9.1.

Таблица 5.1 – Предельно допустимая энергетическая нагрузка

Диапазоны частот	Предельно допустимая энергетическая нагрузка	
	ЭН _{Едоп} , (В/м) ² *ч	ЭН _{Ндоп} , (А/м) ² *ч
30 кГц...3МГц	20000	200
3...30 МГц	7000	Не разработаны

30...50 МГц	800	0,72
50...300 МГц	800	Не разработаны

Проверим соотношение

$$\frac{0,4}{0,5} + \frac{4^2 * 4}{800} = 0,88 \leq 1$$

Следовательно, в данном случае выполнение работ при включенных передатчиках возможно.

Задача 3

В какой зоне находится рабочий, если его рабочее место расположено на расстоянии 0,5 м от высокочастотной установки с номинальной частотой 50 кГц?

Решение:

Определим границы ближней, промежуточной и дальней зон.

Для этого рассчитаем длину волны излучения

$$C = \lambda * f \quad (5.6)$$

$$\lambda = \frac{C}{f} = \frac{3 * 10^8}{50 * 10^3} = 0,6 * 10^5 \quad (5.7)$$

Граница ближней зоны

$$R \leq \frac{\lambda}{2\pi} \approx \frac{\lambda}{6} \quad (5.8)$$

$$R \leq \frac{0,6 * 10^5}{6} = 10^4 \text{ м}$$

Границы промежуточной зоны

$$\frac{\lambda}{2\pi} \leq R \leq 2\pi\lambda \quad (5.9)$$

$$\frac{0,6 * 10^5}{6} \leq R \leq 6 * 0,6 * 10^5$$

$$10^4 \leq R \leq 3,6 * 10^5$$

Если рабочее место находится на расстоянии 0,5 м от источника, то оно расположено в ближней зоне.

3. Задания для работы на занятии

Задание 1. Известно, что наиболее вредными для человеческого организма являются электромагнитные волны длиной 20 – 30 см. Какова частота этих волн?

Задание 2. Определите напряженность магнитного поля вокруг токопровода с током промышленной частоты 25 кА на расстоянии 1 м. Оцените, какое время можно находиться в таком поле без специальных защитных средств.

Задание 3. Из условия предыдущей задачи определите, какой толщины должна быть стенка экрана из алюминия (удельная электрическая проводимость $\gamma = 33 * 10^6$ См/м, $\mu = \mu_0$), чтобы поле не выходило в пространство за экраном.

Задание 4. Какой толщины должна быть стенка экрана из ферромагнитного материала ($\gamma = 10 * 10^6$ См/м, $\mu = 1000 * \mu_0$), чтобы поле промышленной частоты 50 Гц не проникало за экран?

Задание 5. Из условия предыдущей задачи определить расстояние, на котором может находиться работник в течение рабочего дня без специальных защитных средств.

Задание 6. В какой зоне находится рабочий, если его рабочее место расположено на расстоянии 0,5 м от высокочастотной установки с номинальной частотой 60 кГц?

Задание 7. В условиях предыдущей задачи рабочая частота равна 300 МГц. Определить, в какой зоне будет находиться рабочее место.

Задание 8. Какова длительность рабочего времени при предельно допустимой плотности потока энергии 10 Вт/м^2 в нормальных условиях ($<28^\circ\text{C}$, рентгеновское излучение отсутствует) в диапазоне частот 300 МГц – 300 ГГц в соответствии с ГОСТ 12.1.006- 84?

Задание 9. Определить допустимое в течение суток время пользования радиотелефоном, работающим в частотном диапазоне выше 900 МГц, если мощность излучающей трубки равна 0,5 Вт. Расстояние до тканей мозга принять равным 5 см. Коэффициент усиления $G = 0,5$. Нормированное значение энергетической нагрузки при нормальных условиях $2 \text{ Вт} \cdot \text{ч/м}^2$.

Задание 10. Радиопередатчик мощностью 0,5 кВт действует на частоте 330 МГц при нормальных условиях среды ($<28^\circ\text{C}$, рентгеновское излучение отсутствует). Определить безопасное расстояние, на котором можно постоянно находиться человеку?

Задание 11. Во время работы персонального компьютера на видеодисплейном мониторе с размерами сторон 40 x 30 см был измерен статический заряд $q = 26,5 \times 10^{-12} \text{ Кл}$. Определить напряженность электростатического заряда и сравнить полученное значение с гигиеническими нормами, в соответствии с которыми напряженность не должна превышать 15 В/м. Пройдет ли сертификацию такой монитор?

Задание 12. Действующее значение электрического поля, замеренное у экрана телевизора, оказалось равным 100 В/м. Считая, что напряженность E убывает с расстоянием пропорционально кубу, определить, на каком расстоянии будет измерено принимаемое рядом исследователей за безопасное значение $E_{\text{доп}} = 0,5 \text{ В/м}$? Чему равно E на расстоянии 3 м и на рекомендуемом гигиенистами расстоянии 4 м?

Задание 13. Произвести оценку соответствия параметров электромагнитных излучений на рабочем месте оператора действующим нормам. При несоблюдении норм определить допустимое время пребывания оператора в зоне облучения. Частота электромагнитного излучения 0,1 МГц. Исходные данные приведены в таблице 9.2.

Таблица 5.2

Вариант	Общее время действия облучения на оператора в течение рабочей смены Т, час	Напряженность электрического поля на рабочем месте оператора Е, В/м	Напряженность магнитного поля на рабочем месте оператора Н, А/м
1	3	100	5
2	4	80	3
3	2	90	4
4	6	50	2
5	0,5	170	9
6	3	200	3
7	2	50	4
8	1	70	5
9	4	60	6

Задача №14. Оценить степень безопасной эксплуатации оборудования с электромагнитным излучением необходимо:

1. Рассчитать зоны индукции, излучения и определить положение рабочего места;

2. Определить напряженность электрического и магнитного полей или удельную мощность потока энергии на заданном расстоянии от источника и сопоставить с нормируемым значением ;

Данные для расчета приведены в таблице 9.3.

Таблица 5.3

Параметры	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
	Последняя цифра шифра									
	100	200	300	400	500	600	550	450	650	700
Частота ЭМИ, Гц	300	30	400	350	450	500	350	550	200	250
Направлен-	Предпоследняя цифра шифра									

ность действия ЭМИ	200	100	300	400	500	300	200	100	400	500
Расстояние до рабочего места, м	10	5	3	2	15	1,5	1	0,5	10	12

4. Задания и вопросы для формирования и контроля владения компетенциями

1. Перечислите основные виды электромагнитных излучений.
2. Какие нормируют электромагнитные излучения?
3. Как влияют электромагнитные излучения на организм человека?
4. Каковы гигиенические нормативы электромагнитных полей различных диапазонов?
5. Какие существуют основные источники электромагнитных излучений в быту и на производстве ?
6. Перечислите основные заболевания, вызванные действием электромагнитных излучений?

5. Рекомендуемая литература и Интернет-ресурсы

1. Безопасность труда: Учебник для вузов. Изд. 4–е /С.В. Белов, А.В. Ильницкая, А.Ф. Козьяков и др./Под общ. ред. С.В. Белова.- М.: Высшая школа, 2009 – 325 с.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 6

Тема занятия: «Выбор и расчет систем электробезопасности в сетях переменного тока с напряжением до 1000 В»

1. Теоретическая часть

Исход воздействия электрического тока на организм человека зависит от многих факторов, в том числе от наличия и исправности систем электробезопасности. Некоторые из них представлены на рисунке 6.1.

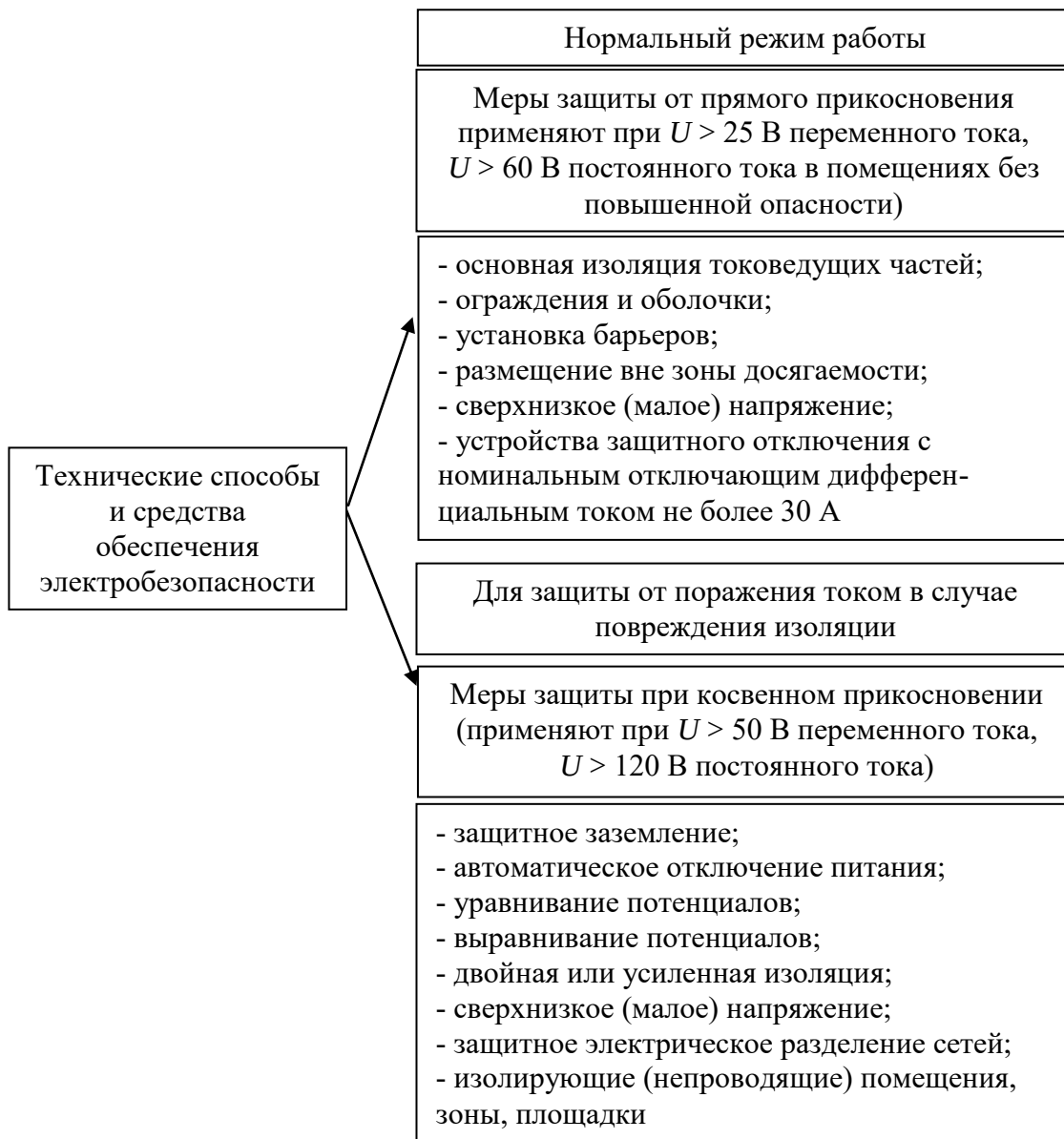


Рисунок 6.1 – Технические способы и средства обеспечения электробезопасности

2. Примеры решения задач

Задача 1. Для защиты от поражения электрическим током на дачном участке насос подключили к самодельному заземляющему устройству сопротивлением 30 Ом. Допустимо ли это и сработает ли защита, если в фазном проводе установлен предохранитель на 10 А при напряжении в сети 220 В?

Решение:

Поскольку на дачном участке используется сеть с глухозаземлённой нейтралью, то использовать в качестве меры защиты заземление без зануления недопустимо. В этом случае обязательно должно быть выполнено зануление, а самодельное заземляющее устройство может использоваться только в качестве вторичного заземлителя. Если использовать его в качестве единственной меры безопасности, то при пробое фазы на корпус величина тока замыкания составит

$$I = \frac{U}{R_z}, \quad (6.1)$$

где U – напряжение, В; R_z – сопротивление заземлителя, Ом.

$$I = \frac{220}{30} = 7,3 \text{ А.}$$

Полученная величина ниже порога срабатывания (10 А) и защита не сработает.

Задача 2. При какой установленной мощности электрооборудования в сети 220/380 В не сработает автомат отключения, если сопротивление вторичного заземляющего устройства 20 Ом, а основной нулевой провод оборвался?

Решение:

Максимальный ток через вторичный заземлитель при пробое на корпус составляет (формула (5.1)):

$$I_m = \frac{U}{R_z} = \frac{220}{20} = 11 \text{ А.}$$

Так как защита может сработать лишь при условии, что ее номинальный рабочий ток меньше тока короткого замыкания, то очевидно,

что при мощности электрооборудования, равной или большей 2420 ВА защита не работает.

$$N = U_f \cdot I_m = 220 \cdot 11 = 2420 \text{ ВА.}$$

Задача 3. Сотрудник офиса коснулся корпуса холодильника, который в результате неисправности оказался электрически связанным с питающим фазным проводом. Корпус холодильника не занулен и не касается никаких заземленных конструкций. Питающая сеть трехфазная четырехпроводная с заземленной нейтралью, фазное напряжение – 220 В. Сотрудник стоит на деревянном полу в промокших из-за дождя ботинках. Рассмотреть два случая: пол мокрый после влажной уборки; пол сухой.

Определите значения токов проходящих через тело человека при разной влажности пола, какие ощущения будет испытывать сотрудник в двух указанных случаях?

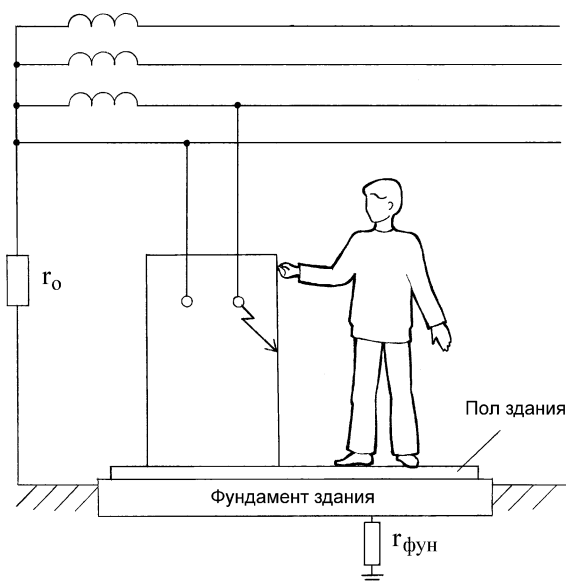


Рисунок 6.2 – Схема для анализа: r_0 – сопротивление заземления нейтрали; $r_б$ – сопротивление ботинок; r_n – сопротивление полу между подошвами ботинок и заземленными конструкциями здания; $r_{фун}$ – сопротивление растеканию тока с фундамента здания; R_h – Сопротивление тела человека

Решение:

Расчетная эквивалентная схема представлена на рисунке 6.15

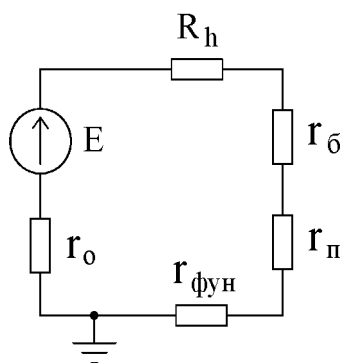


Рисунок 6.15 – Расчетная эквивалентная схема

Принимаем $r_o = 3,7$ Ом, $r_{\delta} = 100$ Ом, r_n (мокрый) = 500 Ом, r_n (сухой) = 100000 Ом, $r_{фун} = 30$ Ом, R_h (мокрый) = 800 Ом, R_h (сухой) = 6500 Ом.

