

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра «Технический сервис»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Безопасность жизнедеятельности

Направление подготовки 27.03.04 Управление в технических системах

**Профиль образовательной программы «Системы и средства автоматизации
технологических процессов»**

Форма обучения очная

СОДЕРЖАНИЕ

1. Конспект лекций	4
1.1 Лекция № 1 Основы безопасности жизнедеятельности	4
1.2 Лекция № 2 Основы физиологии труда и комфортные условия жизнедеятельности в техносфере.....	7
1.3 Лекция № 3 Негативные факторы техносферы.....	14
1.4 Лекция № 4 Воздействие негативных факторов на человека, техносферу и природную среду.....	19
1.5 Лекция № 5 Опасности технических систем	27
1.6 Лекция № 6,7 Инженерно-технические средства снижения трамвоопасности и вредного воздействия технических систем.....	49
1.7 Лекция № 8 Безопасность функционирования автоматизированных производств.....	64
1.8 Лекция № 9 Чрезвычайные ситуации мирного и военного врекмени времени.....	71
1.9 Лекция № 10 Устойчивость функционирования объектов экономики.....	78
1.10 Лекция № 11 Защита сельского населения в чрезвычайных ситуациях	86
1.11 Лекция № 12 Правовые, нормативно-технические основы управления безопасностью жизнедеятельности.....	96
1.12 Лекция № 13 Организационные основы обеспечения БЖД.....	102
1.13 Лекция № 14 Экономические последствия и материальные затраты на обеспечение БЖД.....	109
1.14 Лекция № 15 Безопасность при пофазном ремонте воздушных линий электропередачи.....	114
1.15 Лекция № 16 Безопасность при работах под напряжением на воздушных линиях электропередачи высокого напряжения.....	123
1.16 Лекция № 17 Организация безопасной эксплуатации электроустановок.....	129
1.17 Лекция № 18 Основы пожарной безопасности.....	136
1.18 Лекция № 19 Герметические системы, находящиеся под давлением.....	151
2. Методические указания по выполнению лабораторных работ	158
2.1 Лабораторная работа № ЛР-1 Оценка тяжести и напряженности труда на рабочем месте.....	158
2.2 Лабораторная работа № ЛР-2 Исследование микроклимата в производственных помещениях.....	165
2.3 Лабораторная работа № ЛР-3 Исследование естественной освещенности.....	172
2.4 Лабораторная работа № ЛР-4 Исследование производственного шума и эффективности борьбы с ним.....	181
2.5 Лабораторная работа № ЛР-5 Исследование средств защиты от производственной вибрации.....	188
2.6 Лабораторная работа № ЛР-6 Исследование загазованности воздуха в производственных помещениях.....	201
2.7 Лабораторная работа № ЛР-7 Исследование запыленности воздуха в производственных помещениях	205
2.8 Лабораторная работа № ЛР-8 Исследование эффективности средств защиты от тепловых излучений.....	213
2.9 Лабораторная работа № ЛР-9 Исследование надежности работы оператора под воздействием вредного производственного фактора.....	216
2.10 Лабораторная работа № ЛР-10 Устройство и проверка изолирующих защитных средств используемых в электроустановках.....	219
2.11 Лабораторная работа № ЛР-11 Измерение сопротивления заземлителей и определение необходимого по ПУЭ сопротивления заземления подстанции....	222

2.12 Лабораторная работа № ЛР-12 Определение удельного электрического сопротивления земли и расчет размеров заземлителей в однородной земле.....	227
2.13 Лабораторная работа № ЛР-13 Проверка защитных проводников и расчет заземлителей в двухслойной земле.....	233
2.14 Лабораторная работа № ЛР-14 Защитное отключение и расчет естественных заземлителей.....	238
3. Методические указания по проведению практических занятий	243
3.1 Практическое занятие № ПЗ-1 Расчет нагрузок создаваемых ударной волной.....	243
3.2 Практическое занятие № ПЗ-2 Оценка радиационной обстановки.....	247
3.3 Практическое занятие № ПЗ-3 Прогнозирование параметров взрыва легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ) на нефтескладах в сельском хозяйстве.....	251
3.4 Практическое занятие № ПЗ-4 Огнегазительные вещества и технические средства тушения пожаров. Расчет пожарного запаса воды.....	257
3.5 Практическое занятие № ПЗ-5 Расчет эвакуационных путей, выходов и потребного запаса воды на пожаротушение.....	264
3.6 Практическое занятие № ПЗ-6 Расчет и проектирование молниезащиты с/х объекта.....	272
3.7 Практическое занятие № ПЗ-7 Разработка инструкции по охране труда.....	287
3.8 Практическое занятие № ПЗ-8 Экономические потери от травматизма и заболеваемости. Эффективность внедрения безопасных условий труда.....	291
3.9 Практическое занятие № ПЗ-9 Ознакомление с порядком и документами по расследованию и учету производственного травматизма. Вычисление показателей травматизма.....	293
3.10 Практическое занятие № ПЗ-10 Анализ комплексного плана улучшения условий труда, охраны труда и санитарно-оздоровительных мероприятий с/х предприятия.....	301
3.11 Практическое занятие № ПЗ-11 Исследование реакции оператора.....	303
3.12 Практическое занятие № ПЗ-12 Изучение устройства, выбор и расчет в средствах индивидуальной защиты.....	305
3.13 Практическое занятие № ПЗ-13 Электрическое поле и шум, создаваемые воздушными линиями электропередач высокого напряжения.....	309
3.14 Практическое занятие № ПЗ-14 Первая помощь пострадавшим от электрического тока.....	312
3.15 Практическое занятие № ПЗ-15 Исследование и расчет искусственного освещения.....	326
3.16 Практическое занятие № ПЗ-16 Выбор и расчет средств очистки газов.....	331
3.17 Практическое занятие № ПЗ-17 Расчет естественной и механической вентиляции для производственных помещений.....	338

1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

1.1 Лекция № 1 (2 часа).

Тема: «Основы безопасности жизнедеятельности»

1.1.1 Вопросы лекции:

1. Взаимодействия человека со средой обитания.
2. Опасности и их источники.
3. Принципы, понятия и термины науки о БЖД.

1.1.2 Краткое содержание вопросов:

1. Взаимодействие человека со средой обитания

В настоящее время возникла настоятельная необходимость в расширении и дополнении существующих концепций понятия «безопасность жизнедеятельности».

Традиционно под жизнедеятельностью понимается способ существования или деятельности человека. Более широкая трактовка подразумевает форму активного существования человека и связанной с ним системных уровней окружающего мира (общества, техносферы, экологической системы, человечества, биосферы, ноосферы).

Общество – продукт взаимодействия людей.

Техносфера – регион биосферы в прошлом, преобразованный людьми с помощью прямого или косвенного воздействия технических средств в целях наилучшего соответствия своим материальным и социально-экономическим потребностям (техносфера – регион города или промышленной зоны, производственная или бытовая среда).

Среда обитания – окружающая человека среда, обусловленная в данный момент совокупностью факторов, способных оказывать прямое или косвенное немедленной или отдаленное воздействие на деятельность человека, его здоровье и потомство(т.е. включает в себя такие системные уровни, как общество, техносферу и экологические системы)

Биосфера – область распространения жизни на Земле, включающая нижний слой атмосферы, гидросферу и верхний слой литосферы, не испытавших техногенного воздействия.

Ноосфера – результат разумной деятельности человека (всей человеческой цивилизации)

Системные уровни жизнедеятельности объединяются в две области: локальную (человек, общество, техносфера, экологическая система) и глобальную (человечество, биосфера, ноосфера) системы жизнедеятельности.

Безопасность – отсутствие опасности, сохранность, надежность(В.И.Даль).

С точки зрения состояния существования системы безопасность – это состояние объектов, при котором с достаточной вероятностью исключено проявление по отношению к ним различных угроз опасностей.

С юридической точки зрения безопасность - это состояние защищенности жизненно важных интересов личности, общества и государства от внешних и внутренних угроз.

Эти объекты определяют смысл системы структурных уровней безопасности человека, ранжируя их по приоритетности

Понятие безопасности жизнедеятельности обозначает науку о безопасном взаимодействии человека с техносферой (средой обитания)

Среда обитания включает три компонента: социальный, техногенный и природный, каждый из которых может стать источником реальных опасностей.

Опасность – существование явной или скрытой угрозы жизни и здоровью человека. Совокупность опасностей образует ноксосферу., характеризующую уровень неблагоприятных для человека факторов окружающей среды. Источником ноксосферы являются общество, техносфера и экологическая система.

Гомосфера – это область активного существования, жизнедеятельности человека

Существенным для анализа безопасности жизнедеятельности является степень несовпадения гомосферы и ноксосферы. Существует несколько вариантов взаимного расположения гомосферы и ноксосферы.

Характерные состояния системы «человек- окружающая среда»: комфортные, допустимые, опасные, чрезвычайно-опасные.

В 20 веке на Земле возникли зоны повышенного антропогенного и техногенного влияния на природную среду, что привело к ее изменению.

Основными направлениями изменения среды обитания на настоящем этапе является:

- рост численности населения Земли и его урбанизация;
- рост потребления и истощения ресурсов (в т.ч. энергетических);
- интенсивное развитие промышленного и сельскохозяйственного производства
- загрязнение среды обитания.
- массовое использование средств транспорта
- рост затрат на военные цели.

Все это привело к возникновению дополнительных опасностей потенциального и реального характера.

2. Опасности и их источники

Опасность – явления, процессы, объекты, способные в определенных условиях причинять ущерб здоровью человека, природной среде, материальным ценностям.

Источниками опасностей являются естественные процессы и явления, техногенная среда и действия человека.

Различают опасности естественного, техногенного и антропогенного происхождения.

Чем выше преобразующая деятельность человека, тем выше уровень и число антропогенных и техногенных опасностей – вредных и травмирующих факторов, отрицательно воздействующих на человека и окружающую среду.

Опасности классифицируются по ряду признаков (таблица 1)

Таблица 1 - Классификация опасностей

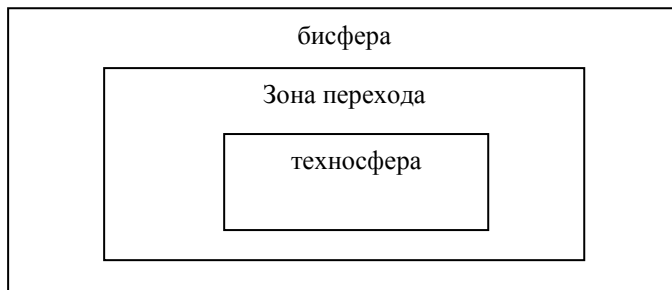
Признак классификации	Вид (класс)
По видам источников возникновения опасностей	естественные, антропогенные, техногенные
По видам потоков в жизненном пространстве	Энергетические, массовые, информационные
По моменту возникновения опасности	Прогнозируемые, спонтанные
По длительности воздействия опасности	Постоянные, переменные, периодические, кратковременные
По величине потоков в жизненном пространстве	Предельно допустимые, опасные, чрезвычайно опасные
По способности человека идентифицировать опасности органам чувств	Ощущаемые, неощущаемые
По виду воздействия на человека	Вредные, травмоопасные
По объектам защиты	Действующие на человека, действующие на природную среду, действующие на материальные ресурсы
По численности людей, подверженных опасному воздействию	Личные, групповые, массовые
По размерам зоны воздействия	Локальные, региональные, межрегиональные, глобальные
По видам зон воздействия	Производственные, бытовые, городские, зоны ЧС

Опасности по вероятности воздействия на человека среду обитания на потенциальные, реальные и реализованные.

Наличие потенциальных опасностей находит свое отражение в аксиоме: Жизнедеятельность человека потенциально опасна.

Реализованные опасности принято разделять на происшествия, чрезвычайные происшествия, аварии, катастрофы и стихийные бедствия.

Сегодня 75% населения Земли проживают в техносфере или зоне перехода



Биосфера во многих регионах планеты активно заменяется техносферой.

Опасностей очень много и они непрерывно возрастают. В различных условиях на человека воздействуют одновременно сразу несколько негативных факторов, которые образуют поле опасностей, которое представлено в виде первого, второго, третьего и четвертого кругов факторов расположенных вокруг человека.

3. Принципы, понятия и термины науки о БЖД

Причины возникновения и формирования учения о БЖД в России - это потребности общества и человека в защите от опасностей.

Потребности общества:

- сохранение здоровья и трудоспособности членов общества;
- защита членов общества от естественных опасностей;
- сохранение или рациональный рост численности членов общества в условиях воздействия опасностей от внешних причин.

Потребности человека:

- употребление качественных продуктов, питьевой воды, атмосферного воздуха;
- защита жизни и здоровья от внешних опасностей среды обитания;
- стремление к повышению СПЖ;
- другие (шкала потребностей).

Основная цель учения о БЖД - формирование и широкая пропаганда знаний, направленных на снижение смертности и потерь здоровья людей от внешних причин.

Безопасность жизнедеятельности - наука о комфортном и трав-мобезопасном взаимодействии человека с техносферой.

Новая область научных знаний - **наука о безопасности жизнедеятельности человека в техносфере** и соответствующее ей содержание понятия **культура безопасности** формируются сейчас на основе накопленного ранее богатого практического опыта решения прикладных задач (защита от вибраций, шума, электромагнитных полей, механического травмирования и др.) и позитивных попыток использования фундаментальных основ науки.

Цель науки о БЖД - создание защиты человека в техносфере от внешних негативных воздействий антропогенного, техногенного и естественного происхождения. Объектом защиты от опасности является человек.

Предмет исследований в науке о БЖД - это опасности и их совокупность (после опасностей), действующие в системах «объект защиты - источник опасности», а также средства и системы защиты от опасностей.

Аксиомы о БЖД в техносфере:

Аксиома 1: Техногенные опасности существуют, если повседневная деятельность связанная потоками вещества, энергии и информации в техносфере превышают пороговые значения.

Аксиома 2 Источником техногенных опасностей являются элементы техносферы.

Аксиома 3. Техногенные опасности действуют в пространстве и времени.

Аксиома 4. Защита от техногенных опасностей достигается совершенствованием источников опасностей.

Аксиома 5. Техногенные опасности ухудшают здоровье людей, приводят к травмам, материальным потерям и к деградации природной среды

Аксиома 6. Защита от техногенных опасностей достигается совершенствованием источников опасности, увеличением расстояния между источником опасности и объектом защиты, применением защитных мер.

Аксиома 7. Показатели комфортности процесса жизнедеятельности взаимосвязаны с видами деятельности и отдыха человека.

Аксиома 8. Компетентность людей в мире опасностей и способах защиты от них – необходимое условие достижения безопасности жизнедеятельности.

По современным представлениям, научные знания в БЖД опираются на следующие **основные принципы**:

I - принцип антропоцентризма: «Человек есть высшая ценность, сохранение и продление жизни которого является целью его существования».

II - принцип существования внешних воздействий на человека: «Человеческий организм всегда может подвергнуться внешнему воздействию со стороны какого-либо негативного фактора».

III - принцип возможности создания для человека безопасной среды обитания: «Создание комфортной и травмобезопасной для человека среды обитания принципиально возможно и достижимо при соблюдении в ней предельно допустимых уровней воздействия на человека».

IV - принцип выбора путей реализации безопасного взаимодействия человека со средой обитания: «Безопасное взаимодействие человека со средой обитания достигается его адаптацией к опасностям, снижением их значимости и применением человеком защитных мер».

V - принцип отрицания абсолютной безопасности: «Абсолютная безопасность человека в среде обитания недостижима».

VI - принцип науки о БЖД, во многом соответствующий принципу Ле-Шателье: «Эволюция любой системы идет в направлении снижения потенциальной опасности», гласит: «Рост знаний человека, совершенствование техники и технологии, применение защиты, ослабление социальной напряженности в будущем неизбежно приведут к повышению защищенности человека от опасностей».

1.2 Лекция № 2 (2 часа).

Тема: «Основы физиологии труда и комфортные условия жизнедеятельности в техносфере»

1.2.1 Вопросы лекции:

1.1 Классификация основных форм деятельности человека

1.2 Оценка тяжести и напряженности трудовой деятельности

1.3 Работоспособность и ее динамика

1.4. Влияние параметров микроклимата на самочувствие человека

1.2.2 Краткое содержание вопросов:

1. Классификация основных форм деятельности человека

Эффективность системы «человек – среда обитания» в огромной степени зависит от безопасности и удобства работы самого человека.

Важнейшая форма жизнедеятельности человека – труд, который является организованным процессом, который объединяет следующие компоненты:

- человека как субъект трудовой деятельности ;
- предмет труда как объект трудовой деятельности, на который направлены основные трудовые усилия;
- средства труда, служащие для осуществления цели труда путем организованного человеком воздействия на предмет труда реализуемых трудовых усилий;
- условия труда.

Физический труд характеризуется нагрузкой на опорно-двигательный аппарат и функциональные системы организма человека (сердечно-сосудистую, нервно-мышечную, дыхательную и др.), обеспечивающие его деятельность.

Умственный труд объединяет работы, связанные с приемом и переработкой информации, требующей преимущественного напряжения сенсорного аппарата, внимания, памяти, а также активизации процессов мышления, эмоциональной сферы.

В современной трудовой деятельности человека объем чисто физического труда незначителен. В соответствии с существующей физиологической классификацией трудовой деятельности различают:

- формы труда, требующие значительной мышечной активности.;
- механизированные формы;
- формы труда, связанные с полуавтоматическим и автоматическим производством;
- групповые формы труда - конвейер;
- формы труда, связанные с дистанционным управлением;
- формы интеллектуального (умственного) труда подразделяются на операторский, управленческий, творческий, труд медицинских работников, труд преподавателей, учащихся, студентов.

Условия труда - это совокупность факторов производственной среды и трудового процесса, оказывающих влияние на здоровье и работоспособность человека в процессе труда.

В соответствии с ГОСТ 12.0.002—80 различают четыре группы факторов трудовой деятельности:

- физические факторы, включающие микроклиматические параметры и запыленность воздушной среды, все виды излучений, виброакустические характеристики рабочего места и качество освещения;
- химические факторы, включающие некоторые вещества биологической природы;
- биологические факторы, куда отнесены патогенные микроорганизмы, белковые препараты, а также препараты, содержащие живые клетки и споры микроорганизмов;
- факторы трудового процесса.

Условия труда в целом оцениваются по четырем классам, которые представлены схемой на рисунке 1. Безопасные условия труда — это оптимальные (1-й класс) и допустимые (2-й класс) условия.

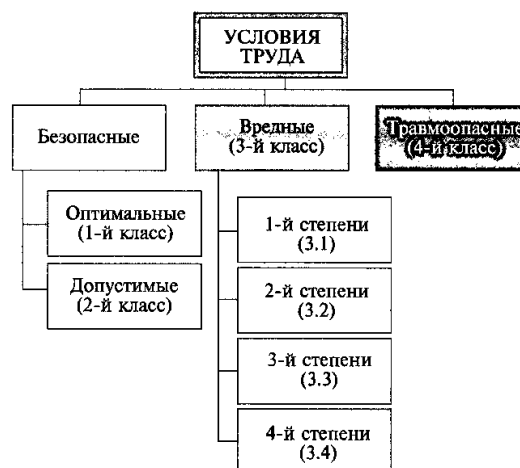


Рисунок 1 - Классы условий труда

Оптимальные (комфортные) условия труда (1-й класс) обеспечивают максимальную производительность труда и минимальную напряженность организма человека. Этот класс установлен только для оценки параметров микроклимата и факторов трудового процесса. Для остальных факторов условно оптимальными считаются такие условия труда, при которых неблагоприятные факторы не превышают безопасных пределов для населения.