Ток через тело человека определен по формуле:

$$I_h = \frac{U_{\phi}}{R_h + r_{\delta} + r_{фун} + r_n + r_o}, \quad (6.2)$$

где R_h – сопротивление человека, Ом; r_{δ} – сопротивление ботинок, Ом; $r_{фун}$ – сопротивление фундамента, Ом; r_n – сопротивление пола, Ом; r_o – сопротивление заземления, Ом.

Расчет для пола сухого

$$I_h = \frac{220}{6500+100+30+100000+3,7} = 0,002 \text{ A.}$$

Расчет для пола мокрого

$$I_h = \frac{220}{800+100+30+500+3,7} = 0,15 \text{ A.}$$

Напряжение на теле человека (напряжение прикосновения) рассчитывают по формуле:

$$U_{np} = I_h \cdot R_h. \quad (6.3)$$

Пол мокрый

$$U_{np} = 0,15 \cdot 800 = 122,76 \text{ В.}$$

Пол сухой

$$U_{np} = 0,002 \cdot 6500 = 13 \text{ В.}$$

Задача 4. По распоряжению руководителя отдела автоматизации банка для защиты вычислительной техники от электромагнитных помех было выполнено заземление. Корпуса оборудования, используемого для обработки важной информации, были присоединены к заземлителю и, в нарушение

действующих правил, отсоединены от нулевого защитного проводника. Оцените опасность для сотрудницы банка, коснувшейся ногой шины заземления, а рукой – металлической двери, имеющей электрическую связь с металлическими конструкциями здания, и для сотрудника охраны банка касающегося рукой зануленного пульта охранной сигнализации, а ногой – водопроводной трубы. Возникновение опасности обусловлено тем, что произошло замыкание фазы на корпус одного из заземленных системных блоков. Все оборудование банка запитано от трехфазной четырехпроводной сети с заземленной нейтралью; фазное напряжение – 220 В. Сопротивление заземления нейтрали r_0 – 8,5 Ом.

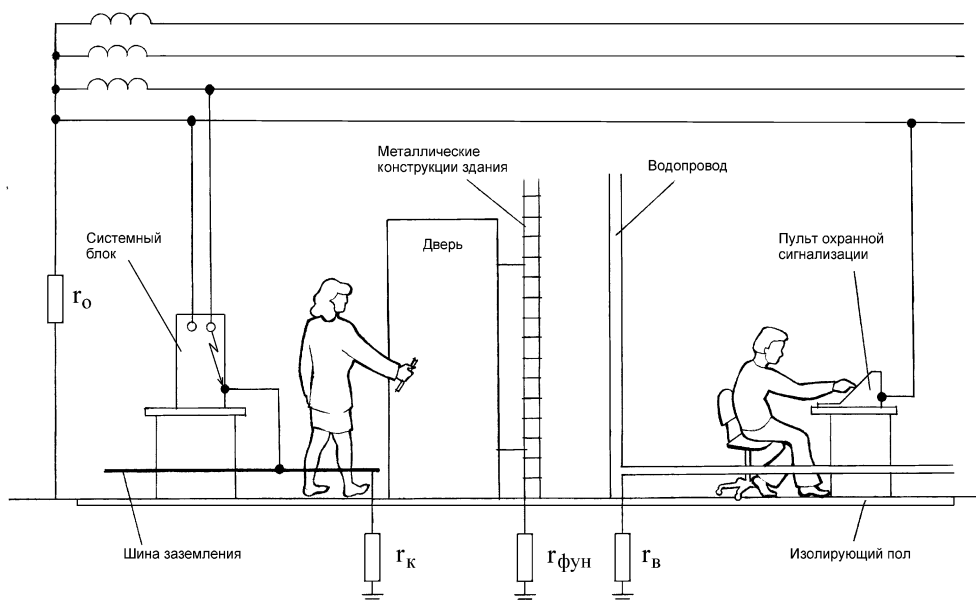


Рисунок 6.4 – Схема для анализа: r_k – сопротивление заземления корпусов вычислительного оборудования; $r_{фун}$ – сопротивление растеканию тока в земле фундамента здания; $r_в$ – сопротивление растеканию тока в земле системы водопровода; R_{h1} – сопротивление тела сотрудницы банка; R_{h2} – сопротивление тела сотрудника охраны

Решение:

Расчетная эквивалентная схема представлена на рисунке 6.17

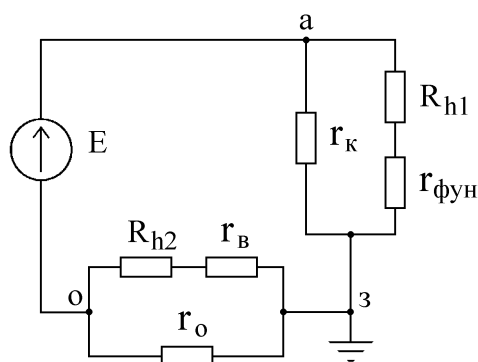


Рисунок 6.3 – Расчетная эквивалентная схема

Принимаем $r_o = 8,5$ Ом, $r_k = 3,8$ Ом, $r_\epsilon = 20$ Ом, $R_{h1} = 1000$ Ом, $R_{h2} = 800$ Ом, $r_{фун} = 63$ Ом.

Для оценки опасности следует определить напряжения между точками а и з – $U_{\dot{a}z}$ и точками о и з – $U_{\dot{o}z}$. Сопротивления цепочек R_{h1} , $r_{\dot{o}z}$ и R_{h2} , $r_{\dot{a}}$ намного больше сопротивлений r_k и r_o , соответственно, по этому при определении $U_{\dot{a}z}$ и $U_{\dot{o}z}$ их влиянием можно пренебречь. При таком допущении величина тока замыкания на землю I_z определяется по формуле:

$$I_z = \frac{E}{r_o + r_k}, \quad (6.4)$$

где E – фазное напряжение сети.

$$I_z = \frac{220}{8,5 + 3,8} = 17,9 \text{ A}. \quad (6.6)$$

Напряжения $U_{\dot{a}z}$ и $U_{\dot{o}z}$ определяют по формулам:

$$\begin{aligned} U_{\dot{a}z} &= I_z r_k, \quad U_{\dot{o}z} = I_z R_o; \\ U_{\dot{a}z} &= 17,9 \cdot 3,8 = 68,02 \text{ В}; \\ U_{\dot{o}z} &= 17,9 \cdot 8,5 = 152,15 \text{ В}. \end{aligned} \quad (6.7)$$

Определяют значения токов через сотрудииков банка:

$$\begin{aligned} I_{h1} &= \frac{U_{\dot{a}z}}{R_{h1} + r_{фун}}, \quad I_{h2} = \frac{U_{\dot{o}z}}{R_{h2} + r_\epsilon}; \\ I_{h1} &= \frac{68,02}{1000 + 63} = 0,064 \text{ А}; \\ I_{h2} &= \frac{152,15}{800 + 20} = 0,186 \text{ А}. \end{aligned} \quad (6.8)$$

Напряжения прикосновения составят:

$$\begin{aligned}
U_{i\delta 1} &= I_{h1} R_{h1}; \\
U_{i\delta 2} &= I_{h2} R_{h2}.
\end{aligned}
\tag{6.9}$$

$$U_{np1} = 0,064 \cdot 1000 = 64,4;$$

$$U_{np2} = 0,186 \cdot 800 = 148,84.$$

3. Задания для работы на занятии

Задание 1. Для защиты от поражения электрическим током в сети с изолированной нейтралью 220/380 В установили предохранитель на 1 А в цепи питания двигателя мощностью 220 Вт. Сработает ли защита при пробое фазы на корпус, если сопротивление изоляции каждой из неповрежденных фаз 1 МОм?

Задание 2. Для отключения поврежденной фазы в сети с изолированной нейтралью 220/380 В в цепь каждого фазного провода установили предохранитель на 10 А. Поможет ли эта мера защиты при аварийной ситуации (однофазное замыкание на землю), если сопротивление изоляции каждой из неповрежденных фаз 1 МОм?

Задание 3. В сети с изолированной нейтралью напряжением 220/380 В произошел пробой фазы на корпус. Найдите напряжение прикосновения, если оборудование подключено к выносному заземлителю сопротивлением 10 Ом, а сопротивление изоляции каждой из неповрежденных фаз 1 МОм.

Задание 4. В сети с изолированной нейтралью напряжением 220/380 В произошел пробой фазы на корпус. Найдите напряжение прикосновения, если оборудование подключено к контурному заземлителю сопротивлением 10 Ом, а сопротивление изоляции каждой из неповрежденных фаз 1 МОм.

Задание 5. В сети с глухозаземленной нейтралью напряжением 220/380 В произошел пробой фазы на корпус. Найдите напряжение прикосновения, если сопротивление заземления нулевого провода соответствует норме,

сопротивление изоляции неповрежденных фаз 1 МОм, сопротивление фазного провода 0,25 Ом, а нулевого провода – 0,5 Ом.

Задание 6. В сети с глухозаземленной нейтралью напряжением 380/660 В произошел пробой фазы на корпус. Найдите напряжение прикосновения, если сопротивление заземления нулевого провода соответствует норме, сопротивление изоляции каждой из неповрежденных фаз – 1 МОм, сопротивление фазного провода – 0,25 Ом, а нулевого провода – 0,5 Ом.

Задание 5. При контроле сопротивления заземляющего устройства методом «трех измерений» были получены следующие результаты: $R_1=10$ Ом, $R_2=7$ Ом и $R_3=5$ Ом. Чему равно сопротивление заземляющего устройства?

Задание 6. По условию, приведенному в задаче 3 примера решить задачу, используя данные, представленные в таблице 6.14.

Таблица 6.1 – Исходные данные

Вариант	r_o , Ом	r_{ϕ} , Ом	r_{n2} , Ом		$r_{фун}$, Ом	R_h , Ом	
			пол мокрый	пол сухой		пол мокрый	пол сухой
а	3,7	20	530	100000	48	800	6000
б	5,9	55	2100	58000	17	1200	6700
в	6,8	140	1500	230000	74	1300	9100
г	9,3	30	740	89000	27	900	15000
д	2,9	220	2600	24000	35	1800	6100

Определите значения токов проходящих через тело человека при разной влажности пола, какие ощущения будет испытывать сотрудник в двух указанных случаях?

После ответа на поставленные вопросы сделайте выводы относительно влияния различных элементов цепи тока через тело человека на его величину, о том можно ли полагаться на изолирующие свойства обуви и пола, о необходимости средств защиты от поражения электрическим током в подобных ситуациях. Какие средства защиты Вы могли бы предложить?

Определите значения напряжений прикосновения при разном состоянии пола. Как зависит сопротивление тела человека от величины напряжения прикосновения?

Задание 9. По условию, приведенному в задаче 4 примера решить задачу, используя данные, представленные в таблице 6.15.

Таблица 6.2 – Исходные данные

Вариант	r_k , Ом	$r_{фун}$, Ом	$r_в$, Ом	R_{h1} , Ом	R_{h2} , Ом
а	3.8	78	41	1500	900
б	5.6	63	25	800	1000
в	9.4	14	13	970	1600
г	5.3	22	34	1300	1100
д	6.7	31	17	900	850

Оцените опасность поражения сотрудников.

Сделайте выводы о правомерности решения руководителя отдела автоматизации, об эффективности работы служб охраны труда и главного энергетика банка, о влиянии различных элементов цепи замыкания на землю на условия безопасности. Известны ли Вам технические средства защиты, которые способны предотвратить электропоражение даже при рассмотренном ошибочном подключении оборудования?

4. Задания и вопросы для формирования и контроля владения компетенциями

1. Защитное отключение. Что это такое, когда и где его применяют?
2. Для чего применяют вторичное заземление нулевого провода?
3. Что можно использовать в качестве естественных заземлителей?
4. Для чего применяют контурные заземляющие устройства?
5. Каким образом можно одновременно снизить напряжение прикосновения и шага для человека, работающего с электрооборудованием на открытой площадке?
6. Защитное заземление. Что это такое, где и для чего оно применяется?
5. Зануление электрооборудования. Что это такое, где и для чего оно применяется?

8. Сопротивление заземляющих устройств контролируют один год летом, а другой – зимой. Почему?

9. Как проверить сопротивление изоляции 200 м провода?

10. Устройства непрерывного контроля сопротивления изоляции. На чем основан их принцип действия и где они применяются?

11. При контроле сопротивления изоляции однофазной осветительной сети с помощью мегомметра его показания составили 470 кОм. Пригодна ли эта сеть к эксплуатации?

12. В помещении цеха на бетонном полу установлены станки. Нужно ли предпринимать какие-либо меры по обеспечению электробезопасности, если станки запитываются от сети с глухозаземленной нейтралью 220/380 В?

13. К сети с глухозаземленной нейтралью напряжением 220/380 В подключено электрооборудование, установленное в помещении без повышенной опасности поражения электрическим током. Надо ли занулять корпуса электрооборудования?

14. К сети с глухозаземленной нейтралью напряжением 380/660 В подключено электрооборудование, установленное в помещении без повышенной опасности поражения электрическим током. Надо ли занулять корпуса электрооборудования?

15. Как проверить сопротивление искусственного заземляющего устройства?

5. Рекомендуемая литература и Интернет-ресурсы

1. Безопасность труда: Учебник для вузов. Изд. 4–е /С.В. Белов, А.В. Ильницкая, А.Ф. Козьяков и др./Под общ. ред. С.В. Белова.- М.: Высшая школа, 2009 – 325 с.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 7

Расчет молниезащиты

1. Теоретическая часть

К мероприятиям по обеспечению пожарной безопасности на производстве относится устройство молниезащиты зданий и сооружений.

Молниезащита – комплекс мероприятий и устройств, предназначенных для обеспечения безопасности людей, предохранения зданий, сооружений, оборудования, материалов от взрывов, загораний, разрушений возможных при воздействии молнии.

Непосредственное опасное воздействие молнии - это **пожары, механические повреждения, травмы людей и животных, а также повреждения электрического и электронного оборудования**. Последствиями удара молнии могут быть взрывы твердых, жидких и газообразных материалов и веществ и выделение опасных продуктов — радиоактивных и ядовитых химических веществ, а также бактерий и вирусов.

Удары молнии могут быть особо опасны для информационных систем, систем управления, контроля и электроснабжения. Для электронных устройств, установленных в объектах разного назначения, требуется специальная защита.

Расчет молниезащиты выполняется в соответствии с СО-153-34.21.122-2003 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций».

В соответствии с этим документом классификация объектов по устройству молниезащиты определяется **опасностью удара молнии для самого объекта и его окружения**.

Рассматриваемые объекты могут подразделяться на обычные и специальные.

Обычные объекты - жилые и административные строения, а также здания и сооружения, высотой не более 60 м, предназначенные для торговли, промышленного производства, сельского хозяйства.

Специальные объекты:

объекты, представляющие опасность для непосредственного окружения:

объекты, представляющие опасность для социальной и физической окружающей среды (объекты, которые при поражении молнией могут вызвать вредные биологические, химические и радиоактивные выбросы);

прочие объекты, для которых может предусматриваться специальная молниезащита, например, строения высотой более 60 м, игровые площадки, временные сооружения, строящиеся объекты.