Допустимые условия труда (2-й класс) характеризуются такими уровнями факторов среды и трудового процесса, которые не превышают установленных гигиеническими нормативами для рабочих мест. Возможные изменения функционального состояния организма восстанавливаются во время регламентированного отдыха или к началу следующей смены и не должны оказывать неблагоприятное воздействие в ближайшем и отдаленном периоде на состояние здоровья работающего и его потомство. Оптимальный и допустимый классы соответствуют безопасным условиям труда.

Вредные условия труда (3-й класс) характеризуются наличием вредных производственных факторов, превышающих гигиенические нормативы и оказывающих неблагоприятное воздействие на организм работающего и/или его потомства. В зависимости от уровня превышения нормативов факторы этого класса подразделяются на четыре степени вредности:

3.1— вызывающие обратимые функциональные изменения организма;
 3.2— приводящие к стойким функциональным нарушениям и росту заболеваемости;
 3.3— приводящие к развитию профессиональной патологии в легкой форме и росту хронических заболеваний;

3.4— приводящие к возникновению выраженных форм профессиональных заболеваний, значительному росту хронических и высокому уровню заболеваемости с временной утратой трудоспособности.

Травмоопасные (экстремальные) условия труда (4-й класс). Уровни производственных факторов этого класса таковы, что их воздействие на протяжении рабочей смены или ее части создает угрозу для жизни и/или высокий риск возникновения тяжелых форм острых профессиональных заболеваний.

2. Оценка тяжести и напряженности трудовой деятельности

В соответствии с Р.2.2.755 – 99 различают три класса условий труда по показателям тяжести и напряженности труда:

- оптимальный (легкий) – затраты энергии до 174 Вт;
- допустимый (средней тяжести) – затраты энергии от 175 до 290 Вт;
- вредный (тяжелый) – затраты энергии свыше 290Вт.

Тяжесть и напряженность труда характеризуются степенью функционального напряжения организма. Оно может быть энергетическим, зависящим от мощности работы —

при физическом труде, и эмоциональным — при умственном труде, когда имеет место информационная перегрузка.

Физическая тяжесть труда — это нагрузка на организм при труде, требующая преимущественно мышечных усилий и соответствующего энергетического обеспечения. Классификация труда по тяжести производится по уровню энергозатрат с учетом вида нагрузки (статическая или динамическая) и нагружаемых мышц.

Критерии тяжести труда

- максимальная величина поднимаемых вручную грузов;
- рабочая поза;
- количество наклонов за смену;
- стереотипные рабочие движения;
- перемещение в пространстве;
- физическая динамическая нагрузка;
- статическая нагрузка.

Динамическая работа — процесс сокращения мышц, приводящий к перемещению груза, а также самого тела человека или его частей в пространстве. При этом энергия расходуется как на поддержание определенного напряжения в мышцах, так и на механический эффект работы. Величина динамической нагрузки определяется по формуле

$$A = G \left(mH + \frac{ml}{9} + \frac{mH_1}{2} \right),$$

где A — динамическая нагрузка, кгм; t — масса груза или прилагаемое усилие, кг; H — высота подъема груза, м; l — расстояние перемещения груза, м; H_1 — расстояние опускания груза, м; G — коэффициент, равный 6.

Статическая нагрузка связана с затратой человеком усилий без перемещения тела или отдельных его частей. Она характеризуется величиной удерживаемого груза (или прилагаемого усилия) и временем удержания его в статическом состоянии и рассчитывается по формуле

$$P = mt,$$

где m — масса груза или статическое усилие, кг; t — время фиксации усилия, с.

Оптимальность рабочей позы определяется соответствием параметров рабочей поверхности и кресла. Оптимальные условия допускают до 50 наклонов за смену (один наклон примерно за 10 мин). Если же наклоны с углом более 30° достигают 100 раз за смену, то условия относят к допустимым.

Напряженность труда характеризуется эмоциональной нагрузкой на организм при труде, требующем преимущественно интенсивной работы мозга по получению и переработке информации.

Напряженность труда зависит от длительности сосредоточенного наблюдения и числа одновременно наблюдаемых объектов (контрольно-измерительные приборы, продукт производства и т. п.).

Существенное влияние на степень напряженного состояния исполнителя оказывает ответственность за конечный или промежуточный результат труда.

3. Работоспособность и ее динамика

Основным показателем трудовой деятельности человека принято считать его работоспособность, т.е. способность производить сформированные, целенаправленные действия, характеризующиеся количеством и качеством работы за определенное время.

Работоспособность определяется двумя группами факторов — внешними и внутренними.

Внешние факторы – это информационная структура сигналов, т.е. количество и форма представления информации, характеристика рабочей среды (удобство рабочего места, температура, освещенность, наличие вредных факторов и т.п.), взаимоотношения в коллективе.

Внутренние факторы – уровень подготовки, тренированность, выносливость, эмоциональная устойчивость.

Предел работоспособности для любого человека не является постоянной величиной. Изменение предела работоспособности во времени называется динамикой работоспособности.

Во время трудовой деятельности работоспособность организма закономерно изменяется на протяжении рабочей смены. Изменение работоспособности в течение рабочей смены имеет несколько фаз:

- предрабочее состояние (фаза мобилизации) - субъективно выражается в обдумывании предстоящей работы (идеомоторный акт), вызывает определенные предрабочие сдвиги в нервно-мышечной системе, соответствующие характеру предстоящей нагрузки.

- фаза вработывания или нарастающей работоспособности.

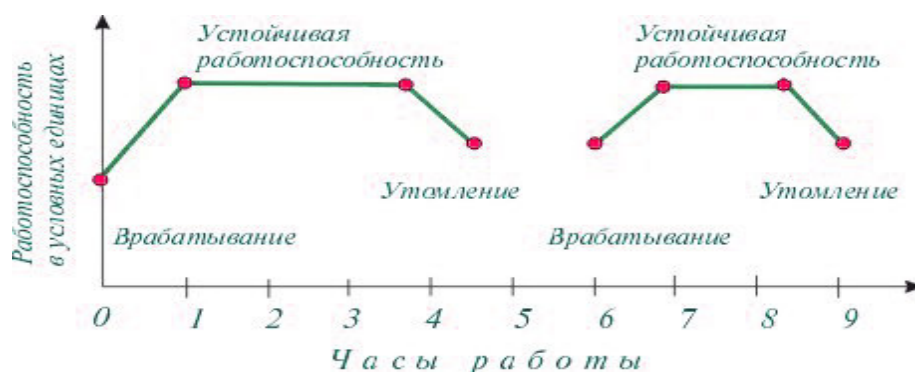
В период вработывания происходит постепенное повышение работоспособности. Это период поиска наиболее адекватных и эффективных вариантов функционирования всех органов и систем, период значительного напряжения, высоких энергозатрат, период организации произвольного внимания и функциональной организации деятельности. Это период качественного изменения функциональной активности мозга, активизации связей между отдельными нервными центрами головного мозга. В этот период работоспособность неустойчива, а эффективность ее не очень высока;

- фаза высокой устойчивости работоспособности. Период устойчивой работоспособности (фаза компенсации) - устанавливается оптимальный режим работы систем организма, вырабатывается стабилизация показателей, а его длительность составляет ко всему времени работы примерно 2/3. Эффективность труда в этот период максимальная. Период устойчивой работоспособности служит важнейшим показателем выносливости человека при данном виде работы и заданном уровне интенсивности;

- фаза снижения работоспособности. Период утомления (фаза декомпенсации). Характеризуется снижением продуктивности, замедляется скорость реакции, появляются ошибочные и несвоевременные действия, физиологическая усталость. Утомление — психофизиологическое состояние человека, сопровождающееся чувством усталости, вызванное интенсивной или длительной деятельностью, выражающееся в ухудшении количественных и качественных показателей работы и прекращающееся после отдыха. Утомление — это обратимое физиологическое состояние человека.

Утомление может быть мышечным (физическим), умственным (психическим). Различают быстро и медленно развивающееся утомление.

Физиологическая картина физического и умственного утомления сходна. Умственное и физическое утомление влияют друг на друга. Так, при тяжелом физическом утомлении умственная работа малопродуктивна, и, наоборот, при умственном утомлении падает мышечная работоспособность. При умственном утомлении отмечается расстройство внимания, ухудшение памяти и мышления, ослабляется точность и координированность движения.



- период возрастания продуктивности за счет эмоционально-волевого напряжения.
- период прогрессивного снижения работоспособности и эмоционально-волевого напряжения.

- период восстановления. Необходим организму для восстановления работоспособности. Продолжительность этого периода определяется тяжестью проделанной работы, величиной кислородного долга, величиной сдвигов в нервно-мышечной системе. После легкой однократной работы период может длиться 5 мин. После тяжелой однократной работы -- 60...90 мин, а после длительной физической нагрузки восстановление может наступить через несколько дней

Суточные колебания. Работоспособность изменяется также и в течение суток. Здесь можно выделить три интервала, в которых чередуется возрастание/снижение работоспособности:

- 1-й интервал: 6 – 10 (12) ч. – работоспособность повышается;
- 10 (12) – 15 ч. – работоспособность постепенно снижается;
- 2-й интервал: 15 – 18 ч. – работоспособность повышается;
- 18 – 22 ч. – уменьшается;
- 3-й интервал: 22 – 3 ч. – работоспособность существенно снижается;
- 3 – 6 ч. – начинает возрастать, оставаясь ниже среднего уровня.

Недельные колебания. Работоспособность обычно меняется также и по дням недели: Понедельник – вкрабатывание, вторник-четверг – высокая работоспособность, пятница, суббота – развивающееся утомление.

Повышение работоспособности и снижение утомляемости на производстве достигаются за счет повышения квалификации работников и технического совершенствования производственного процесса.

4. Влияние параметров микроклимата на самочувствие человека

Параметры микроклимата оказывают непосредственное влияние на тепловое самочувствие человека и его работоспособность. Например, понижение температуры и повышение скорости воздуха способствуют усилению конвективного теплообмена и процесса теплоотдачи при испарении пота, что может привести к переохлаждению организма. При повышении температуры воздуха возникают обратные явления.

Исследованиями установлено, что при температуре воздуха более 30°C работоспособность человека начинает падать. Для человека определены максимальные температуры в зависимости от длительности их воздействия и используемых средств защиты. Предельная температура вдыхаемого воздуха, при которой человек в состоянии дышать в течение нескольких минут без специальных средств защиты, около 116°C.

Переносимость человеком температуры, как и его теплоощущение, в значительной мере зависит от влажности и скорости окружающего воздуха. Чем больше относительная влажность, тем меньше испаряется пота в единицу времени и тем быстрее наступает перегрев тела. Особенно неблагоприятное воздействие на тепловое самочувствие человека оказывает высокая влажность при $t_{\text{ос}} \dots 30^\circ\text{C}$, так как при этом почти вся выделяемая теплота отдается в окружающую среду при испарении пота. При повышении влажности пот не испаряется, а стекает каплями с поверхности кожного покрова. Возникает так называемое «проливное» течение пота, изнуряющее организм и не обеспечивающее необходимую теплоотдачу.

Недостаточная влажность воздуха также может оказаться неблагоприятной для человека вследствие интенсивного испарения влаги со слизистых оболочек, их пересыхания и растрескивания, а затем и загрязнения болезнетворными микроорганизмами. Поэтому при длительном пребывании людей в закрытых помещениях рекомендуется ограничиваться относительной влажностью в пределах 30...70 %.

Для восстановления водного баланса людям, работающим в горячих цехах, устанавливают автоматы с подсоленной (около 0,5 % NaCl) газированной питьевой водой из расчета 4...5 л на человека в смену. На многих заводах для этих целей применяют белково-витаминный напиток. В жарких климатических условиях рекомендуется пить охлажденную питьевую воду или чай.

Длительное воздействие высокой температуры особенно в сочетании с повышенной влажностью может привести к значительному накоплению теплоты в организме и развитию перегревания организма выше допустимого уровня — гипертермии — состоянию, при котором температура тела поднимается до 38...39°C. При гипертермии и, как следствие, тепловом ударе наблюдаются головная боль, головокружение, общая слабость, искажение цветового восприятия, сухость во рту, тошнота, рвота, обильное потовыделение. Пульс и дыхание учащены, в крови увеличивается содержание азота и молочной кислоты. При этом наблюдается бледность, синюшность, зрачки расширены, временами возникают судороги, потеря сознания.

Производственные процессы, выполняемые при пониженной температуре, большой подвижности и влажности воздуха, могут быть причиной охлаждения и даже переохлаждения организма — гипотермии. В начальный период воздействия умеренного холода наблюдается уменьшение частоты дыхания, увеличение объема вдоха. При продолжительном действии холода дыхание становится неритмичным, частота и объем вдоха увеличиваются, изменяется углеводный обмен. Увеличение обменных процессов при понижении температуры на 1°C составляет около 10 %, а при интенсивном охлаждении может возрасти в 3 раза по сравнению с уровнем основного обмена. Появление мышечной дрожи, при которой внешняя работа не совершается, а вся энергия превращается в теплоту, может в течение некоторого времени задерживать снижение температуры внутренних органов. Результатом действия низких температур являются холодовые травмы.

Атмосферное давление оказывает существенное влияние на процесс дыхания и самочувствие человека. Если без воды и пищи человек может прожить несколько дней, то без кислорода — всего несколько минут. Основным органом дыхания человека, посредством которого осуществляется газообмен с окружающей средой (главным образом O₂ и CO₂), является трахеобронхиальное дерево и большое число легочных пузырей (альвеол), стенки которых пронизаны густой сетью капиллярных сосудов. Общая поверхность альвеол взрослого человека составляет 90...150 м². Через стенки альвеол кислород поступает в кровь для питания тканей организма.

Избыточное давление воздуха приводит к повышению парциального давления кислорода в альвеолярном воздухе, к уменьшению объема легких и увеличению силы дыхательной мускулатуры, необходимой для производства вдоха-выдоха. В связи с этим работа на глубине требует поддержания повышенного давления с помощью специального снаряжения или оборудования, в частности кессонов или водолазного снаряжения.

При работе в условиях избыточного давления снижаются показатели вентиляции легких за счет некоторого урежения частоты дыхания и пульса. Длительное пребывание при избыточном давлении (порядка 700 кПа) приводит к токсическому действию некоторых газов, входящих в состав вдыхаемого воздуха. Оно проявляется в нарушении координации движений, возбуждении или угнетении, галлюцинациях, ослаблении памяти.

Вместе с изменением параметров микроклимата меняется и тепловое самочувствие человека. Условия, нарушающие тепловой баланс, вызывают в организме реакции, способствующие его восстановлению. Процессы регулирования тепловыделений для поддержания постоянной температуры тела человека называются терморегуляцией. Она позволяет сохранять температуру внутренних органов постоянной, близкой к 36,5°C. Процессы регулирования тепловыделений осуществляются в основном тремя способами: биохимическим путем; путем изменения интенсивности кровообращения и интенсивности потовыделения.

1.3 Лекция № 3 (2 часа).

Тема: «Негативные факторы техносферы»

1.3.1 Вопросы лекции:

1. Источники негативных факторов техносферы.
2. Критерии безопасности.
3. Критерии комфортности среды обитания.
4. Негативные факторы производственной среды.
5. Показатели негативности техносферы.

1.3.2 Краткое содержание вопросов:

1. Источники негативных факторов техносферы

В процессе производственной деятельности работающий может воспринимать воздействие ряда факторов, формирующих условия труда. К таковым относят: технические, эргономические, санитарно-гигиенические, организационные, психофизиологические, социально-бытовые, природно-климатические и экономические факторы.

К группе технических факторов относят:

- состояние техники;
- уровень механизации, автоматизации производственных процессов;
- наличие исправных средств защиты.

2. Эргономические факторы:

(Эргономика-наука о закономерностях работы, рабочих процессов).

Эргономические факторы характеризуют соответствие элементов машин, оборудования, вступающих во взаимодействие с человеком, его антропометрическим, физиологическим и психологическим возможностям.

- объем поступающей от рабочих органов информации;
- уровень организации рабочих мест;
- удобства расположения органов управления;
- конструкция сидения оператора;
- обзорность рабочей зоны и т.д.;
- эстетическое состояние производственных помещений, цехов, оборудования.

3.Санитарно-гигиенические факторы отражают состояние производственной санитарии на рабочих местах:

- качество воздушной среды;
- уровень вредных выделений и излучений;
- уровень шума, вибрации;
- состояние освещения и др.

4. Организационные факторы характеризуют принятый на предприятии:

- режим труда и отдыха;
- дисциплину и форму организации труда;
- обеспеченность рабочих спецодеждой, спец. обувью и другими средствами индивидуальной защиты;

- состояние контроля за трудовым процессом;
- качество профессиональной подготовки работающих.

5. Психофизиологические факторы отражают:

- напряженность и тяжесть труда;
- морально-психологический климат в коллективе;
- взаимоотношение работающих друг с другом и т. д.

6. Социально-бытовые факторы включают в себя:

- общую культуру производства;
- порядок и чистоту на рабочих местах;
- озеленение территории;

- обеспеченность санитарно-бытовыми помещениями, столовыми, медпунктами, детскими дошкольными помещениями, поликлиниками;
- состояние дорог, подъездных путей, удобство сообщения между производствами, участками, полями, бригадами, жилым комплексом.

7. Природно-климатические факторы - это географические и метеорологические особенности местности:

- высота над уровнем моря;
- рельеф;
- частота и вид осадков;
- температура;
- влажность;
- атмосферное давление и т.д.

8. Экономические факторы включают в себя систему оплаты и стимулирование труда.

Условия труда влияют на производительность и результаты труда, состояние здоровья работающих. Благоприятные условия улучшают самочувствие, настроение человека, создают предпосылки для высокой производительности, и, наоборот, плохие условия снижают интенсивность и качество труда, способствуют возникновению производственного травматизма и заболеваний.

Опасные и вредные производственные факторы по ГОСТ 12.0.003 – 80 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» подразделяются на четыре группы:

1. Физические;
2. Химические;
3. Биологические;
4. Психофизиологические.

К физическим факторам относятся движущиеся машины и механизмы, подвижные части машин, оборудования, острые кромки, заусенцы, шероховатость поверхностей, высокое расположение рабочего места от уровня земли (пола), падающие с высоты или отлетающие предметы, повышенный уровень вредных аэрозолей, паров, газов, напряжения в электрической цепи, статическое электричество, шум, вибрация, повышенная или пониженная величина температуры, влажность, пульсация светового потока, недостаток естественного света и т.д.

Химические опасные и вредные факторы подразделяют по характеру воздействия на человека (токсичные, раздражающие, мутагенные и т.д.). Это минеральные удобрения, пестициды, топливо (бензин, дизельное топливо, керосин), смазочные материалы, ацетон, бензол, толуол, метан, углекислый газ, лаки, краски и другие химические вещества. В организм химические опасные и вредные факторы проникают через желудочно-кишечный тракт, органы дыхания, кожные покровы, слизистые оболочки.