В таблице 8.1 даны примеры разделения объектов на четыре класса.

При строительстве и реконструкции для каждого класса объектов требуется определить необходимые уровни надежности защиты от прямых ударов молнии (ПУМ). Например, для обычных объектов может быть предложено четыре уровня надежности защиты, указанные в таблице 2.

Для специальных объектов минимально допустимый уровень надежности защиты от ПУМ устанавливается в пределах 0,9—0,999 в зависимости от степени его общественной значимости и тяжести ожидаемых последствий от прямого удара молнии. По желанию заказчика в проект может быть заложен уровень надежности, превышающий предельно допустимый.

Таблица 7.1 Примеры классификации объектов

Объект	Тип объекта	Последствия удара молнии
Обычные объекты	Жилой дом	Отказ электроустановок, пожар и повреждение имущества. Обычно небольшое повреждение предметов, расположенных в месте удара молнии или задетых ее каналом
	Ферма	Первоначально — пожар и занос опасного напряжения, затем — потеря электропитания с риском гибели животных из-за отказа электронной системы управления вентиляцией, подачи корма и т.д.
	Театр; школа; универмаг; спортивное сооружение	Отказ электроснабжения (например, освещения), способный вызвать панику. Отказ системы пожарной сигнализации, вызывающий задержку противопожарных мероприятий
	Банк; страховая компания; коммерческий офис	Отказ электроснабжения (например, освещения), способный вызвать панику. Отказ системы пожарной сигнализации, вызывающий задержку противопожарных мероприятий. Потери средств связи, сбои компьютеров с потерей данных
	Больница; детский сад; дом престарелых	Отказ электроснабжения (например, освещения), способный вызвать панику. Отказ системы пожарной сигнализации, вызывающий задержку противопожарных мероприятий. Потери средств связи, сбои компьютеров с потерей данных. Наличие тяжелобольных и необходимость помощи неподвижным людям
	Промышленные предприятия	Дополнительные последствия, зависящие от условий производства — от незначительных повреждений до больших ущербов из-за потерь продукции
	Музеи и археологические памятники	Невосполнимая потеря культурных ценностей
Специальные объекты с ограниченной опасностью	Средства связи; электростанции; пожароопасные производства	Недопустимое нарушение коммунального обслуживания (телекоммуникаций). Косвенная опасность пожара для соседних объектов
Специальные объекты, представляющие опасность для непосредственного окружения	Нефтеперерабатывающие предприятия; заправочные станции; производства петард и фейерверков	Пожары и взрывы внутри объекта и в непосредственной близости

Специальные объекты, опасные для экологии	Химический завод; атомная электростанция; биохимические фабрики и лаборатории	Пожар и нарушение работы оборудования с вредными последствиями для окружающей среды
---	---	---

Таблица 7.2 Уровни защиты от ПУМ для обычных объектов

Уровень защиты	Надежность защиты от ПУМ
I	0,98
II	0,95
III	0,90
IV	0,80

Плотность ударов молнии в землю

Плотность ударов молнии в землю, выраженная через число поражений 1 км² земной поверхности за год, определяется по данным метеорологических наблюдений в месте размещения объекта.

Если же плотность ударов молнии в землю N_g неизвестна, ее можно рассчитать по следующей формуле, 1/(км²год):

$$N_g = 6.7 \cdot T_d / 100 \quad (7.1)$$

где T_d — среднегодовая продолжительность гроз в часах, определенная по региональным картам интенсивности грозовой деятельности.

Укрупненные данные по среднегодовой продолжительности гроз, ч приведены ниже:

Анадырь, Петропавловск – Камчатский, Мурманск – менее 10;

Архангельск, Астрахань, Баку – от 10 до 20;

Санкт-Петербург, Москва, Калининград – от 20 до 40;

Ростов- на –Дону, Кемерово, Тула, Уфа – от 40 до 60;

Краснодар, Курск, Смоленск – от 60 до 80;

Донецк, Сухуми – от 80 до 100;

Майкоп, Ереван – более 100.

Комплекс средств молниезащиты зданий или сооружений включает в себя устройства защиты от прямых ударов молнии [внешняя молниезащитная система (МЗС)] и устройства защиты от вторичных воздействий молнии (внутренняя МЗС). В частных случаях молниезащита может содержать только

внешние или только внутренние устройства. В общем случае часть токов молнии протекает по элементам внутренней молниезащиты.

Внешняя МЗС может быть изолирована от сооружения (отдельно стоящие молниеотводы - стержневые или тросовые, а также соседние сооружения, выполняющие функции естественных молниеотводов), или может быть установлена на защищаемом сооружении и даже быть его частью.

Внутренние устройства молниезащиты предназначены для ограничения электромагнитных воздействий тока молнии и предотвращения искрений внутри защищаемого объекта.

Токи молнии, попадающие в молниеприемники, отводятся в заземлитель через систему токоотводов (спусков) и растекаются в земле.

Внешняя МЗС в общем случае состоит из молниеприемников, токоотводов и заземлителей. Их материал и сечения элементов выбирают по таблице 7.3.

Таблица 7.3. Материал и минимальные сечения элементов внешней МЗС

Уровень защиты	Материал	Сечение, мм ²		
		молниеприемника	токоотвода	заземлителя
I—IV	Сталь	50	50	80
I—IV	Алюминий	70	25	Не применяется
I—IV	Медь	35	16	50

Примечание. Указанные значения могут быть увеличены в зависимости от повышенной коррозии или механических воздействий.

Зоны защиты одиночного стержневого молниеотвода

Стандартной зоной защиты одиночного стержневого молниеотвода высотой h является круговой конус высотой $h_0 < h$, вершина которого совпадает с вертикальной осью молниеотвода (рисунок 1). Габариты зоны определяются двумя параметрами: высотой конуса h_0 и радиусом конуса на уровне земли r_0 .

Приведенные ниже расчетные формулы (таблица 4) пригодны для молниеотводов высотой до 150 м. При более высоких молниеотводах следует пользоваться специальной методикой расчета.

Для зоны защиты требуемой надежности (рисунок 1) радиус горизонтального сечения r_x на высоте h_x определяется по формуле 2:

$$r_x = \frac{r_0(h_0 - h_x)}{h_0} \quad (7.2)$$

Таблица 7.4 Расчет зоны защиты одиночного стержневого молниеотвода

Надежность защиты P_3	Высота молниеотвода h , м	Высота конуса h_0 , м	Радиус конуса r_0 , м
0,9	От 0 до 100	$0.85h$	$1.2h$
	от 100 до 150	$0.85h$	$[1,2 \cdot 10^{-3}(h-100)] h$
0,99	от 0 до 30	$0.8h$	$0.8 h$
	от 30 до 100	$0.8h$	$[0.8-1.43 \cdot 10^{-3}(h-30)] h$
	от 100 до 150	$[0.8-10^{-3}(h-100)]h$	$0.7h$
0,999	от 0 до 30	$0.7h$	$0.6h$
	от 30 до 100	$[0.7-7.14 \cdot 10^{-3}(h-30)]h$	$[0.6-1.43 \cdot 10^{-3}(h-30)]h$
	от 100 до 150	$[0.65-10^{-3}(h-100)]h$	$[0.5-2 \cdot 10^{-3}(h-100)]h$

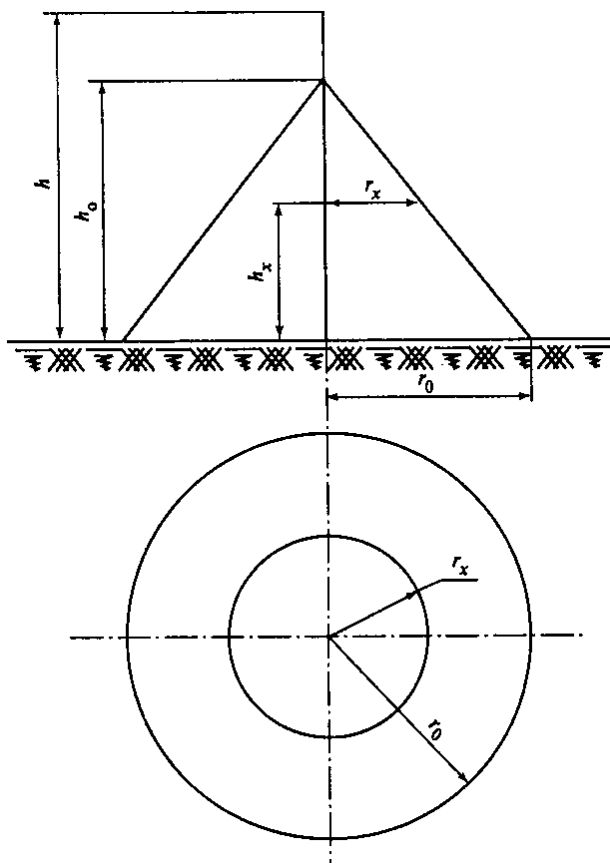


Рисунок 7.1. Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода

Зоны защиты одиночного тросового молниеотвода

Стандартные зоны защиты одиночного тросового молниеотвода высотой h ограничены симметричными двускатными поверхностями, образующими в

вертикальном сечении равнобедренный треугольник с вершиной на высоте $h_0 < h$ и основанием на уровне земли $2r_0$ (рисунок 2).

Таблица 7.5 Расчет зоны защиты одиночного тросового молниеотвода

Надежность защиты P_z	Высота молниеотвода h , м	Высота конуса h_0 , м	Радиус конуса r_0 , м
0,9	от 0 до 150	$0.87h$	$1.5h$
0,99	от 0 до 30	$0.8h$	$0.95h$
	от 30 до 100	$0.8h$	$[0.95-7.14 \cdot 10^{-4}(h-30)]h$
	от 100 до 150	$0.8h$	$[0.9 \cdot 10^{-3}(h-100)]h$
0,999	от 0 до 30	$0.75h$	$0.7h$
	от 30 до 100	$[0.75-4.28 \cdot 10^{-4}(h-30)]h$	$[0,7-1,43 \cdot 10^{-3}(h-30)]h$
	от 100 до 150	$[0,72 \cdot 10^{-3}(h-100)]h$	$[0,6 \cdot 10^{-3}(h-100)]h$

Приведенные ниже расчетные формулы (табл. 3.5) пригодны для молниеотводов высотой до 150 м. При большей высоте следует пользоваться специальным программным обеспечением. Здесь и далее под h понимается минимальная высота троса над уровнем земли (с учетом провеса).

Полуширина r_x зоны защиты требуемой надежности (рисунок 2) а высоте h_x от поверхности земли определяется выражением 7.3

$$r_x = \frac{r_0(h_0 - h_x)}{h_0} \quad (7.3)$$

При необходимости расширить защищаемый объем к торцам зоны защиты собственно тросового молниеотвода могут добавляться зоны защиты несущих опор, которые рассчитываются по формулам одиночных стержневых молниеотводов, представленным в таблице 5. В случае больших провесов тросов, например, у воздушных линий электропередачи, рекомендуется рассчитывать обеспечиваемую вероятность прорыва молнии программными методами, поскольку построение зон защиты по минимальной высоте троса в пролете может привести к неоправданным запасам.

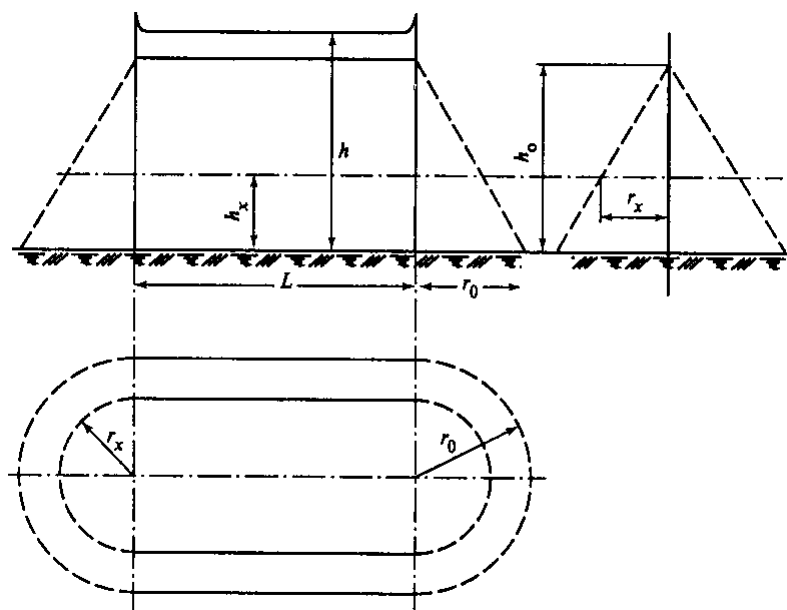


Рисунок 7.2. Зона защиты одиночного тросового молниеотвода
 L — расстояние между точками подвеса тросов

2. Задания

Задание 1. Выполнить расчет молниезащиты для здания производственного назначения шириной S_3 , длиной L_3 и высотой h_3 отдельно стоящими молниеотводами с заданными типами заземлителей (в соответствии с методикой РД 34.21.122-87).

Известно удельное сопротивление грунта ρ . По условиям электромагнитной совместимости требуется соблюдение допустимых расстояний по воздуху от молниеотводов до здания (РД 34.21.122-87, п. 2.3).

Требуется:

1. Определить класс пожаро- или взрывоопасности здания.
2. Рассчитать ожидаемое количество поражений молнией в год защищаемого объекта.
3. Определить тип зон и категорию молниезащиты.
4. Рассчитать допустимое расстояние по воздуху от молниеотводов до здания.

5. Выбрать место расположения и тип молниеотводов на основе технико-экономического сравнения двух вариантов исполнения молниезащиты – с одиночным стержневым молниеотводом и с двойным стержневым молниеотводом.

6. Рассчитать зоны защиты молниеотводов для двух вариантов исполнения молниезащиты.

7. Начертить разрезы защищаемого объекта по линии расположения молниеотводов с указанием вертикальных сечений зон защиты для двух вариантов исполнения молниезащиты.

8. Начертить планы защищаемого объекта с указанием горизонтальных сечений зон защиты на высоте h_3 для двух вариантов исполнения молниезащиты.

Исходные данные для каждого варианта указаны в табл. 7.6.

Таблица 7.6 – Исходные данные

Вариант	Последняя цифра шифра				Предпоследняя цифра шифра		
	Назначение здания	S_3 , м	L_3 , м	h_3 , м	Расположение здания	ρ , Ом·м	Тип заземлителя молниеотвода
0	Подстанция закрытого типа	24	30	18	Новый Уренгой	890	Свайный куст из четырёх свай
1	Пункт перегрузки угля	12	24	18	Екатеринбург	250	Стальной стержневой
2	Цех деревообработки	18	30	7	Тюмень	80	Железобетонный подножник
3	Общеподстанционный пункт управления	15	36	12	Благовещенск	760	Железобетонная свая
4	Склад лакокрасочных материалов	6	18	6	Псков	30	Стойка железобетонной опоры
5	Маслохозяйство	12	24	12	Серов	280	Железобетонная свая
6	Комплектная трансформаторная подстанция	12	30	18	Сургут	600	Стальной стержневой
7	Цех окраски металлоконструкций	10	20	14	Мурманск	720	Железобетонный подножник

8	Пункт экипировки	16	30	18	Пермь	70	Свайный куст
	тепловозов						из четырёх свай
9	Газораспределительная станция	6	12	6	Томск	440	Стойка железобетонной опоры

Порядок решению задачи

Определение класса пожаро- или взрывоопасных зон (табл. 7.7) для целей проектирования молниезащиты выполняется в соответствии с правилами устройства электроустановок (ПУЭ, п. 7.3.40–7.3.46, 7.4.3–7.4.8).

Таблица 7.7

Определение класса пожаро- или взрывоопасных зон

Класс зон	Определение зон
В-I	Зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются горючие газы или пары легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ) в таком количестве и с такими свойствами, что они могут образовать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных режимах работы, например, при загрузке или разгрузке технологических аппаратов, хранении или переливании ЛВЖ, находящихся в открытых емкостях, и т.п.
В-Ia	Зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси горючих газов или паров ЛВЖ с воздухом не образуются, а возможны только в результате аварий или неисправностей
В-Iб	Зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси горючих газов или паров ЛВЖ с воздухом не образуются, а возможны только в результате аварий или неисправностей и которые отличаются одной из следующих особенностей: 1) горючие газы в этих зонах обладают высоким нижним концентрационным пределом воспламенения (15 % и более) и резким запахом; 2) помещения производств, связанных с обращением газообразного водорода
В-Iг	Пространства у наружных технологических установок, содержащих горючие газы или ЛВЖ, надземных и подземных резервуаров с ЛВЖ или горючими газами (газгольдеры), эстакад для слива и налива ЛВЖ, открытых нефтеловушек, прудов-отстойников с плавающей нефтяной пленкой и т. п.
В-II	Зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются переходящие во взвешенное состояние горючие пыли или волокна в таком количестве и с такими свойствами, что они способны образовать с воз-

духом взрывоопасные смеси при нормальных режимах работы, например, при загрузке и разгрузке технологических аппаратов

В-IIa Зоны, расположенные в помещениях, в которых опасные состояния, указанные для зон класса В-II, не имеют места при нормальной эксплуатации, а возможны только в результате аварий или неисправностей

П-I Зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше 61 °С.

П-II Зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются горючие пыль или волокна с нижним концентрационным пределом воспламенения более 65 г/м³ к объёму воздуха.

П-IIa Зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества

П-III Расположенные вне помещения зоны, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше 61 °С или твердые горючие вещества

Количество поражений молнией в год защищаемого объекта N для зданий и сооружений прямоугольной формы определяется по формуле

$$N = \left(\left(\frac{S}{3} + 6h \right) \cdot \left(\frac{L}{3} + 6h \right) - 7,7 \cdot h^2 \right) \cdot n \cdot 10^{-6}, \quad (7.13)$$

где S_3 , L_3 и h_3 – соответственно ширина, длина и высота здания, м; n – среднегодовое число ударов молнии в 1 км² земной поверхности в месте нахождения здания.

Значение n определяется исходя из среднегодовой продолжительности гроз в месте нахождения здания (табл. 7.8).

Среднегодовая продолжительность гроз определяется по средним многолетним (порядка 10 лет) данным метеостанции, ближайшей от места нахождения здания или сооружения.

Выбор типа зон и категории молниезащиты зависит от назначения здания и сооружения, его размеров и местоположения (табл. 7.9)

Таблица 7.8

Определение среднегодового числа ударов молнии

Среднегодовая продолжительность гроз, ч	Среднегодовое число ударов молнии в 1 км ² земной поверхности
от 10 до 20	1
от 20 до 40	2
от 40 до 60	4
от 60 до 80	5,5
от 80 до 100	7
100 и более	8,5

Таблица 7.9

Определение типа зон и категории молниезащиты зданий производственного назначения

Здания и сооружения	Местоположение	Тип зоны	Категория
Здания и сооружения или их части, помещения которых относятся к зонам классов В-I и В-II	На всей территории РФ	Зона А	I
Здания и сооружения или их части, помещения которых относятся к зонам классов В-Ia, В-Iб, В-IIa	В местностях со средней продолжительностью гроз 10 ч в год и более	При $N > 1$ – зона А, при $N \leq 1$ – зона Б	II
Наружные установки, создающие зону класса В-Iг	На всей территории РФ	Зона Б	II
Здания и сооружения или их части, помещения которых относятся к зонам классов П-I, П-II, П-IIa	В местностях со средней продолжительностью гроз 20 ч в год и более	При $N > 2$ – зона А, при $N \leq 2$ – зона Б	III
Наружные установки и открытые склады, создающие согласно ПУЭ зону классов П-III	В местностях со средней продолжительностью гроз 20 ч в год и более	При $N > 2$ – зона А, при $N \leq 2$ – зона Б	III

Наименьшее допустимое расстояние S_B по воздуху от защищаемого объекта до опоры (токоотвода) стержневого молниеотвода определяется в зависимости от высоты здания, конструкции заземлителя и эквивалентного удельного электрического сопротивления грунта (п. 2.3 РД 34.21.122-87).

Для зданий и сооружений высотой не более 30 м наименьшее допустимое расстояние S_B , м, равно:

1) при $\rho < 100 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ для заземлителя любой конструкции $S_B = 3 \text{ м}$;

2) при $100 < \rho \leq 1000 \text{ Ом}\cdot\text{м}$:

– для заземлителей, состоящих из одной железобетонной сваи, одного железобетонного подножника или заглублённой стойки железобетонной опоры, $S_B = 2 + \rho \cdot 0,01$;

– для заземлителей, состоящих из четырех железобетонных свай либо подножников, расположенных в углах прямоугольника на расстоянии 3–8 м один от другого, или железобетонного фундамента произвольной формы с площадью поверхности контакта с землей не менее 70 м^2 или искусственных заземлителей, $S_B = 4 \text{ м}$.

Для зданий и сооружений большей высоты определенное выше значение S_B должно быть увеличено на 1 м в расчёте на каждые 10 м высоты объекта сверх 30 м.

Выбор места расположения, высоты, типа, количества молниеотводов производится исходя из определённого значения S_B , размеров здания и заданного типа фундаментов молниеотводов на основе технико-экономического сравнения различных вариантов исполнения молниезащиты. При отсутствии сметной стоимости строительства молниеотводов и оценки эксплуатационных затрат технико-экономическое сравнение различных вариантов исполнения молниезащиты допускается выполнять по расходу стали. При проектировании рекомендуется использование типовых строительных конструкций (табл. 8.10), которое позволит значительно снизить стоимость конструкций, избежать трудозатрат проектной организации по оформлению заданий заводам и выполнению патентных исследований.

Таблица 7.10

Номенклатура типовых строительных конструкций молниеотводов

Типовой проект	Материал опорных конструкций	Наименование молниеотвода	Высота молниеотвода h , м	Расход стали, кг
Серия 3.407.9-172, СевЗапЭнергосетьпроект, г. Санкт-Петербург	Железобетон	МЖ-24,3	24,3	218
		МЖ-27,1	27,05	218
		МЖ-30,6	30,55	210
	Сталь	МС-31,7	31,74	1809
		МС-37,0	37,04	2407
		МС-40,2	40,24	2853
Типовой альбом		СМ-15	15	1217
		СМ-20	20	1709
		СМ-25	25	2317
		СМ-30	30	2837

А31-95, ВНИПИ "Тяжпром- электропроект" им. Ф.Б. Якубовского, г. Москва	Сталь	СМ-35	35	3565
		СМ-40	40	4633
		СМ-45	45	5633
		СМ-50	50	6359
		СМ-55	55	7489
		СМ-60	60	8253
		СМ-65	65	9897
		СМ-70	70	10965
		СМ-75	75	12667

Выбор места расположения, количества молниеотводов и их высоты осуществляется методом подбора из представленной номенклатуры.

Необходимо рассмотреть два варианта исполнения молниезащиты – с одиночным стержневым молниеотводом и с двойным стержневым молниеотводом. Для каждого варианта исполнения молниезащиты следует рассчитать расход стали, критерий выбора варианта исполнения молниезащиты – минимальный расход стали.

Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода представлена на рис. 7.5, расчёт её параметров для зон А и Б – в табл. 7.11.

Таблица
7.11

Параметры зон защиты одиночного стержневого молниеотвода

Расчётный параметр, м	Зона защиты	
	А	Б
h_0	$0,85 \cdot h$	$0,92 \cdot h$
r_0	$h \cdot (1,1 - 0,002 \cdot h)$	$1,5 \cdot h$
r_x	$\frac{1,1 - 0,002 \cdot h}{h - \frac{h_x}{0,85}}$	$1,5 \cdot \left(h - \frac{h_x}{0,85} \right)$

Зона защиты двойного стержневого молниеотвода представлена на рис. 7.6, расчёт её параметров для зон А и Б – в табл. 7.12.

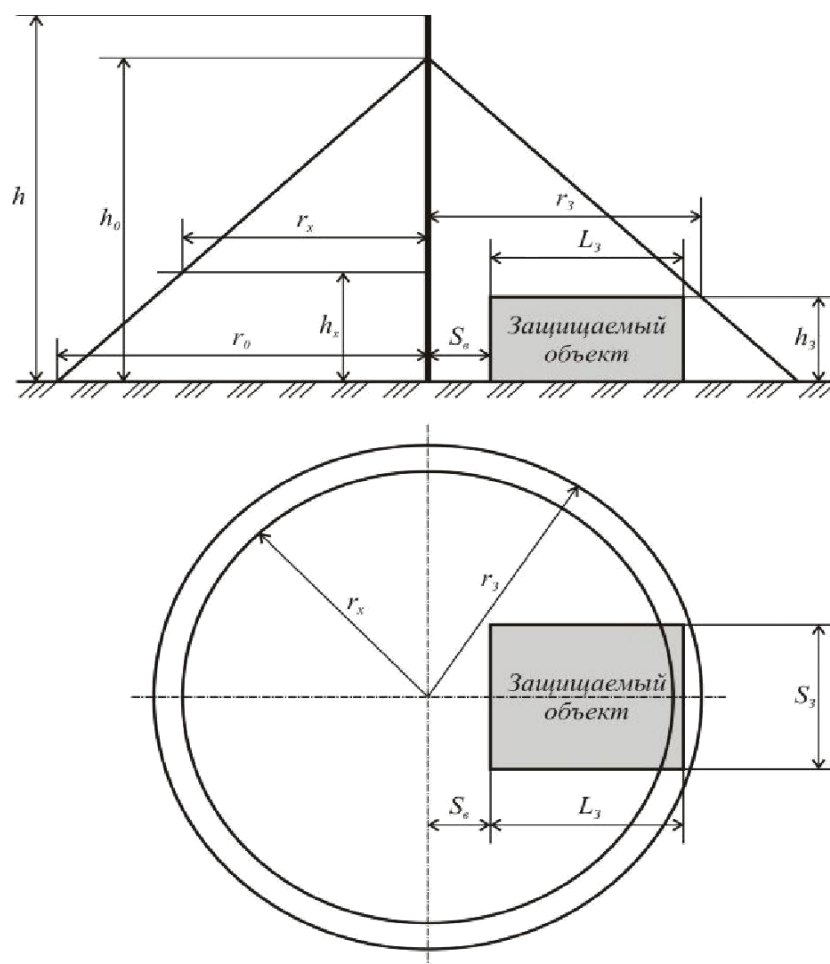


Рис. 7.5. Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода

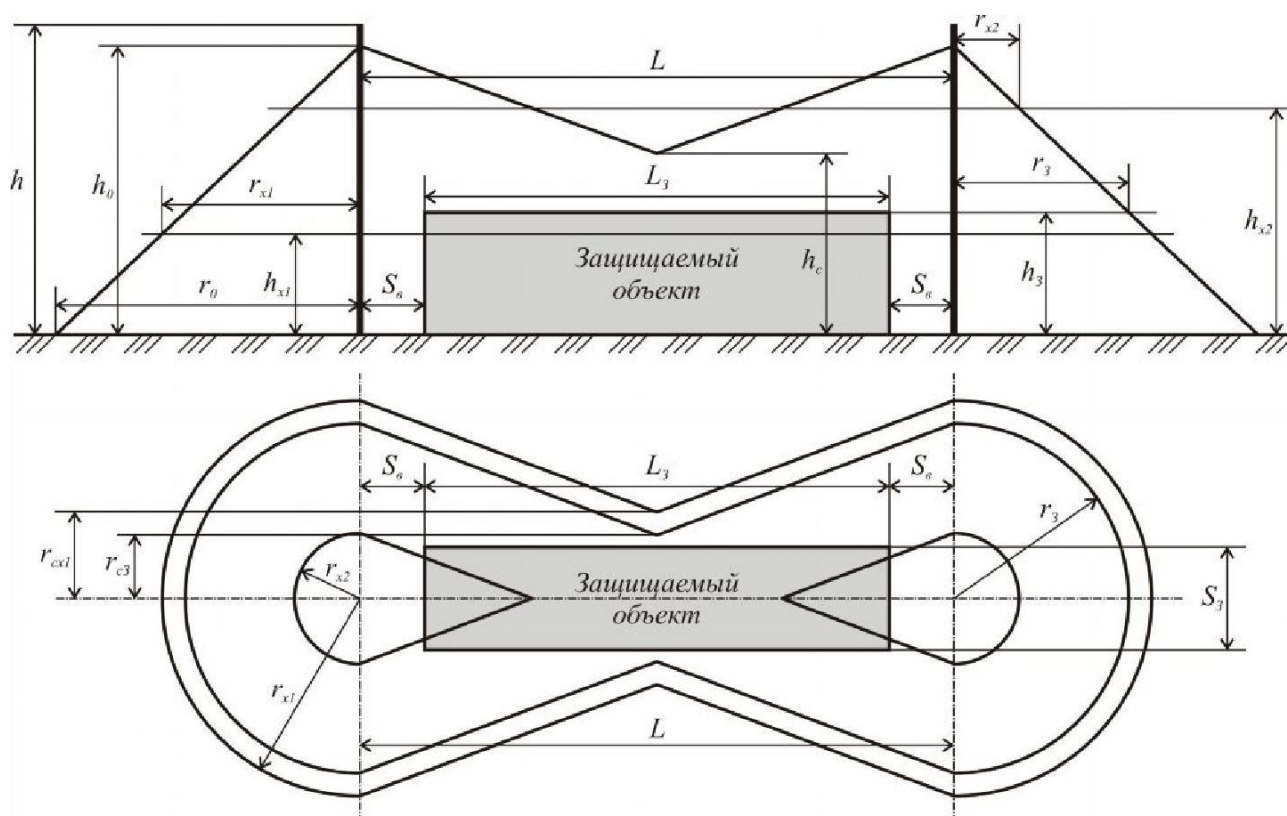


Рис. 7.6. Зона защиты двойного стержневого молниеотвода

Параметры зон защиты двойного стержневого молниеотвода

Расчет- ный па- раметр, м	Зона защиты			
	А		Б	
	$L \leq h$	$h < L \leq 4h$	$L \leq h$	$h < L \leq 6h$
h_0	$0,85 \cdot h$		$0,92 \cdot h$	
r_0	$h \cdot (1,1 - 0,002 \cdot h)$		$1,5 \cdot h$	
r_x	$\frac{1,1 - 0,002 \cdot h}{h - \frac{h_x}{0,85}}$		$1,5 \cdot \left(h - \frac{h_x}{0,85} \right)$	
h_c	$h_0 - (0,17 + 0,0003 \cdot h) \cdot (L - h)$		h_0	$h_0 - 0,14 \cdot (L - h)$
r_{cx}	$\frac{r \cdot (h - h_c)}{h_c}$	$r_0 \cdot \left(1 - \frac{0,2 \cdot (L - 2h)}{h} \right) \cdot \frac{(h - h_c)}{h_c}$	r_x	$\frac{r \cdot (h - h_c)}{h_c}$
Примечание. При расстоянии между молниеотводами $L > 4h$ для построения зоны А или $L > 6h$ для построения зоны Б молниеотводы следует рассматривать как одиночные.				