Биологические опасные и вредные факторы включают патогенные микроорганизмы (бактерии, вирусы, грибы), а также макроорганизмы (животные, растения).

Психофизиологические факторы – это физические перегрузки (статические и динамические) и нервно-психические (умственное перенапряжение, монотонность труда, эмоциональные перегрузки).

Один и тот же опасный и вредный производственный фактор может относиться одновременно к различным группам.

Создание на производстве благоприятных условий в первую очередь предусматривает полное исключение или снижение до безопасных уровней величин опасных и вредных производственных факторов.

2. Критерии безопасности

Поскольку в БЖД всегда реализуется принцип антропоцентризма, то при анализе и синтезе проблем безопасности жизнедеятельности человеческий организм всегда является центром, относительно которого рассматривается любое опасное воздействие.

Непосредственно как объект защиты человек рассматривается при воздействии на него травмоопасных факторов. При воздействии на человека вредных факторов за объект защиты часто принимают рабочую зону человека, производственное помещение, зону города, региона, квартиры и т. п. В этом случае объектом защиты становится зона пребывания человека, и все задачи обеспечения безопасности жизнедеятельности человека сводятся к обеспечению комфортного или допустимого состояния этих зон.

Для (квантификации) опасностей в зонах защиты используют критерии комфортности и безопасности, а также показатели негативного влияния опасностей.

Понятие критерий (от лат. *criterium* - средство для суждения) означает параметр сравнения или признак на основании которого производится оценка, определение или классификация.

Критерии безопасности выполняют функцию ограничения от действия негативных факторов. Основным смысл их заключается именно в сохранении здоровья и самой жизни человека путем ограждения его от вредных и опасных факторов техносферы. Роль таких критериев безопасности призваны выполнять ограничения вредных и опасных воздействий на человека негативных факторов.

К ограничениям относятся:

- предельно допустимые уровни (ПДУ) нежелательных воздействий на человека различного рода потоков энергии (механической, электромагнитной, тепловой, ионизирующей);

- пределы доз (ПД) нежелательных воздействий, полученных организмом человека за время действия на него негативных факторов;

- предельно допустимые концентрации (ПДК) нежелательных для человека токсических и загрязняющих химических веществ. В зависимости от свойств загрязнителя и вида зоны защиты ограничения на действующие в них потоки могут обладать определенной спецификой. Так, для оценки качества атмосферного воздуха в населенных пунктах регламентированы два вида допустимых концентраций: максимально разовая (ПДК_{мр}) и среднесуточная (ПДК_{сс}). Концентрация (С) каждого вредного вещества в приземном слое атмосферы не должна превышать максимально разовой предельно допустимой концентрации, т.е. $C < \text{ПДК}_{\text{мр}}$ при ее экспозиции не более 20 мин. Если время воздействия вредного вещества превышает 20 мин, то необходимо соблюдать $C < \text{ПДК}_{\text{сс}}$. Некоторые значения ПДК_{мр} и ПДК_{сс}

В реальных городских (региональных и т.п.) условиях атмосферный воздух практически всегда оказывается одновременно загрязненным несколькими веществами. Совместное негативное влияние загрязняющих воздух веществ оценивают *индексом загрязнения атмосферы* (ИЗА). Для каждого i -го вещества $\text{ИЗА}_i = k_i(C_i/\text{ПДК}_{\text{cci}})$, где k_i – коэффициент, равный 1,7, для веществ I класса; 1,3 – для веществ II класса; 1,0 – для веществ III класса и 0,9 – для IV класса; C_i – текущая концентрация i -го вещества в атмосфере, ПДК _{i} – предельно допустимая среднесуточная концентрация i – го вещества.

Обычно интегральную оценку загрязненности атмосферы в городах ведут по пяти наиболее опасным веществам, для чего рассчитывают значения ИЗА₅ по формуле

$$\text{ИЗА}_5 = \sum_{i=1}^5 k_i \frac{C_i}{\text{ПДК}_{\text{cci}}}$$

В соответствии с существующими методами оценки уровень загрязнения атмосферного воздуха в городах считается низким при ИЗА = 0-4; повышенным - при 5-6; высоким - при 7-13; очень высоким - при > 14.

- предельно допустимые выбросы (ПДВ) в атмосферу, а также предельно допустимые сбросы (ПДС) в гидросферу нежелательных для человека и окружающей природной среды объемов токсических или загрязняющих химических веществ ;

- предельно допустимое время воздействия на человека негативных факторов техносферы без угрозы для его безопасности;

- предельно допустимый риск воздействия негативных факторов техносферы без ущерба для безопасности человека и состояния окружающей природной среды

Риск - вероятность реализации негативного воздействия (воздействие опасности) за определенный период времени (например, за год).

Риск возникновения чрезвычайных происшествий оценивают на основе статистических данных или теоретических исследований. При использовании статистических данных величину риска определяют по формуле

$$R = (N_{\text{чс}} / N_0),$$

где R - риск; $N_{\text{чс}}$ - число чрезвычайных событий в год; N_0 - общее число событий в год.

В БЖД риск реализации чрезвычайно опасных негативных воздействий оценивают, используя следующие виды риска:

- индивидуальный риск ($R_{\text{и}}$) - объектом защиты является человек;
- социальный риск ($R_{\text{с}}$) - объектом защиты является группа или сообщество людей;
- экологический риск ($R_{\text{э}}$) - объектом защиты являются природные объекты

Современный мир отверг концепцию «абсолютной безопасности» и пришел к концепции приемлемого допустимого риска.

При реализации этой концепции важнейшей задачей является установление верхней границы допустимого риска.

Современные представления об уровнях приемлемого индивидуального риска говорят о следующем:

- нижнюю зону, где значение вероятности смерти находится в пределах менее 10^{-6} , представляют маловероятные события. Эту зону принято называть зоной приемлемого риска. По принятой в настоящее время концепции допустимое для населения значение индивидуального риска от любой формы деятельности не должно превышать величину 10^{-6} смертей на одного человека в год. Эта величина в основном связана со стихийными природными явлениями, избавиться от которых невозможно, вследствие чего их вынуждены принимать как условия своего существования на Земле. Одновременно статистика показывает также, что индивидуальный риск летального исхода при эксплуатации многих технических систем существует на уровне 10^{-7} ;

- в верхней зоне при вероятности более 10^{-3} сосредоточены наиболее вероятные причины, по которым погибает подавляющее большинство людей, поэтому добавление в нашу жизнь факторов опасности с вероятностью более 10^{-3} существенно увеличивает вероятность смерти людей от внешних причин. Эта зона рассматривается как зона неприемлемого риска;

- в зону индивидуального риска смерти человека от 10^{-3} до 10^{-6} входят многочисленные, весьма распространенные виды деятельности и события. Ее называют переходной зоной от недопустимого риска ($> 10^{-3}$) к зоне приемлемого риска ($< 10^{-6}$).

3. Критерии комфортности среды обитания

К критериям комфортности относятся параметры нормальной среды обитания человека и регламентируемые различными санитарными нормами или строительными нормативами. В качестве критериев комфортности для человека выступают следующие основные параметры среды его обитания:

- энергобаланс человека с окружающей средой;
- параметры микроклимата среды обитания человека (температура окружающей среды, относительная влажность воздуха, скорость движения воздуха, процентное содержание кислорода в воздухе;
- параметры освещения, включающие уровень освещенности, спектральный состав и уровень пульсации освещения, контрастность объекта наблюдения и т.д.;
- эргономические параметры среды обитания человека;
- параметры труда и отдыха человека в среде обитания (продолжительность рабочего времени, периоды отдыха в течение рабочего дня или рабочей недели и т.д.)

4. Негативные факторы производственной среды

Оценка негативных факторов. При оценке воздействия негативных факторов на человека следует учитывать степень влияния их на здоровье и жизнь человека, уровень и характер изменений функционального состояния и возможностей организма, его потенциальных резервов, адаптивных способностей и возможности развития последних.

При оценке допустимости воздействия вредных факторов на организм человека исходят из биологического закона субъективной количественной оценки раздражителя Вебера—Фехнера. Он выражает связь между изменением интенсивности раздражителя и силой вызванного ощущения: реакция организма прямо пропорциональна относительному приращению раздражителя

$$dL = a \frac{dR}{R},$$

где dL — элементарное ощущение организма; a — коэффициент пропорциональности; dR — элементарное приращение раздражителя.

На базе закона Вебера — Фехнера построено нормирование вредных факторов. Чтобы исключить необратимые биологические эффекты, воздействие факторов ограничивается предельно допустимыми уровнями или предельно допустимыми концентрациями.

Предельно допустимый уровень или предельно допустимая концентрация — это максимальное значение фактора, которое, воздействуя на человека (изолированно или в сочетании с другими факторами), не вызывает у него и у его потомства биологических изменений даже скрытых и временно компенсируемых, в том числе заболеваний, изменений реактивности, адаптационно-компенсаторных возможностей, иммунологических реакций, нарушений физиологических циклов, а также психологических нарушений (снижения интеллектуальных и эмоциональных способностей, умственной работоспособности).

5. Показатели негативности техносферы

Показатели негативного влияния опасностей на человека и общество. Реализованные в среде обитания человека опасности неизбежно сопровождаются потерей здоровья и гибелью людей. Для оценки этих потерь на объектах экономики в условиях города, региона или в быту используют следующие абсолютные показатели:

- численность T_C погибших от внешних факторов за год;
- численность T_{TP} пострадавших от воздействия травмирующих факторов за год;
- численность T_3 , получивших региональные или профессиональные заболевания от воздействия вредных факторов.