3. Список рекомендуемой литературы

3.1 Основная литература

1. Белов, С. В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды : (техносферная безопасность) : учебник для академического бакалавриата / С. В. Белов. - 5-е изд., перераб. и доп. - Москва : Юрайт, 2012. - 702 с. ; 21. - (Бакалавр. Академический курс). - Гриф: Доп. УМО. - Библиогр.: с. 702. - ISBN 978-5-9916-3058-0. - ISBN 978-5-9692-1483-5

2. Курдюмов, В. И. Проектирование и расчет средств обеспечения безопасности : учеб. пособие / В. И. Курдюмов, Б. И. Зотов. - М. : КолосС, 2005. - 216 с. : ил.,. - (Учебники и учеб. пособия для студ. высш. учеб. заведений). - Прил.: с. 172-213. - Библиогр.: с. 214. - ISBN 5-9532-0289-X,

3.2 Дополнительная литература

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 8

Спасение и оказание первой помощи пострадавшим

1. Теоретическая часть

Первую доврачебную помощь пораженному электрическим током должен уметь оказывать каждый работник.

Оказывать первую помощь необходимо в определенном порядке (рисунок 4.1):

1. Освободить пострадавшего от действия электрического тока, обеспечив собственную безопасность.
2. Определить состояние пострадавшего.
3. Освободить пострадавшего от стесняющей дыхание одежды, расстегнуть поясной ремень.
4. Осмотреть полость рта пострадавшего и очистить её от слизи, сгустков крови и рвотных масс.
5. Без промедления тут же на месте приступить к оживлению пострадавшего при наступлении клинической смерти (непрямого массажа сердца и искусственного дыхания).

Лица, не занятые оказанием первой доврачебной помощи, обязаны выполнить организационные мероприятия, представленные на рисунке 4.1.

Порядок отработки реанимационных мероприятия на тренажере «Гоша»

Робот-тренажер «Гоша». Грудная клетка робота-тренажера превращена в объемный дисплей, на котором цветные светодиоды отображают правильные и ошибочные действия спасателей по выполнению реанимационных мероприятий.

Порядок выполнения реанимационных мероприятий приведен на рисунке 4.1 и включает следующие этапы:

1. Нажать красную кнопку включения расположенную на левом боку робота.

2. После появления зеленого свечения под левой ключицей нанести кулаком удар по груди.

3. После удара у робота должен появиться пульс на сонной артерии и «сужение» зрачков (сужение зеленым светом), длящиеся в течении 40-60 секунд.

4. Во время правильного проведения вдоха искусственной вентиляции легких, приподнимается грудная клетка робота, и под кожей загорается голубой индикатор.

5. При каждом правильном надавливании непрямого массажа сердца под кожей робота загорается оранжевый индикатор.

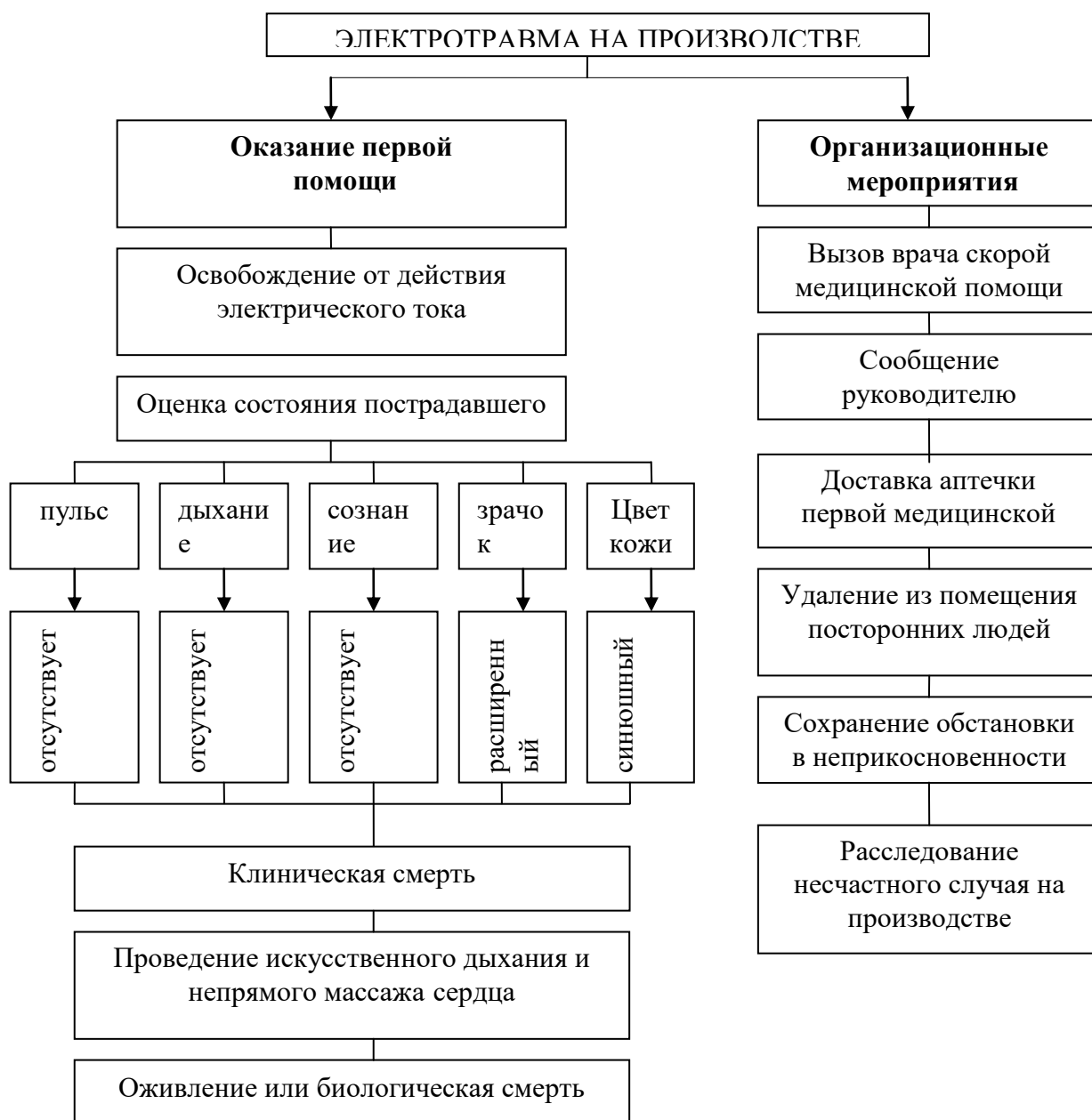


Рисунок 8.1 – Порядок оказания первой помощи



Рисунок 8.2 – Порядок подготовки к работе и проверка функций робота-тренажера «Гоша»

Порядок отработки реанимационных мероприятия на тренажере «Максим III - 01»

Робот-тренажер «Максим III» снабжен электронным пультом контроля, с помощью которого определяется правильность положения головы, состояние поясного ремня, достаточность вдуваемого воздуха, усилие компрессии, правильность положения рук при непрямом массаже сердца, правильность проведения реанимации одним или двумя спасателями, состояние зрачков пострадавшего, появление пульса.

Перед выполнением реанимационных мероприятий следует: положить тренажер горизонтально, подключить адаптер к сети 220 В или 50 Гц специальным кабелем к источнику постоянного тока 12 – 14 В. Включить тумблер подачи питания, расположенный на задней панели электронного пульта. При этом на пульте включится зеленый сигнал «вкл. сеть», а также красные, сигнализирующие о том, что пояс пострадавшего не расстегнут, а голова не запрокинута (аналогичные сигналы на настенном табло).

После правильно проведенного комплекса реанимации тренажер автоматически «оживает»: появляется пульс на сонной артерии, звуковые сигналы, сужаются зрачки пострадавшего. Настенное табло является изображением торса человека со световой сигнализацией действий по реанимации пострадавшего. Табло подключается к электронному пульту контроля с помощью разъемов, расположенных на задней панели пульта, и позволяет наглядно демонстрировать процесс реанимации. Питание тренажера осуществляется от сети 220 В 50 Гц через сетевой адаптер или от автономного источника постоянного тока 12 – 14 В через разъем на пульте и кабель, прилагаемые к тренажеру. Общий вид тренажера представлен на (рисунок 8.3).



Рисунок 8.3 – Общий вид тренажера «Максим III-01»

Тренажер «Максим III-01» используется в трех режимах, описание которых приводится ниже.

1. Учебный режим

Используется для отработки отдельных элементов реанимации.

Порядок действий:

1. Обеспечить правильное запрокидывание головы тренажера (при угле запрокидывания 15 – 20 градусов включается зеленый сигнал «Правильное положение»).

2. Расстегнуть пояс (включается зеленый сигнал «Пояс расстегнут»).

3. Руки спасателя при отработке навыков непрямого массажа сердца должны находиться выше конца мечевидного отростка грудины, приблизительно на расстоянии двух диаметров пальцев руки. В случае неправильного положения включается красный сигнал «Положение рук», и действия спасателей будут считаться неправильными.

4. Провести по правилам оказания первой помощи непрямой массаж сердца. При прикладываемом усилиии (25+2 кгс), глубине продавливания 3 – 5 см. включается зеленый сигнал «Положение рук». При усилии свыше 32 кгс (смещении грудины более чем на 5 см) включаются 2 красных сигнала «Перелом ребер».

5. Провести по правилам оказания первой медицинской помощи ИВЛ. При достаточно интенсивном поступлении воздуха в легкие (скорость воздушного потока не менее 2 л/с и объем не менее 400 – 500 см³) включается зеленый сигнал «Нормальный объем воздуха».

6. Проконтролировать на сонной артерии тренажера наличие пульса можно, включив кнопку «Пульс».

7. Проверить состояние зрачков глаз пострадавшего, оттянув веко вверх. При этом зрачки глаз будут расширены – пострадавший находится в состоянии клинической смерти. При включении кнопки «Пульс» зрачки глаз тренажера становятся нормальными – функции пострадавшего восстановлены. Кроме этого, при каждом правильном нажатии при выполнении непрямого массажа сердца происходит сужение зрачков.

8. В случае работы с демонстрационным табло вся световая сигнализация о действиях спасателей идентична сигнализации на электронном пульте.

После выполнения всех учебных действий необходимо нажать кнопку «Сброс», при этом включается зеленый сигнал «Сброс».

2. Режим реанимации одним спасателем («2 – 30»)

Используется для отработки действий по реанимации пострадавшего одним человеком.

Порядок действий:

1. Нажать кнопку «Сброс».
2. Убедиться в правильном положении головы (зеленый сигнал).
3. Расстегнуть пояс пострадавшему (зеленый сигнал).
4. Выбрать режим «2 – 30», нажав соответствующую кнопку.
5. Начать реанимационные мероприятия по правилам проведения первой помощи (2ИВЛ +15 нажатий, 5 – 6 циклов в течение минуты).

При неправильных действиях включается один из красных сигналов на пульте контроля и красный сигнал «Сбой режима».

При правильных действиях в течение 1 минуты тренажер «оживает»: появляется пульс на сонной артерии, зрачки сужаются.

3. Режим реанимации двумя спасателями («2 – 5»)

Используется для отработки действий по реанимации пострадавшего двумя людьми. Порядок действий:

1. Нажать кнопку «Сброс».
2. Убедиться в правильном положении головы (зеленый сигнал).
3. Расстегнуть пояс пострадавшему (зеленый сигнал).
4. Выбрать режим «2 – 5», нажав соответствующую кнопку.
5. Начать реанимационные мероприятия по правилам проведения первой помощи (2ИВЛ + 5 нажатий, 10 – 12 циклов в течение минуты).

Сигнализация и результат работы аналогичны пункту 5 п.2.

После окончания работы с тренажером необходимо выключить тумблер подачи питания на задней панели, при этом погаснет зеленый сигнал «Вкл. сеть». Отключить блок питания от сети.

2. Задания для работы на занятии

1. Студенты должны явиться на занятие, изучив теоретические обоснование к практической работе, а также материал лекции по соответствующей теме.
2. Изучить устройство и правила пользования роботами-тренажерами «Гоша» и «Максим».
3. По заданию преподавателя выполнить отработку реанимационных мероприятий на одном из тренажеров сердечно-легочной реанимации одним и двумя спасателями.
4. По итогам выполненной работы решить ситуационные задачи.

4. Задания и вопросы для формирования и контроля владения компетенциями

1. Что должен знать и уметь оказывающий помощь?
2. Какова последовательность оказания первой помощи пострадавшим от электрического тока?
3. Что понимается под клинической смертью?
4. Каков порядок освобождения пострадавшего от действия электрического тока в сетях до и выше 1000 В?
5. Как оценить состояние пострадавшего от электрического тока?

6. Каков порядок проведения искусственного дыхания способом «изо рта в рот»?
7. В каких случаях необходимо применять способ проведения искусственного дыхания «изо рта в нос»?
8. С какой цикличностью надо проводить искусственное дыхание?
9. Что понимается под реанимационными мероприятиями?
10. Каковы признаки отсутствия сердечной деятельности у пострадавшего?
11. Каков порядок проведения непрямого массажа сердца?
12. С какой цикличностью нужно проводить непрямой массаж сердца?
13. Как оценить эффективность реанимационных мероприятий?
14. До каких пор нужно проводить реанимационные мероприятия?
15. Каковы допустимые значения прикосновения и тока, проходящего через тело человека?
16. Какие схемы включения человека в сеть являются наиболее опасными?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 9

Тема занятия: «Анализ производственного травматизма»

1. Теоретическая часть

Оценка условий и охраны труда на предприятии позволяет определить приоритетные направления работ по их улучшению, выявлять подразделения, где они должны проводиться в первую очередь.

В качестве интегральных показателей такого рода оценки используются критерии типа

$$K_{\delta} = \sum \frac{n_i}{N_i},$$

где K_{δ} – коэффициент безопасности оборудования цеха;

n_i – число выполняемых требований безопасности;

N_f – общее число нормативных требований;

p – число видов оборудования в цехе (на участке).

Аналогичные показатели применяются для оценки безопасности производственных процессов, обеспеченности средствами индивидуальной защиты.

Важнейшими критериями состояния охраны труда являются статистические показатели травматизма, $K_{\text{ч}}$, $K_{\text{т}}$ и $K_{\text{л}}$.

Анализ динамики изменения приведенных коэффициентов позволяет прогнозировать их значение на ближайший период.

2. Примеры решения задач

Задача 1. В 2004 году произошло 3 несчастных случая. Один имел следствием летальный исход. Число дней нетрудоспособности по двум другим составило $D_1 = 10$, $D_2 = 43$. Среднесписочное число работников в этом году – 1950. Рассчитать статистические показатели травматизма

Решение:

Коэффициент частоты травматизма определяется по формуле:

$$K_{\text{ч}} = \frac{N * 1000}{C}, \quad (9.1)$$

где N – общее число пострадавших за определенный период времени, независимо от того, закончилась ли временная нетрудоспособность в этом периоде или нет;

C – среднесписочная численность работающих за тот же период времени.

$$K_{\text{ч}} = \frac{3 * 1000}{1950} = 1,5$$

Коэффициент тяжести травматизма

$$K_{\text{т}} = \frac{D}{C}, \quad (9.2)$$

где D – число дней нетрудоспособности, вызванной несчастными случаями, по которым закончилась временная нетрудоспособность.

$$K_{\text{т}} = \frac{10 + 43}{2} = 26,5$$

Коэффициент нетрудоспособности определен по формуле

$$K_{\text{н}} = K_{\text{ч}} * K_{\text{т}} = 1,5 * 26,5 = 39,8 \quad (9.3)$$

Коэффициент летальности рассчитан по формуле

$$K_{\text{л}} = \frac{L * 10000}{C}, \quad (9.4)$$

где L – число несчастных случаев с летальным исходом.

$$K_{\text{л}} = \frac{1 * 10000}{1950} = 5,1$$

Задача 2.

На предприятии в течение года (300 рабочих дней) работало 950 человек. Продолжительность рабочего дня 8 часов. За это время произошло 100 несчастных случаев и было потеряно по различным причинам 30000 рабочих дней. Несчастные случаи (100) привели к потере 3000 рабочих дней. Произошел один несчастный случай со смертельным исходом. Рассчитать статистические показатели травматизма.

Решение:

В теории риска для расчета статистических показателей применяют следующие зависимости.

Коэффициент частоты несчастных случаев рассчитываем по формуле

$$K_{\text{ч}} = \frac{N}{N^*}, \quad (9.5)$$

где N – число наступивших несчастных случаев;

N^* – реперное число несчастных случаев за тот же период времени.

Определяем общее количество часов работы

$$T = (950 * 300 * 8) - (30000 * 8) = 2040000 \text{ ч.}$$

Реперное число несчастных случаев за расчетный период времени составит

$$N^* = 10^{-6} * 2040000 = 2,04 \text{ нс.}$$

Коэффициент частоты

$$K_{\text{ч}} = 100/2,04 = 49,02$$

Показатель тяжести несчастных случаев (коэффициент нетрудоспособности) определен по формуле

$$K_{\text{н}} = \frac{D}{D^*}, \quad (9.6)$$

где D – число всех дней нетрудоспособности. Один летальный исход приравнивают к 6000 - 7500 дням потери работоспособности;

D^* – реперное число дней нетрудоспособности.

$$D^* = \beta_T * T \quad (9.7)$$

где β_T - 10^{-3} дн/ч.

$$D^* = 10^{-3} * (950 * 300 * 8 - 30000 * 8) = 2040 \text{ дней.}$$

При условии отсутствия несчастного случая с летальным исходом

$$K_{\text{н}} = 3000/2040 = 1,47$$

При условии наличия несчастного случая со смертельным исходом

$$K_{\text{н}} = (6000 + 3000) / 2040 = 4,41$$

3. Задания для работы на занятии

Задание 1.

Рассчитать статистические показатели травматизма по формулам теории риска.

Исходные данные приведены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Исходные данные для расчетов

Номер варианта	Среднесписочное число работников, чел	Число несчастных случаев за год	Кол-во смертельных исходов	Потери рабочего времени по различным причинам, час
1	1000	85	2	4000
2	900	50	1	2000
3	500	28	2	300
4	30	5	-	200
5	150	13	2	1000
6	2000	290	3	3900
7	300	35	1	4000
8	500	47	2	2000
9	320	40	1	460

Задание 2.

По данным, приведенным в таблицах 8.2 и 8.3, определить относительные статистические показатели травматизма: коэффициент частоты несчастных случаев (Кч), коэффициент тяжести (Кт), коэффициент нетрудоспособности (Кн), коэффициент летальности (Кл). Построить графики изменения показателей Кч и Кт за исследуемый период и проследить их динамику.

Таблица 9.2

№ варианта	2019		2020		2021		2022		2023	
	кол-во НС	кол-во дней нетру досп.	кол-во НС	кол-во дней нетру досп.	кол-во НС	кол-во дней нетру досп.	кол-во НС	кол-во дней нетру досп.	кол-во НС	кол-во дней нетру досп.

1	5	40	3	12	2	13	2	10	3	20			
		20		4		15		20		30			
		10		смерт. исх						смерт исх			
		35											
		20											
2	2	10	3	14	3	10	2	20	2	13			
		смерт исх		17		14		смерт. исх.		16			
				30		18							
3	3	14	2	20	3	20	4	10	5	13			
		17		инвал исх.		13		13		15			
		30				смерт. исх							
											смерт. исх	3	
												4	
4	2	20	3	10	4	4	3	20	3	10			
		25		15				5		25	20		
				смерт. исх				9		смерт. исх	15		
								10					
5	3	14	2	16	4	10	3	15	2	22			
		17		2		14		18		25			
		20						12			инвал. исх.		
								1					
6	2	20	3	20	2	14	3	17	2	23			
		13		19		19		19		смерт. исх			
				смерт. исх				30					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
7	3	10	2	17	3	20	2	10	3	20			
		16		20		24		20		30			
		20		20				4					
8	2	10	2	смерт. исх	1	4	3	20	2	20			
		30		3							10	24	
											15		
9	3	2	2	20	3	20	3	10	2	20			
		3		30		25		инвал исх		10			
		5				10					2		

Таблица 9.3

№ варианта	Среднесписочное число работающих по годам				
	2019	2020	2021	2022	2023
1	1263	1300	1000	967	900
2	1489	1400	1328	1289	1000

3	1200	1100	1000	900	897
4	900	875	870	800	500
5	890	800	790	790	678
6	600	555	450	400	367
7	400	388	206	200	100
8	300	300	200	180	160
9	400	400	390	380	300

4. Задания и вопросы для формирования и контроля владения компетенциями

1. Перечислите основные методы анализа травматизма
2. Перечислите основные коэффициент статистического метода анализа травматизма
3. Расскажите об интегральном показателе анализа условий труда

5. Рекомендуемая литература и Интернет-ресурсы

1. Мастрюков, Б. С. Безопасность в чрезвычайных ситуациях : учебник для вузов / Б. С. Мастрюков. - 5-е изд., стер. - М. : Академия, 2008. - 334 с.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по организации самостоятельной работы
по дисциплине «Безопасность труда»
для студентов направления подготовки
15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств
Направленность (профиль) Технология машиностроения

Ставрополь 2026

Введение

При изучении дисциплины «Безопасность труда» учебным планом предусмотрены аудиторные занятия (лекции, практические и лабораторные), а также самостоятельная работа студентов (СРС) по изучению основной и дополнительной литературы, выступления с докладами.

Основными формами работы и контроля СРС в данном курсе являются:

- самостоятельное изучение основного и дополнительного материала по темам, представленным в рабочей программе дисциплины. Отчет по данной форме контроля представляется в форме конспекта. Данное мероприятие сочетает письменную и устную формы деятельности студента; выявляет аналитические умения, навыки выделения смысловых центров текста;
- подготовка к тестированию по основным разделам курса;
- выполнение доклада по темам 1-8 дисциплины;

В данных методических указаниях представлены рекомендации по организации самостоятельной работы по данным направлениям.

1. Общая характеристика самостоятельной работы студента при изучении дисциплины «Безопасность труда»

При изучении курса предусмотрены следующие виды самостоятельной работы:

1. Самостоятельное изучение материала по темам дисциплины (в соответствии с рабочей программой);
2. Подготовка к практическим занятиям;
3. Подготовка к лабораторным занятиям

\Самостоятельное изучение теоретического материала сочетает устную и письменную работу студента и организуется с целью формирования у студентов навыков поиска информации по определенной тематике, работы с текстовой информацией, выделения главного смыслового содержания текста и умения представить его краткое изложение в письменном виде, а также сформулировать теоретический ответ по рассматриваемому вопросу.

Данный вид работы способствует формированию следующих компетенции ОПК-5 (Способен принимать обоснованные технические решения, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии при решении задач профессиональной деятельности)

1. План-график выполнения самостоятельной работы

№	Наименование тем дисциплины, их краткое содержание; вид самостоятельной работы	Срок изучения материалов
3 семестр		
1.	Основы физиологии труда и комфортные условия жизнедеятельности	1-2 неделя
2.	Оздоровление воздушной среды и нормализация микроклимата*	2-3 неделя
3.	Производственное освещение	3-4 неделя
4.	Электромагнитные излучения.	7-8 неделя
5.	Электробезопасность	9-12 неделя
6.	Оказание первой помощи пострадавшим на производстве	13-14 неделя
7.	Профилактика производственного травматизма и профессиональных заболеваний	15-17 неделя

3. Методические рекомендации по изучению теоретического материала

- При изучении дисциплины «Безопасность труда» учебным планом предусмотрены аудиторные занятия (лекции, практические, лабораторные), а также самостоятельная работа студентов (СРС) по изучению основной и дополнительной литературы, выполнение курсовой работы, подготовка к экзамену.

Основными формами работы и контроля СРС в данном курсе являются:

- самостоятельное изучение основного и дополнительного материала по темам, представленным в рабочей программе дисциплины. Отчет по данной форме контроля представляется в форме конспекта. Данное мероприятие сочетает письменную и устную формы деятельности студента; выявляет аналитические умения, навыки выделения смысловых центров текста;

Оценка знаний с помощью собеседования

Проверка знаний материала лекционных, практических, лабораторных занятий проводится в форме собеседования. Предполагается, что отдельные вопросы тем дисциплины изучаются студентами самостоятельно. Знания указанных вопросов проверяется наличием конспектов и собеседованием.

Собеседование представляет собой не только одну из форм текущего контроля, но и одну из активных форм учебных занятий, проводимых как в виде беседы преподавателя со студентами, так и в виде семинара, посвященного обсуждению определенной темы. Целями собеседования являются: выяснение у студентов знаний, их углубление (повышение) и закрепление по той или иной теме курса; формирование у студентов навыков анализа теоретических проблем на основе самостоятельного изучения учебной и научной литературы. Основная задача собеседования – пробудить у студента стремление к чтению и использованию дополнительной литературы. На собеседование могут выносятся как проблемные (нередко спорные теоретические вопросы), так и вопросы, требующие самостоятельного изучения, а также более глубокой проработки. На самостоятельную подготовку к собеседованию студенту отводится 1-3 недели. Подготовка включает в себя изучение рекомендованной литературы и составление конспекта.

Данное оценочное мероприятия проводится на практических занятии на основании материалов и знаний, полученных на лекциях, а также при изучении основной и дополнительной литературы. Для подготовки к данному оценочному мероприятию студенту необходимо подготовить устные ответы на вопросы собеседования, либо законспектировать данные ответы в тетрадь. При подготовке к ответу студенту предоставляется право пользования материалами лекций, основной и дополнительной литературы, а также интернет-ресурсов.

При проверке задания, оцениваются:

- правильность ответов;
- чёткое знание терминологии;

- умение грамотно, четко и последовательно излагать материал;
- использование дополнительной литературы при подготовке;
- умение анализировать теоретический материал и сопоставлять его с практикой;
- знание статистических данных об изучаемых процессах и явлениях;
- умение приводить конкретные примеры.

В процессе самостоятельного изучения отдельных вопросов тем дисциплины рекомендуется работа с литературой, перечень которой приведен в конце методических указаний.

В процессе самостоятельного изучения отдельных вопросов тем дисциплины рекомендуется работа с литературой, перечень которой приведен в конце методических указаний.

Вопросы для собеседования

Базовый уровень

Тема «Основы физиологии труда и комфортные условия жизнедеятельности»

1. Предмет и задачи дисциплины "Безопасность труда"
2. Опасность. Таксономия опасностей.
3. Факторы производственной опасности на предприятиях. Риск.

Виды риска.

4. Принципы обеспечения безопасности
5. Факторы, способствующие формированию техносферы
6. Характерные состояния системы «человек-среда обитания»
7. Способы обеспечения безопасности
8. Методы обеспечения безопасности

Тема «Оздоровление воздушной среды и нормализация микроклимата»

1. Условия труда, их классификация. Организация проведения аттестации рабочих мест по условиям труда. Тяжесть и напряженность труда.

2. Условия труда, их классификация. Оценка условий труда на предприятиях промышленности.

3. На улице +11°C. Это теплый или холодный период времени года?

4. На участке сушки лакокрасочных покрытий необходимо измерить температуру воздуха на рабочем месте сушильщика. Какими приборами это можно сделать?

5. В комнате на внутренней стенке висит термометр. Изменятся ли показания термометра и как именно, если на термометр направить струю воздуха от вентилятора, установленного в той же комнате рядом с термометром?

6. В комнате холодно. У Вас на выбор два халата одинаковой плотности - белый и черный. Какой из них Вы наденете, чтобы согреться, если два халата одновременно Вам не надеть?

7. В какой цвет - белый или черный - надо покрасить печку, чтобы она дольше сохраняла тепло? Объясните свое решение.

8. Принципы нормирования параметров микроклимата производственной среды в соответствии с ГОСТ 12.1.005-88 и СанПиН 2.2.4.548-96.

9. Запишите основное уравнение теплового баланса и терморегуляция организма человека.

10. Перечислите технические мероприятия по обеспечению нормативных параметров микроклимата.

11. Вентиляция. Классификация систем вентиляции.

12. Принцип устройства механических систем вентиляции.

13. Особенности организации вентиляции на предприятиях промышленности.

14. Перечислите системы отопления и кондиционирования.

15. Влияние микроклимата на организм человека.

16. Технологические и организационные мероприятия по обеспечению нормативных параметров микроклимата.

17. Как увеличить теплоотдачу батареи центрального отопления?
18. Для сохранения тепла в комнате на холодную стенку решили повесить ковер. В каком случае в комнате будет теплее: если повесить ковер непосредственно на стену, или с зазором в 3 см? Объясните свое решение.
19. Банка с остатками компота плотно закрыта крышкой и через 0,5 часа поставлена в холодильник. Как будут меняться относительная, абсолютная и максимальная влажность воздуха в банке по мере ее охлаждения?
20. Сухая стеклянная банка в комнате плотно закрыта крышкой и помещена в холодильник. Как будут меняться относительная, абсолютная и максимальная влажность воздуха в банке по мере ее остывания?

Тема: Производственное освещение

1. Производственное освещение. Основы фотометрии.
2. Виды и системы производственного освещения.
3. Естественное освещение. Нормирование.
4. Укажите особенности организации на предприятиях.
5. Искусственное освещение. Нормирование. Принципы расчета. Особенности организации на предприятиях
6. Перечислите основные количественные характеристики освещения и их единицы измерения в системе СИ.
7. Перечислите качественные основные характеристики освещения и их единицы измерения.
8. В какой области длин волн электромагнитного излучения располагается максимум спектральной чувствительности человеческого глаза?
9. В какой области длин волн электромагнитного излучения располагается инфракрасное излучение?
10. В какой области длин волн электромагнитного излучения располагается ультрафиолетовое излучение?
11. Сила света, испускаемого элементом поверхности площадью $0,5 \text{ см}^2$ под углом 60° к нормали, составляет 0,25 кд. Найдите яркость поверхности.