Для оценки травматизма в производственных условиях, кроме абсолютных показателей, используют относительные показатели частоты и тяжести травматизма.

Показатель частоты травматизма $K_{\text{ч}}$ определяет число несчастных случаев, приходящихся на 1000 работающих за определенный период:

$$K_{\text{ч}} = T_{TP} 1000 / C,$$

где C - среднесписочное число работающих.

Показатель тяжести травматизма K_T характеризует среднюю длительность нетрудоспособности, приходящуюся на один несчастный случай:

$$K_T = D / T_{TP},$$

где D - суммарное число дней нетрудоспособности по всем несчастным случаям.

Показатель травматизма со смертельным исходом $K_{\text{СИ}}$ определяет число несчастных случаев из расчета на 1000 работающих за определенный период времени (обычно в год):

$$K_{\text{СИ}} = 1000 (T_{\text{СИ}} / C)$$

где $T_{СИ}$ - численность пострадавших со смертельным исходом.

В качестве показателей негативного влияния опасностей, в той или иной мере отражающих уровень опасности среды обитания страны или региона, используют

- *младенческую смертность* (число смертей детей в возрасте до 1 года из 1000 новорожденных) от внешних причин;

- *детскую смертность*, определяемую как численность умерших в возрасте до 15 лет от внешних причин;

- *смертность населения в трудоспособном возрасте* от внешних причин.

Общее состояние экономики страны, общественных отношений, уровня социальной защиты, качества среды обитания и ряда других факторов находят свое интегральное отражение в таких показателях продолжительности жизни людей в стране, как средняя продолжительность жизни людей в пенсионном возрасте и средняя продолжительность жизни людей.

Средняя продолжительность жизни людей в пенсионном возрасте как интегральный показатель негативного влияния условий жизни, в том числе опасностей среды обитания, определяется как разность средней продолжительности жизни людей и пенсионного возраста, установленного в стране. Интегральным показателем оценки условий жизни в стране или регионе является *средняя продолжительность жизни* (СПЖ) людей, проживающих в конкретных условиях.

1.4 Лекция № 4 (2 часа).

Тема: «Воздействие негативных факторов на человека, техносферу и природную среду»

1.4.1 Вопросы лекции:

1. Вредные вещества.
2. Вибрация и акустические колебания.
3. Электромагнитные поля и излучения.
4. Ионизирующие излучения.
5. Электрический ток.

1.4.2 Краткое содержание вопросов:

1. Вредные вещества

В настоящее время известно около 7 млн. химических веществ и соединений (далее вещество), из которых 60 тыс. находят применение в деятельности человека. На международном рынке ежегодно появляется 500...1000 новых химических соединений и смесей.

Вредным называется вещество, которое при контакте с организмом человека может вызывать травмы, заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами как в процессе контакта с ним, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

Химические вещества (органические, неорганические, элемент-органические) в зависимости от их практического использования классифицируются на:

- промышленные яды, используемые в производстве: например, органические растворители (дихлорэтан), топливо (пропан, бутан), красители (анилин);
- ядохимикаты, используемые в сельском хозяйстве: пестициды (гексахлоран), инсектициды (карбофос) и др.;
- лекарственные средства;
- бытовые химикаты, используемые в виде пищевых добавок (уксусная кислота), средства санитарии, личной гигиены, косметики и т. д.;
- биологические растительные и животные яды, которые содержатся в растениях и грибах (аконит, цикута), у животных и насекомых (змей, пчел, скорпионов);
- отравляющие вещества (ОВ): зарин, иприт, фосген и др. Ядовитые свойства могут проявить все вещества, даже такие, как поваренная соль в больших дозах или кислород при

повышенном давлении. Однако к ядам принято относить лишь те, которые свое вредное действие проявляют в обычных условиях и в относительно небольших количествах.

Токсическое действие вредных веществ характеризуется показателями токсикометрии, в соответствии с которыми вещества классифицируют на чрезвычайно токсичные, высокотоксичные, умеренно токсичные и малотоксичные. Эффект токсического действия различных веществ зависит от количества попавшего в организм вещества, его физических свойств, длительности поступления, химизма взаимодействия с биологическими средами (кровью, ферментами). Кроме того, эффект зависит от пола, возраста, индивидуальной чувствительности, путей поступления и выведения, распределения в организме, а также метеорологических условий и других сопутствующих факторов окружающей среды.

Классификация веществ по характеру воздействия на организм и общие требования безопасности регламентируются ГОСТ 12.0.003—74*. Согласно ГОСТ, вещества подразделяются на токсические, вызывающие отравление всего организма или поражающие отдельные системы (ЦНС, кроветворения), вызывающие патологические изменения печени, почек; раздражающие — вызывающие раздражение слизистых оболочек дыхательных путей, глаз, легких, кожных покровов; сенсibiliзирующие, действующие как аллергены (формальдегид, растворители, лаки на основе нитро- и нитрозосоединений и др.); мутагенные, приводящие к нарушению генетического кода, изменению наследственной информации (свинец, марганец, радиоактивные изотопы и др.); канцерогенные, вызывающие, как правило, злокачественные новообразования (циклические амины, ароматические углеводороды, хром, никель, асбест и др.); влияющие на репродуктивную (детородную) функцию.

При комбинированном действии на человека различных видов токсичных веществ, в том числе относящихся к различным классам токсичности, могут проявляться следующие эффекты:

- аддитивное действие, при котором происходит пропорциональное сложение индивидуальных эффектов каждого из совместно действующих на человека токсичных веществ;

- потенцированное действие (синергизм), при котором совместно действующие на человека токсичные вещества усиливают друг друга;

- антагонистическое действие (антагонизм), при котором совместно действующие на человека токсичные вещества взаимно ослабляют влияние друг друга и снижают негативный эффект каждого из них.

2. Вибрация и акустические колебания

Малые механические колебания, возникающие в упругих телах или телах, находящихся под воздействием переменного физического поля, называются вибрацией. Воздействие вибрации на человека классифицируют: по способу передачи колебаний; по направлению действия вибрации; по временной характеристике вибрации.

В зависимости от способа передачи колебаний человеку вибрацию подразделяют на общую, передающуюся через опорные поверхности на тело сидящего или стоящего человека, и локальную, передающуюся через руки человека. Вибрация, воздействующая на ноги сидящего человека, на предплечья, контактирующие с вибрирующими поверхностями рабочих столов, также относится к локальной.

По направлению действия вибрацию подразделяют на вертикальную, распространяющуюся по оси x , перпендикулярной к опорной поверхности; горизонтальную, распространяющуюся по оси y от спины к груди; горизонтальную, распространяющуюся по оси z от правого плеча к левому.

По временной характеристике различают: постоянную вибрацию, для которой контролируемый параметр за время наблюдения изменяется не более чем в 2 раза (6 дБ);

непостоянную вибрацию, изменяющуюся по контролируемым параметрам более чем в 2 раза.

Вибрация относится к факторам, обладающим высокой биологической активностью. Выраженность ответных реакций обуславливается главным образом силой энергетического воздействия и биомеханическими свойствами человеческого тела как сложной колебательной системы. Мощность колебательного процесса в зоне контакта и время этого контакта являются главными параметрами, определяющими развитие вибрационных патологий, структура которых зависит от частоты и амплитуды колебаний, продолжительности воздействия, места приложения и направления оси вибрационного воздействия, демпфирующих свойств тканей, явлений резонанса и других условий.

Вибрационная патология стоит на втором месте (после пылевых) среди профессиональных заболеваний. Рассматривая нарушения состояния здоровья при вибрационном воздействии, следует отметить, что частота заболеваний определяется величиной дозы, а особенности клинических проявлений формируются под влиянием спектра вибраций. Выделяют три вида вибрационной патологии от воздействия общей, локальной и толчкообразной вибраций.

При действии на организм общей вибрации страдает в первую очередь нервная система и анализаторы: вестибулярный, зрительный, тактильный. Вибрация является специфическим раздражителем для вестибулярного анализатора, причем линейные ускорения — для отолитового аппарата, расположенного в мешочках преддверия, а угловые ускорения — для полукружных каналов внутреннего уха.

У рабочих вибрационных профессий отмечены головокружения, расстройство координации движений, симптомы укачивания, вестибуло-вегетативная неустойчивость. Нарушение зрительной функции проявляется сужением и выпадением отдельных участков полей зрения, снижением остроты зрения, иногда до 40 %, субъективно — потемнением в глазах. Под влиянием общих вибраций отмечается снижение болевой, тактильной и вибрационной чувствительности. Особенно опасна толчкообразная вибрация, вызывающая микротравмы различных тканей с последующими реактивными изменениями. Общая низкочастотная вибрация оказывает влияние на обменные процессы, проявляющиеся изменением углеводного, белкового, ферментного, витаминного и холестерина обмена, биохимических показателей крови.

Вибрационная болезнь от воздействия общей вибрации и толчков регистрируется у водителей транспорта и операторов транспортно-технологических машин и агрегатов, на заводах железобетонных изделий. Для водителей машин, трактористов, бульдозеристов, машинистов экскаваторов, подвергающихся воздействию низкочастотной и толчкообразной вибраций, характерны изменения в пояснично-крестцовом отделе позвоночника. Рабочие часто жалуются на боли в пояснице, конечностях, в области желудка, на отсутствие аппетита, бессонницу, раздражительность, быструю утомляемость. В целом картина воздействия общей низко- и среднечастотной вибрации выражается общими вегетативными расстройствами с периферическими нарушениями, преимущественно в конечностях, снижением сосудистого тонуса и чувствительности.

Бич современного производства, особенно машиностроения, — локальная вибрация. Локальной вибрации подвергаются главным образом люди, работающие с ручным механизированным инструментом. Локальная вибрация вызывает спазмы сосудов кисти, предплечий, нарушая снабжение конечностей кровью. Одновременно колебания действуют на нервные окончания, мышечные и костные ткани, вызывают снижение кожной чувствительности, отложение солей в суставах пальцев, деформируя и уменьшая подвижность суставов.

К факторам производственной среды, усугубляющим вредное воздействие вибраций на организм, относятся чрезмерные мышечные нагрузки, неблагоприятные микроклиматические условия, особенно пониженная температура, шум высокой интенсивности, психоэмоциональный стресс. Охлаждение и смачивание рук значительно

повышает риск развития вибрационной болезни за счет усиления сосудистых реакций. При совместном действии шума и вибрации наблюдается взаимное усиление эффекта в результате его суммации, а возможно, и потенцирования.

Длительное систематическое воздействие вибрации приводит к развитию вибрационной болезни (ВБ), которая включена в список профессиональных заболеваний. Эта болезнь диагностируется, как правило, у работающих на производстве; в условиях населенных мест ВБ не регистрируется, несмотря на наличие многих источников вибрации (наземный и подземный транспорт, промышленные источники и др.). Лица, подвергающиеся воздействию вибрации окружающей среды, чаще болеют сердечно-сосудистыми и нервными заболеваниями и обычно предъявляют много жалоб общесоматического характера.

Гигиеническое нормирование вибраций регламентирует параметры производственной вибрации и правила работы с виброопасными механизмами и оборудованием, ГОСТ 12.1.012—90 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования», Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.566—96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий». Документы устанавливают: классификацию вибраций, методы гигиенической оценки, нормируемые параметры и их допустимые значения, режимы труда лиц виброопасных профессий, подвергающихся воздействию локальной вибрации, требования к обеспечению вибробезопасности и к вибрационным характеристикам машин.

Акустические колебания. Физическое понятие об акустических колебаниях охватывает как слышимые, так и неслышимые колебания упругих сред. Акустические колебания в диапазоне 16 Гц...209 кГц, воспринимаемые человеком с нормальным слухом, называют звуковыми, с частотой менее 16 Гц — инфразвуковыми, выше 20 кГц — ультразвуковыми. Распространяясь в пространстве, звуковые колебания создают акустическое поле.

Ухо человека может воспринимать и анализировать звуки в широком диапазоне частот и интенсивностей. Область слышимых звуков ограничена двумя пороговыми кривыми: нижняя — порог слышимости, верхняя — порог болевого ощущения. Самые низкие значения порогов лежат в диапазоне 1...5 кГц. Порог слуха молодого человека составляет 0 дБ на частоте 1000 Гц, на частоте 100 Гц порог слухового восприятия значительно выше, так как ухо менее чувствительно к звукам низких частот. Болевым порогом принято считать звук с уровнем 140 дБ, что соответствует звуковому давлению 200 Па и интенсивности 100 Вт/м². Звуковые ощущения оцениваются по порогу дискомфорта (слабая боль в ухе, ощущение касания, щекотания).

Шум определяют как совокупность аperiодических звуков различной интенсивности и частоты. Окружающие человека шумы имеют разную интенсивность: разговорная речь — 50...60 дБА, автосирена — 100 дБА, шум двигателя легкового автомобиля — 80 дБА, громкая музыка — 70 дБА, шум от движения трамвая — 70...80 дБА, шум в обычной квартире — 30...40 дБА.

По спектральному составу в зависимости от преобладания звуковой энергии в соответствующем диапазоне частот различают низко-, средне- и высокочастотные шумы, по временным характеристикам — постоянные и непостоянные, последние, в свою очередь, делятся на колеблющиеся, прерывистые и импульсные, по длительности действия — продолжительные и кратковременные. С гигиенических позиций придается большое значение амплитудно-временным, спектральным и вероятностным параметрам непостоянных шумов, наиболее характерных для современного производства.

Интенсивный шум на производстве способствует снижению внимания и увеличению числа ошибок при выполнении работы, исключительно сильное влияние оказывает шум на быстроту реакций, сбор информации и аналитические процессы, из-за шума снижается производительность труда и ухудшается качество работы. Шум затрудняет своевременную реакцию работающих на предупредительные сигналы внутрицехового транспорта (автопогрузчиков, мостовых кранов и т. п.), что способствует возникновению несчастных случаев на производстве.

В биологическом отношении шум является заметным стрессовым фактором, способным вызвать срыв приспособительных реакций. Акустический стресс может приводить к разным проявлениям: от функциональных нарушений регуляции ЦНС до морфологически обозначенных дегенеративных деструктивных процессов в разных органах и тканях. Степень шумовой патологии зависит от интенсивности и продолжительности воздействия, функционального состояния ЦНС и, что очень важно, от индивидуальной чувствительности организма к акустическому раздражителю. Индивидуальная чувствительность к шуму составляет 4... 17 %. Считают, что повышенная чувствительность к шуму определяется сенсibilизированной вегетативной реактивностью, присущей 11 % населения. Женский и детский организм особенно чувствителен к шуму. Высокая индивидуальная чувствительность может быть одной из причин повышенной утомляемости и развития различных неврозов.

Шум оказывает влияние на весь организм человека: угнетает ЦНС, вызывает изменение скорости дыхания и пульса, способствует нарушению обмена веществ, возникновению сердечно-сосудистых заболеваний, гипертонической болезни, может приводить к профессиональным заболеваниям.

Шум с уровнем звукового давления до 30...35 дБ привычен для человека и не беспокоит его. Повышение этого уровня до 40...70 дБ в условиях среды обитания создает значительную нагрузку на нервную систему, вызывая ухудшение самочувствия и при длительном действии может быть причиной неврозов. Воздействие шума уровнем свыше 75 дБ может привести к потере слуха — профессиональной тугоухости. При действии шума высоких уровней (более 140 дБ) возможен разрыв барабанных перепонки, контузия, а при еще более высоких (более 160 дБ) и смерть.

Нормируемые параметры шума на рабочих местах определены ГОСТ 12.1.003—83* с дополнениями 1989 г. и Санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.562—96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки». Документы дают классификацию шумов по спектру на широкополосные и тональные, а по временным характеристикам — на постоянные и непостоянные. Для нормирования постоянных шумов применяют допустимые уровни звукового давления (УЗД) в девяти октавных полосах частот в зависимости от вида производственной деятельности. Для ориентировочной оценки в качестве характеристики постоянного широкополосного шума на рабочих местах допускается принимать уровень звука (дБА), определяемый по шкале Ашумомера с коррекцией низкочастотной составляющей по закону чувствительности органов слуха и приближением результатов объективных измерений к субъективному восприятию.

3. Электромагнитные поля и излучения

Спектр электромагнитных колебаний по частоте достигает 1021 Гц. В зависимости от энергии фотонов (квантов) его подразделяют на область неионизирующих и ионизирующих излучений. В гигиенической практике к неионизирующим излучениям относят также электрические и магнитные поля.

К ЭМП промышленной частоты относятся линии электропередач (ЛЭП) напряжением до 1150 кВ, открытые распределительные устройства, включающие коммутационные аппараты, устройства защиты и автоматики, измерительные приборы. Они являются источниками электрических и магнитных полей промышленной частоты (50 Гц). Длительное действие таких полей приводит к расстройствам, которые субъективно выражаются жалобами на головную боль в височной и затылочной области, вялость, расстройство сна, снижение памяти, повышенную раздражительность, апатию, боли в области сердца. Для хронического воздействия ЭМП промышленной частоты характерны нарушения ритма и замедление частоты сердечных сокращений. У работающих с ЭМП промышленной частоты могут наблюдаться функциональные нарушения в ЦНС и сердечно-сосудистой системе, в составе крови. Поэтому необходимо ограничивать время пребывания человека в зоне

действия электрического поля, создаваемого токами промышленной частоты напряжением выше 400 кВ.

Нормирование ЭМП промышленной частоты осуществляют по предельно допустимым уровням напряженности электрического поля E (кВ/м), напряженности магнитного поля H (А/м) или индукции магнитного поля B (мкТл) частотой 50 Гц в зависимости от времени пребывания в электромагнитном поле на рабочих местах персонала и регламентируются Санитарно-эпидемиологическими правилами и нормативами СанПиН 2.2.4.1191—03.

Допустимое время пребывания в ЭП может быть реализовано однократно или дробно в течение рабочего дня. В остальное рабочее время напряженность ЭП не должна превышать 5 кВ/м. При напряженности ЭП 20...25 кВ/м время пребывания персонала в ЭП не должно превышать 10 мин. Предельно допустимый уровень напряженности ЭП устанавливается равным 25 кВ/м.

Кроме электрических полей промышленной частоты, на работающих воздействуют периодические (синусоидальные) магнитные поля — МП (50 Гц). МП образуется в электроустановках, работающих на токе любого напряжения. Его интенсивность выше вблизи выводов генераторов, токопроводов, силовых трансформаторов и т. д.

Согласно современным представлениям, основным механизмом биологического действия МП являются вихревые токи, которые индуцируются им в теле человека. При этом реакции организма имеют неспецифический характер, проявляющийся в возникновении изменений функционального состояния нервной, сердечно-сосудистой, иммунной систем.

Систематическое воздействие на человека ЭМИ с уровнями, превышающими ПДУ, приводит к развитию явлений дезадаптации, что проявляется в виде серьезных изменений в состоянии его здоровья, которые, однако, не имеют специфического характера.

В первую очередь страдают центральная нервная, эндокринная и иммунная системы.

В настоящее время имеются данные, свидетельствующие о том, что ЭМИ следует рассматривать как один из факторов риска в развитии раннего атеросклероза, гипертонической болезни, ишемической болезни сердца и инфаркта миокарда, синдрома депрессии таких нейродегенеративных заболеваний, как болезни Альцгеймера и Паркинсона, прогрессирующая мышечная атрофия.