Тема «Основные принципы защиты от физических полей»

1. Уровень шума в помещении 60 дБ. Включено еще два источника шума по 60 дБ каждый. Как изменится уровень шума в помещении?
2. Работают два одинаковых источника шума. Если их оба выключить, то уровень шума в помещении составит 60 дБ. Если их оба включить, то уровень шума в помещении составит 65 дБ. Чему будет равен уровень шума в помещении, если включить только один источник шума?
3. Включено два одинаковых источника шума. При этом уровень шума в помещении 0 дБ. Чему будет равен уровень шума, если выключить один из источников? (Внешними шумами пренебречь.)
4. В цехе 3 источника шума 60, 60 и 85 дБ. Чему равен уровень шума в цехе, если все три источника работают одновременно? (Внешними шумами пренебречь.)
5. В цехе 5 источников шума 60, 60, 63, 66 и 69 дБ. Чему равен уровень шума в цехе, если все источники работают одновременно? (Внешними шумами пренебречь.)
6. Акустические колебания. Физиологические, энергетические, частотные характеристики шума.
7. Действие шума на организм человека Организационные мероприятия по защите от шума. Средства индивидуальной защиты от шума.
8. Уровень интенсивности звука 100 дБ. Чему равно звуковое давление?
9. Уровень звукового давления 100 дБ. Чему равна интенсивность звука?
10. Уровень звукового давления 120 дБ. Чему равен уровень интенсивности звука?
11. Уровень интенсивности звука 60 дБ. Чему равен уровень звукового давления?
12. Интенсивность звука с одной стороны перегородки $0,1 \text{ Вт/м}^2$, а с другой - $0,01 \text{ Вт/м}^2$. Найдите звукоизоляцию перегородки.

13. Интенсивность звука с одной стороны перегородки $0,1 \text{ Вт/м}^2$, а с другой - $0,005 \text{ Вт/м}^2$. Найдите звукоизоляцию перегородки.
14. Звукоизоляция кожуха на частоте 3 кГц составляет 30 дБ. Найдите эффективность кожуха на частоте 100 Гц.
15. Звукоизоляция кожуха на частоте 100 Гц составляет 25 дБ. Найдите эффективность кожуха на частоте 3 кГц.
16. Какие факторы наиболее существенно определяют уровень шума на городских магистралях?
17. Какой вид городского транспорта является наиболее шумным?
18. Перечислите меры, позволяющие снизить уровень шума в зоне жилой застройки в городах.
19. Что может использоваться в качестве акустических экранов в городах?
20. Перечислите меры, позволяющие снизить уровень шума в жилом помещении в процессе строительства здания.

Тема: Электромагнитные излучения.

1. Действие электромагнитных излучений на организм человека
2. Факторы, определяющие возможность поражения электромагнитными излучениями
3. Способы защиты от электромагнитных излучений

Тема: Электробезопасность

1. Действие электрического тока на организм человека. Виды поражений.
2. Факторы, влияющие на исход поражения током. Первая помощь пострадавшим.
3. Как проявляется действие электрического тока на человека?
4. От чего зависит сопротивление тела человека электрическому току?
5. Напряжение прикосновения и шага. Что это такое?

6. Как проверить сопротивление изоляции 200 м провода?
7. Устройства непрерывного контроля сопротивления изоляции. На чем основан их принцип действия и где они применяются?
8. При контроле сопротивления изоляции однофазной осветительной сети с помощью мегомметра его показания составили 470 кОм. Пригодна ли эта сеть к эксплуатации?
9. Защитное заземление. Что это такое, где и для чего оно применяется?
10. Зануление электрооборудования. Что это такое, где и для чего оно применяется?
11. Как проверить сопротивление искусственного заземляющего устройства?
12. При контроле сопротивления заземляющего устройства методом "трех измерений" были получены следующие результаты: $R_1 = 10$ Ом, $R_2 = 7$ Ом и $R_3 = 5$ Ом. Чему равно сопротивление заземляющего устройства?
13. Сопротивление заземляющих устройств контролируют один год летом, а другой - зимой. Почему?

Тема «Оказание первой помощи пострадавшим на производстве»

1. Какие документы регламентируют оказание первой помощи пострадавшим на производстве?
2. Какие обязанности работодателя по оказанию первой помощи пострадавшим на производстве?
3. Какие состояния, при которых оказывается первая помощь?

Тема: Профилактика производственного травматизма и профессиональных заболеваний

1. Правовые, нормативно-технические и организационные основы охраны труда.
2. Инструктаж по охране труда.
3. Специальная оценка условий труда

4. Содержание извещения о несчастном случае на производстве.
5. Порядок оформления извещения о несчастном случае.
6. Содержание акта о несчастном случае на производстве.
7. Содержание акта о расследовании несчастного случая на производстве.
8. Структура журнала регистрации несчастных случаев на производстве.
9. Срок хранения журнала регистрации несчастных случаев на производстве.
10. Содержание протокола осмотра места несчастного случая, происшествия.
11. Содержание протокола опроса пострадавшего при несчастном случае (очевидца несчастного случая, должностного лица).
12. Содержание приказа о создании комиссии по расследованию несчастного случая на производстве.

Повышенный уровень

Тема «Основы физиологии труда и комфортные условия жизнедеятельности»

1. Техносфера. Факторы формирования её. Закон Ю.Н. Куражковского. Критерии
2. комфортности и безопасности техносферы
3. Негативные факторы в системе "человек-техносфера". Круги опасностей.
4. Определите численность людей, подвергающихся опасности травматизма на производстве, если риск фатального исхода в год 10-4, а число погибших 3000 чел.

5. Определить число людей, погибающих ежегодно в автомобильных катастрофах, если риск гибели составляет $2,5 \cdot 10^{-4}$, а численность населения 200 млн чел.

6. Определите численность людей, подвергающихся опасности фатального поражения электрическим током, если риск фатального исхода в год $4 \cdot 10^{-4}$, а число погибших 500 чел.

7. Определить риск гибели человека от действия электрического тока, если в год погибает 900 человек, а численность населения 150 млн человек

8. Определите вероятную численность фатальных исходов в год, если риск гибели от соматических заболеваний 10^{-2} , а численность населения 5,5 млрд. чел.

Тема «Оздоровление воздушной среды и нормализация микроклимата»

1. При какой форме труда человек включен в системы управления как необходимое оперативное звено, нагрузка на которое уменьшается с возрастанием степени автоматизации процесса управления?

2. Можно ли сказать, что совокупность химических реакций в организме, необходимых для жизнедеятельности, называется обменом веществ?

3. Укажите, какой класс условий труда обеспечивает максимальную производительность труда и минимальную напряженность организма человека?

4. Приведите формулы для расчета воздухообмена для выделения различных вредностей

5. Вентиляция. Классификация систем вентиляции.

6. Принцип устройства механических систем вентиляции.

7. Особенности организации вентиляции на предприятиях

промышленности.

8. Какие параметры микроклимата принято считать допустимыми?
9. Какие помещения относятся к категории "с избытками явного тепла"?
10. На космическом корабле отказала вентиляционная система. За счет каких способов теплопередачи будет осуществляться теплообмен космонавтов с окружающей средой?
11. На расстоянии 2 м от горячей печки подвесили два термометра. Один из них спиртовой, а другой ртутный. Термометры исправны. Одинаковы ли будут у них показания, а если нет, то почему?

Тема: Производственное освещение

1. Изложите принципы расчета естественного освещения
2. Изложите принципы расчета искусственного освещения
3. Чему равен коэффициент отражения и средняя освещенность стены площадью 4 м^2 , если на нее падает световой поток 600 лм, а отражается только 150 лм?
4. Найдите среднюю освещенность поверхности, имеющей коэффициент отражения 0,6 и площадь 10 м^2 , если отраженный от нее световой поток составляет 300 лм.
5. Чему равен отраженный от стены площадью 5 м^2 световой поток, если ее средняя освещенность составляет 200 лк, а коэффициент отражения равен 0,8?
6. Какова должна быть яркость объекта различения, чтобы его контраст с фоном был выше 0,4, если яркость фона 200 кд/м^2 ?
7. Найдите контраст двух объектов, если их яркости составляют 100 и 400 кд/м^2 .

8. Какую мощность будет потреблять осветительная установка площадью 100 м^2 , если в ней используются лампы накаливания светотдачей 15 лм/Вт , а требуемая освещенность рабочей поверхности 450 лк ?

9. Какую мощность будет потреблять осветительная установка площадью 100 м^2 , если в ней используются люминесцентные лампы со светотдачей 50 лм/Вт , а требуемая освещенность рабочей поверхности 500 лк ?

10. Какую мощность будет потреблять осветительная установка площадью 100 м^2 , если в ней используются люминесцентные лампы мощностью 40 Вт со световым потоком 1600 лм , а требуемая освещенность в цехе на уровне рабочей поверхности должна составлять 200 лк ?

11. На освещенной солнцем стороне здания висят два исправных термометра - спиртовой и ртутный. Одинаковые ли у них показания, а если нет, то какой из них показывает более высокую температуру и почему?

12. Найдите освещенность горизонтальной рабочей поверхности, которая создается двумя светильниками, подвешенными на высоте $2,8 \text{ м}$ от уровня пола так, что свет от них падает на поверхность под углом 60° к нормали, если известно, что сила света, испускаемого каждым из светильников в этом направлении, 800 кд .

13. От чего зависит требуемая освещенность рабочей поверхности при искусственном освещении?

14. От чего зависит требуемая освещенность рабочей поверхности при естественном освещении?

Тема «Основные принципы защиты от физических полей»

1. Действие шума на организм человека. Методы нормирования шума.

2. Найдите граничные частоты полосы пропускания октавного фильтра со среднегеометрической частотой 1000 Гц .

3. Найдите граничные частоты полосы пропускания октавного фильтра со среднегеометрической частотой 2000 Гц .

4. Рабочий четыре раза по 15 минут в течение смены подвергается

воздействию шума с уровнем 100 дБ А. Найдите относительную дозу шума, полученную рабочим, если допустимый уровень шума для его рода работ 85 дБ А.

5. Интенсивность звука в некоторой точке пространства при работе одного источника шума $0,1 \text{ Вт/м}^2$, а при работе второго - $0,2 \text{ Вт/м}^2$. Что покажет шумомер, установленный в этой точке, если оба источника шума работают одновременно?

6. Интенсивность звука в некоторой точке пространства при работе одного источника шума $0,01 \text{ Вт/м}^2$, а при работе второго - $0,02 \text{ Вт/м}^2$. Что покажет шумомер, установленный в этой точке, если оба источника шума работают одновременно?

7. Архитектурно - планировочные мероприятия по защите от шума.

8. Акустические мероприятия по защите от шума.

Звукопоглощение, звукоизоляция.

9. Уровень виброскорости составляет 100 дБ. Какому действующему значению виброскорости это соответствует?

10. Тело подвергается воздействию вибрации от двух некогерентных источников со скоростями $v_1=0,3 \text{ м/с}$ и $v_2=0,4 \text{ м/с}$, действующими в одном направлении. Найдите уровень виброскорости данного тела.

11. Как устроен датчик виброскорости? (Изобразите схему датчика и объясните его принцип действия.)

12. Как устроен датчик виброускорения? (Изобразите схему датчика и объясните его принцип действия.)

13. Действующее значение виброскорости составляет $0,5 \text{ м/с}$. Какому уровню виброскорости это соответствует?

14. Допустимый уровень шума в помещении задан предельным спектром ПС-80. Измеренный уровень шума составляет 80 дБ А. Шум тональный. Допустим ли такой уровень шума?

15. Допустимый уровень шума в помещении задан предельным спектром ПС-80. Измеренный уровень шума составляет 84 дБ А. Шум

широкополосный. Допустим ли такой уровень шума?

16. На расстоянии 100 м от точечного источника шума показания шумомера на шумовой характеристике "медленно" составляют 80 дБ А. Что покажет шумомер, если его поместить на расстоянии 10 м от этого источника, и не опасно ли будет оператору находиться рядом с шумомером?

17. На расстоянии 200 м от железной дороги планируется строительство жилого дома. Можно ли будет жить в этом доме, если уровень шума, создаваемый движущимся поездом и измеренный на расстоянии 20 м от локомотива, составляет 80 дБ А, а звукоизоляция окон строящегося дома не более 20 дБ?

18. Уровень шума в помещении 60 дБ. Включено еще два источника шума по 60 дБ каждый. Как изменится уровень шума в помещении?

19. Работают два одинаковых источника шума. Если их оба выключить, то уровень шума в помещении составит 60 дБ. Если их оба включить, то уровень шума в помещении составит 65 дБ. Чему будет равен уровень шума в помещении, если включить только один источник шума?

20. Включено два одинаковых источника шума. При этом уровень шума в помещении 0 дБ. Чему будет равен уровень шума, если выключить один из источников? (Внешними шумами пренебречь.)

21. В цехе 3 источника шума 60, 60 и 85 дБ. Чему равен уровень шума в цехе, если все три источника работают одновременно? (Внешними шумами пренебречь.)

22. В цехе 5 источников шума 60, 60, 63, 66 и 69 дБ. Чему равен уровень шума в цехе, если все источники работают одновременно? (Внешними шумами пренебречь.)

23. Уровень интенсивности звука 100 дБ. Чему равно звуковое давление?

24. Уровень звукового давления 100 дБ. Чему равна интенсивность звука?

25. Уровень звукового давления 120 дБ. Чему равен уровень

интенсивности звука?

26. Уровень интенсивности звука 60 дБ. Чему равен уровень звукового давления?

27. Различаются ли между собой значения ПДК одного и того же вредного вещества для воздуха рабочей зоны и атмосферы населенного пункта, и, если различаются, то какое из значений выше?

28. Как классифицируются вредные вещества по степени опасности и по характеру воздействия на организм человека?

29. Что такое аэрозоли фиброгенного действия?

30. Что такое респирабельная фракция аэрозоля?

Тема: Электромагнитные излучения.

1. Напряженность электростатического поля на рабочем месте оператора ЭВМ, создаваемая экраном дисплея, составляет 25 кВ/м. Какова допустимая продолжительность пребывания оператора на этом рабочем месте в течение смены?

2. При прокладке линии электропередач (ЛЭП) напряжением 330 кВ ее трасса прошла вблизи деревянного жилого дома таким образом, что расстояние от крайнего фазного провода до дома составило 15 м. Допустимо ли это, и не потребуется ли переносить дом или изменять трассу ЛЭП?

3. Туристы разбили палатку на берегу озера вблизи ЛЭП таким образом, что расстояние от палатки до крайних проводов ЛЭП составило 10 м. Допустимо ли это?

4. Какой высоты требуется установить молниеотвод, если необходимо с надежностью выше 99% защитить от удара молнии подземный склад горючесмазочных материалов, занимающий прямоугольную площадку размерами 10х20 м?

5. Какой высоты требуется установить молниеотвод, если необходимо с надежностью выше 95% защитить от удара молнии подземный склад горючесмазочных материалов, занимающий квадратную площадку размерами 20х20 м?

6. Какие параметры электромагнитного поля нормируются для

населенных мест в различных диапазонах частот?

7. От чего зависит эффект воздействия электромагнитных полей на живые организмы?

8. Рабочий должен проложить кабель в санитарно-защитной зоне радиостанции, работающей на частотах от 1,5 до 35 МГц. Допустимо ли выполнять эти работы при включенных передатчиках, если напряженность поля в зоне выполнения работ составляет для соответствующих частот 30, 33 и 40 В/м, а продолжительность работ 4 часа?

9. Рабочий должен проложить кабель в санитарно-защитной зоне радиостанции, где напряженность поля в зоне выполнения работ составляет для соответствующих частот 30 и 4 В/м, а продолжительность работ 4 часа?

10. Рабочий должен проложить кабель в санитарно-защитной зоне радиостанции, работающей на частотах 65 кГц, 130 кГц и 1,5 МГц. Дополнительно могут быть включены передатчики, работающие на частотах 35 и 560 МГц. Допустимо ли выполнять эти работы при включенных передатчиках, если продолжительность работ не менее 4 ч, напряженность поля в зоне выполнения работ составляет для частоты 35 МГц 4 В/м, а плотность потока энергии на частоте 560 МГц равна 0,4 Вт/м²?

11. Рабочий должен проложить кабель в санитарно-защитной зоне радиостанции, работающей на частотах 35 и 560 МГц. Какова допустимая продолжительность этих работ при включенных передатчиках, если напряженность поля в зоне выполнения работ составляет для частоты 35 МГц - 4 В/м, а плотность потока энергии на частоте 560 МГц равна 0,4 Вт/м²?

12. Покупательница стиральной машины, установленной в ванной комнате по всем правилам с занулением корпуса, жалуется, что машина иногда "бьет током". Механик утверждает, что машина исправна. Кто из них прав и возможно ли это?

13. Можно ли для защиты от статического электричества использовать зануление электрооборудования в сети с глухозаземленной нейтралью

14. Как избавиться от статического электричества при перемотке

лавсановой пленки, если ее поверхность нельзя царапать, а помещение, в котором осуществляется перемотка, должно быть без повышенной опасности поражения электрическим током?

15. Почему для перевозки горючих жидкостей (бензин, керосин и т.п.) не разрешается использовать полиэтиленовую тару?

16. Почему топливные баки автомобилей не делают из полиэтилена?

17. Мерный бак расходомера авиационного топлива. Как защитить его от разрядов статического электричества?

Тема: Электробезопасность

1. Сопротивление заземляющего устройства 85 Ом. Можно ли его использовать для отвода статического электричества?
2. На улице под навесом установлено электрооборудование. Какое максимально допустимое напряжение питания можно подавать на это оборудование, если люди, работающие с ним, находятся непосредственно на земле, а электрооборудование не имеет специальной защиты?
3. Воробей сидит на проводе высоковольтной линии передач напряжением 120 кВ. Найдите для него напряжение прикосновения и шага, если воробьиный шаг 5 см, по проводу протекает ток 100 А, погонное сопротивление провода 0,001 Ом/м, а сопротивление утечки изоляции 1000 МОм·м.
4. Пьяный рабочий лег спать на ленту неисправного транспортера. Другой пьяный решил над ним подшутить и включил неисправный транспортер, у которого в двигателе фаза пробита на корпус. Кто из них подвергается большей опасности и почему, если рост рабочих одинаков, а второй рабочий стоит на бетонном полу и касается транспортера?
5. К какому классу опасности поражения электрическим током относится цех гальванических покрытий? Объясните свое решение.
6. К какому классу опасности поражения электрическим током относится цех холодной штамповки? Объясните свое решение.

Тема «Оказание первой помощи пострадавшим на производстве»

1. Организационно-правовые аспекты оказания первой помощи;
2. Оказание первой помощи при отсутствии сознания, остановке дыхания и кровообращения;
3. Оказание первой помощи при наружных кровотечениях и травмах;
5. Оказание первой помощи при прочих состояниях;
6. Транспортировка пострадавших;
7. Аптечка для оказания первой помощи.

Тема: Профилактика производственного травматизма и профессиональных заболеваний

1. Студент в дипломном проекте, рассматривая безопасность разработанного им технологического процесса, сослался на ГОСТ 12.6.002-96. Прав ли он, и нет ли здесь ошибки?
2. В руководстве к изделию есть ссылка на ГОСТ 12.4.036-92. О чем может идти речь в его содержании?
3. Какими документами регламентируется освещенность в помещении?
4. Вы хотите сравнить параметры микроклимата в Вашем помещении с допустимыми значениями. К какому документу Вам следует обратиться?
5. Каким документом регламентируется концентрация вредных веществ в воздухе?
6. Вам предстоит посетить зону, загрязненную радиоактивными веществами. Каким документом регламентируются допустимые дозы облучения для людей, проживающих на заражённой местности?
7. Вы хотите убедиться, что при перевозке прибора с источником ионизирующего излучения, не будут нарушены правила безопасности. К какому документу Вы обратитесь?

8. Вы хотите убедиться, что напряжённость электромагнитных полей в Вашем помещении не превышает допустимых значений. К какому документу Вам следует обратиться?

9. В Вашем помещении очень шумно. К какому документу Вам следует обратиться, чтобы аргументировать свои претензии о превышении допустимого уровня шума?

10. Что является главной задачей государственной политики в области охраны труда?

11. В каких документах излагаются правовые основы действий в ЧС?

12. Расскажите о порядке разработки декларации безопасности промышленного объекта в РФ.

13. Какие нормативные документы регламентируют требования по безопасности труда и экологической безопасности?

Критерии оценивания компетенций*

Оценка «отлично» выставляется студенту, если студент показал глубокое, прочное и аргументированное освоение программного учебного материала, при этом поставленный вопрос раскрыт последовательно, четко и логически стройно, в полном исчерпывающем объеме, основные категории, понятия и термины учебного курса формулировались правильно, не допущено при ответе ошибок

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если студент показал твердое знание программного учебного материала, при этом поставленный вопрос раскрыт грамотно и по существу, в достаточно полном объеме, основные категории, понятия и термины учебного курса формулировались правильно, допущены при ответе отдельные неточности или одна ошибка.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если студент показал знание только основной части учебного материала без его частных деталей, при этом поставленный вопрос раскрыт с нарушением логической

последовательности, не в полном объеме; были допущены неточные формулировки основных категорий, понятий и терминов учебного курса, а также ошибки (не более двух) или ряд незначительных неточностей, не исказивших существенно суть ответа.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки (более двух), существенно исказившие его суть. Оценка неудовлетворительно выставляется также, если отсутствует ответ на вопрос, либо студент отказался его сдавать.

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедура проведения данного оценочного мероприятия включает в себя: собеседование.

Предлагаемые студенту задания позволяют проверить компетенцию ОПК-5

Особенности заданий базового уровня состоят в том, что студент способен объяснять и применять в предлагаемом контексте термины и понятия курса; анализировать и классифицировать информацию, представленную схематически; соотносить текстовую информацию со знаниями курса.

Особенности заданий повышенного уровня состоят в том, что студент, владеющей информацией на повышенном уровне может раскрывать теоретические положения на конкретных примерах, решать проблемные задачи, используя теоретические знания; самостоятельно находить информацию, необходимую для формулирования собственных суждений; критически воспринимать информацию, получаемую из текстовых источников, аргументировать собственную позицию, подтверждая её адекватными примерами из курса дисциплины, смежных учебных дисциплин и собственного жизненного опыта.

Для подготовки к данному оценочному мероприятию необходимо

ознакомиться с рекомендуемой литературой, ресурсами Интернет, периодическими изданиями, присутствующими в читальном зале библиотеки корпуса 11. Примерное время, отводимое на подготовку каждой теме приведено в рабочей программе дисциплины.

При подготовке к ответу студенту предоставляется право пользования калькулятором, справочными материалами, нормативными документами.

При проверке задания оцениваются последовательность и рациональность выполнения, - развитость мышления (гибкость, рациональность, оригинальность), сформированность умения решать задачи, сформированность прикладных умений (способность решать практические проблемы, применять новые технологии для решения прикладных задач и т.д.), умение чётко и аргументировано излагать свою мысль, грамотность в оформлении решений задач, сформированность умений самоконтроля и самооценки (самокритичность, умение работать над ошибками, реалистичность в оценке своих способностей).

Методические указания по подготовке доклада

Процедура проведения данного оценочного мероприятия включает в себя представление доклада, оформленного в соответствии с требованиями, презентации по теме доклада и ответ на дополнительные вопросы (по теме доклада).

Для подготовки к данному оценочному мероприятию необходимо взять у преподавателя перечень тем докладов и в указанный срок подготовить доклад и презентацию к нему.

При подготовке к ответу студенту предоставляется право пользования собственным докладом и презентацией, также техническими средствами отображения информации.

При проверке задания, оцениваются

- полнота раскрытия темы доклада;
- использование статистической информации;
- применение периодической литературы при написании доклада;
- устное изложение материала, умение его пояснять;
- оформление презентации;
- оригинальность материала;
- своевременность предоставления материала;
- умение отвечать на дополнительные вопросы

Темы докладов

Базовый уровень

1. Опасность. Таксономия опасностей. Факторы производственной опасности на предприятиях. Риск. Виды риска.
2. Принципы, способы и методы обеспечения безопасности
3. Негативные факторы в системе "человек-техносфера". Круги опасностей.

4. Условия труда, их классификация. Оценка условий труда на предприятиях промышленности.
5. Принципы нормирования параметров микроклимата производственной среды в соответствии с ГОСТ 12.1.005-88 и СанПиН 2.2.4.548-96. Основное уравнение теплового баланса и терморегуляция организма человека.
6. Естественное освещение. Нормирование. Принципы расчета. Особенности организации на предприятиях.
7. Искусственное освещение. Нормирование. Принципы расчета. Особенности организации на предприятиях
8. Акустические колебания. Физиологические, энергетические, частотные характеристики шума.
9. Действие шума на организм человека Организационные мероприятия по защите от шума. Средства индивидуальной защиты от шума.
10. Спектр электромагнитных излучений. Техногенные источники электромагнитных излучений. Действие электромагнитных полей на человека.
11. Действие электрического тока на организм человека. Виды поражений.
12. Факторы, влияющие на исход поражения током. Первая помощь пострадавшим.
13. Классификация помещений по возможности поражения электрическим током. Допустимые напряжения в зависимости от класса помещений
14. Анализ опасности поражения током при прикосновении к токоведущим частям в трехфазных сетях с изолированной и глухозаземленной нейтралью.
15. Правовые, нормативно-технические и организационные основы охраны труда. Инструктаж по охране труда.

16. Правовые, нормативно-технические и организационные основы охраны окружающей природной среды

17. Правовые основы защиты в чрезвычайных ситуациях. Государственное управление в ЧС. Единая государственная система предупреждения и ликвидации ЧС (РСЧС). Единая государственная система гражданской защиты (РСГЗ). Структура. Цели. Задачи.

18. Экологическое страхование.

19. Страхование ответственности владельцев опасных производственных объектов

20. Страхование рисков.

21. Страхование профессиональных рисков.

22. Социальное страхование. Основные понятия, функции, задачи и принципы страхования рисков

23. Органы управления, надзора и контроля за безопасностью, их основные функции, права и обязанности, структура

Повышенный уровень

1. Опасности технических систем: отказ, вероятность отказа. Инженерные методы исследования опасностей технических систем.

2. Техносфера. Факторы формирования её. Закон Ю.Н. Куражковского. Критерии комфортности и безопасности техносферы

3. Условия труда, их классификация. Организация проведения специальной оценки условий труда. Тяжесть и напряженность труда.

4. Микроклимат производственной среды. Влияние его на организм человека. Технологические и организационные мероприятия по обеспечению нормативных параметров микроклимата.

5. Технические мероприятия по обеспечению нормативных параметров микроклимата. Системы отопления и кондиционирования.

6. Вентиляция. Классификация систем вентиляции. Принцип устройства механических систем вентиляции. Особенности организации вентиляции на предприятиях промышленности.

7. Производственное освещение. Основы фотометрии. Виды и системы производственного освещения.

8. Действие шума на организм человека. Методы нормирования шума.
 9. Архитектурно - планировочные мероприятия по защите от шума.
 10. Акустические мероприятия по защите от шума.
- Звукопоглощение, звукоизоляция.
11. Постоянные электромагнитные поля. Источники возникновения. Условия электростатической искробезопасности. Особенности нормирования. Принципы защиты.
 12. Низкочастотные переменные электромагнитные поля. Особенности нормирования. Принципы защиты.
 13. Радиоволны. Особенности нормирования. Принципы защиты.
 14. Методы и способы защиты человека от действия электрического тока. Особенности устройства изоляции. Заземление. Зануление.
 15. Экологическое страхование на предприятиях отрасли.
 16. Страхование ответственности владельцев опасных производственных объектов
 17. Страхование рисков на предприятиях отрасли
 18. Страхование профессиональных рисков, особенности на предприятиях отрасли
 19. Социальное страхование. Основные понятия, функции, задачи и принципы страхования рисков. Особенности организации на предприятии отрасли

Общие требования к написанию доклада

Доклад выполняется рукописным или машинописным текстом с соблюдением правил оформления текстового материала проектной документации.

Доклад должен иметь титульный лист, на котором указываются название дисциплины, тема доклада, фамилия, имя, отчество исполнителя. Также в работе должны быть содержание с указанием индивидуального задания и список использованной литературы.

При наборе работы на компьютере текст должен иметь сплошную нумерацию страниц и следующие параметры:

- формат бумаги А4 (210×297 мм), бумага белая;
- поля: верхнее до нумерации стр. – 20 мм,
нижнее и левое – 30 мм, правое – 15 мм;
- межстрочное расстояние – полуторное (т. е. на одной странице должно быть не более 29 строк и 60 ± 2 знака в одной строке, учитывая пробелы);
- переплет 0 см;
- ориентация книжная;
- шрифт Times New Roman Cyr (Arial Cyr);
- размер шрифта 14 пунктов;
- красная строка – 1,25 см;
- формулы выравниваются по центру, их нумерация по правому краю в круглых скобках;
- рисунки нумеруются снизу (Рисунок 1 – Название), таблицы – сверху (таблица 1 – Название);
- страницы нумеруются сверху, по центру;
- необходимо различать в тексте дефис (-) (например, черно-белый, бизнес-план) и тире (–) (Alt + 0150);

- если вы используете кавычки, они должны иметь вид так называемых «ёлочек» (« »). Если в тексте встречаются внутренние и внешние кавычки, то они должны различаться, например: ООО «Издательство “Айрис-пресс”».

Отвечая на вопросы, не следует переписывать текст из книги, а излагать ответ кратко, по существу, на конкретно поставленный вопрос. При решении задачи необходимо записать ее условия и подробно изложить

Для оценки доклада студента применяются следующие критерии:

1. Оценка *«отлично»* выставляется студенту, если он исчерпывающе, последовательно, четко и логически верно раскрывает тему доклада, правильно применяет терминологию по тексту, использует современную литературу и нормативную документацию, оперирует статистическими данными, материал представлен в виде презентации с поясняющими схемами, таблицами и рисунками (при возможности), студент представил материал своевременно, изложил грамотно, доступно, с необходимыми пояснениями и ответил на дополнительные вопросы.

2. Оценка *«хорошо»* выставляется студенту, если он раскрыл тему доклада, правильно применяет терминологию по тексту, использует современную литературу и нормативную документацию, материал представлен в виде презентации, студент представил материал своевременно, изложил грамотно, доступно, с необходимыми пояснениями.

3. Оценка *«удовлетворительно»* выставляется студенту, если он не полностью раскрыл тему доклада, путается в терминологии по тексту, использует современную литературу и нормативную документацию, презентация к докладу не представлена, студент представил материал несвоевременно, изложил неграмотно.

4. Оценка *«неудовлетворительно»* выставляется студенту, если он не раскрыл тему доклада, путается в терминологии по тексту, использует устаревшую литературу и нормативную документацию, презентация к докладу не представлена, студент представил материал несвоевременно. Отметка *«неудовлетворительно»* выставляется также, если обучающийся не предоставил доклад.

Интернет-ресурсы

- 32