Ультрафиолетовое излучение (УФИ) — спектр электромагнитных колебаний с длиной волны 200...400 нм. По биологическому эффекту выделяют три области УФИ: УФВ — с длиной волны 400...315 нм, отличается сравнительно слабым биологическим действием; УФС — с длиной волны 315...280 нм, обладает выраженным загарным и антирахиитическим действием; УФС — с длиной волны 280...200 нм, активно действует на тканевые белки и липиды, обладая выраженным бактерицидным действием.

Ультрафиолетовое излучение, составляющее приблизительно 5 % плотности потока солнечного излучения, — жизненно необходимый фактор, оказывающий благотворное стимулирующее действие на организм. Ультрафиолетовое облучение может понижать чувствительность организма к некоторым вредным воздействиям вследствие усиления окислительных процессов в организме и более быстрого выведения вредных веществ из организма. Под воздействием УФИ оптимальной плотности наблюдали более интенсивное выведение марганца, ртути, свинца; оптимальные дозы УФИ активизируют деятельность сердца, обмен веществ, повышают активность ферментов дыхания, улучшают кроветворение. Однако загрязнение атмосферы больших городов понижает ее прозрачность для УФИ, ограничивая его благотворное влияние на население.

Ультрафиолетовое излучение искусственных источников (например, электросварочных дуг, плазмотронов) может стать причиной острых и хронических профессиональных поражений. Наиболее уязвимы глаза, причем страдает преимущественно роговица и слизистая оболочка. Острые поражения глаз, так называемые электроофтальмии, представляют собой острый конъюнктивит, или кератоконъюнктивит. Заболевание проявляется ощущением постороннего тела или песка в глазах, светобоязнью,

слезотечением. Нередко наблюдается эритема кожи лица и век. К хроническим заболеваниям относят хронический конъюнктивит, блефарит, катаракту. Роговица глаза наиболее чувствительна к излучению волны длиной 270...280 нм; наибольшее воздействие на хрусталик оказывает излучение в диапазоне 295...320 нм. Возможность поражающего действия УФА на сетчатку невелика, однако не исключена.

Кожные поражения протекают в форме острых дерматитов с эритемой, иногда отеком и образованием пузырей. Могут возникнуть общетоксические явления с повышением температуры, ознобом, головными болями. На коже после интенсивного УФ-облучения развивается гиперпигментация и шелушение. Длительное воздействие УФ-лучей приводит к «старению» кожи, атрофии эпидермиса, возможно развитие злокачественных новообразований. При повторном воздействии УФ-лучей имеет место кумуляция биологических эффектов.

Допустимая интенсивность УФ-облучения работающих при незащищенных участках поверхности кожи не более 0,2 мД (лицо, шея, кисти рук и др.) общей продолжительностью воздействия излучения 50 % рабочей смены и длительности однократного облучения свыше 5 мин и более не должно превышать 10 Вт/м² для области УФА и 0,01 Вт/м² — для области УФВ. Излучение в области УФС при указанной продолжительности не допускается.

Лазерное излучение (ЛИ) представляет собой особый вид электромагнитного излучения, генерируемого в диапазоне длин волн 0,1...1000 мкм. Отличие ЛИ от других видов излучения заключается в монохроматичности, когерентности и высокой степени направленности. При оценке биологического действия следует различать прямое, отраженное и рассеянное ЛИ. Эффекты воздействия определяются механизмом взаимодействия ЛИ с тканями (тепловой, фотохимический, ударно-акустический и др.) и зависят от длины волны излучения, длительности импульса (воздействия), частоты следования импульсов, площади облучаемого участка, а также от биологических и физико-химических особенностей облучаемых тканей и органов. ЛИ с длиной волны 380...1400 нм представляет наибольшую опасность для сетчатки глаза, а излучение с длиной волны 180...380 нм и свыше 1400 нм — для передних сред глаза.

Повреждение кожи может быть вызвано лазерным излучением любой длины волны в спектральном диапазоне $\lambda = 180...100\,000$ нм. При воздействии ЛИ в непрерывном режиме преобладают в основном тепловые эффекты, следствием которых является коагуляция (свертывание) белка, а при больших мощностях — испарение биоткани. Степень повреждения кожи зависит от первоначально поглощенной энергии. Повреждения могут быть различными: от покраснения до поверхностного обугливания и образования глубоких дефектов кожи; значительные повреждения развиваются на пигментированных участках кожи (родимых пятнах, местах с сильным загаром). Минимальное повреждение кожи развивается при плотности энергии 0Д...1 Дж/см².

Повреждения сетчатки дифференцируют на временные нарушения, например ослепление от высокой яркости световой вспышки при плотности излучения на роговице около 150 Вт/см², и повреждения, сопровождающиеся разрушением сетчатки в форме термического ожога с необратимыми повреждениями или в виде «взрыва» зерен пигмента меланина, причем сила взрыва такова, что зерна пигмента выбрасываются в стекловидное тело.

4. Ионизирующее излучение

Ионизирующее излучение вызывает в организме цепочку обратимых и необратимых изменений. Пусковым механизмом воздействия являются процессы ионизации и возбуждения атомов и молекул в тканях. Диссоциация сложных молекул в результате разрыва химических связей — прямое действие радиации. Существенную роль в формировании биологических эффектов играют радиационно-химические изменения, обусловленные продуктами радиолиза воды. Свободные радикалы водорода и гидроксильной группы, обладая высокой активностью, вступают в химические реакции с

молекулами белка, ферментов и других элементов биоткани, что приводит к нарушению биохимических процессов в организме. В результате нарушаются обменные процессы, замедляется и прекращается рост тканей, возникают новые химические соединения, не свойственные организму. Это приводит к нарушению деятельности отдельных функций и систем организма.

Ионизирующая радиация при воздействии на организм человека может вызвать два вида эффектов, которые клинической медициной относятся к болезням: детерминированные пороговые эффекты (лучевая болезнь, лучевой ожог, лучевая катаракта, лучевое бесплодие, аномалии в развитии плода и др.) и стохастические (вероятностные) беспороговые эффекты (злокачественные опухоли, лейкозы, наследственные болезни).

Лучевая болезнь средней тяжести возникает при дозе 2,5...4,0 Гр. Почти у всех облученных в первые сутки наблюдаются тошнота, рвота, резко снижается содержание лейкоцитов в крови, появляются подкожные кровоизлияния, в 20 % случаев возможен смертельный исход, смерть наступает через 2...6 недель после облучения. При дозе 4,0...6,0 Гр развивается тяжелая форма лучевой болезни, приводящая в 50 % случаев к смерти в течение первого месяца. При дозах, превышающих 6,0 Гр, развивается крайне тяжелая форма лучевой болезни, которая почти в 100 % случаев заканчивается смертью вследствие кровоизлияния или инфекционных заболеваний. Приведенные данные относятся к случаям, когда отсутствует лечение. В настоящее время имеется ряд противолучевых средств, которые при комплексном лечении позволяют исключить летальный исход при дозах около 10 Гр.

Хроническая лучевая болезнь может развиваться при непрерывном или повторяющемся облучении в дозах, существенно ниже тех, которые вызывают острую форму. Наиболее характерными признаками хронической лучевой болезни являются изменения в крови, ряд симптомов со стороны нервной системы, локальные поражения кожи, поражения хрусталика, пневмосклероз (при ингаляции плутония-239), снижение иммунореактивности организма.

5. Электрический ток

Действие электрического тока на живую ткань носит разносторонний и своеобразный характер. Проходя через организм человека, электроток производит термическое, электролитическое, механическое и биологическое действия.

Термическое действие тока проявляется ожогами отдельных участков тела, нагревом до высокой температуры органов, расположенных на пути тока, вызывая в них значительные функциональные расстройства. Электролитическое действие тока выражается в разложении органической жидкости, в том числе крови, в нарушении ее физико-химического состава. Механическое действие тока приводит к расслоению, разрыву тканей организма в результате электродинамического эффекта, а также мгновенного взрывоподобного образования пара из тканевой жидкости и крови. Биологическое действие тока проявляется раздражением и возбуждением живых тканей организма, а также нарушением внутренних биологических процессов.

Электротравмы условно разделяют на общие и местные. К общим относят электрический удар, при котором процесс возбуждения различных групп мышц может привести к судорогам, остановке дыхания и сердечной деятельности. Остановка сердца связана с фибрилляцией — хаотическим сокращением отдельных волокон сердечной мышцы (фибрилл). К местным травмам относят ожоги, металлизацию кожи, механические повреждения, электроофтальмии. Металлизация кожи связана с проникновением в нее мельчайших частиц металла при его расплавлении под влиянием чаще всего электрической дуги.

Исход поражения человека электротоком зависит от многих факторов: силы тока и времени его прохождения через организм, характеристики тока (переменный или постоянный), пути тока в теле человека, при переменном токе — от частоты колебаний.

Ток, проходящий через организм, зависит от напряжения прикосновения, под которым оказался пострадавший, и суммарного электрического сопротивления, в которое входит сопротивление тела человека. Величина последнего определяется в основном сопротивлением рогового слоя кожи, составляющим при сухой коже и отсутствии повреждений сотни тысяч ом. Если эти условия состояния кожи не выполняются, то ее сопротивление падает до 1 кОм. При высоком напряжении и значительном времени протекания тока через тело сопротивление кожи падает еще больше, что приводит к более тяжелым последствиям поражения током. Внутреннее сопротивление тела человека не превышает нескольких сотен ом и существенной роли не играет.

На сопротивление организма воздействию электрического тока оказывает влияние физическое и психическое состояние человека. Нездоровье, утомление, голод, опьянение, эмоциональное возбуждение приводят к снижению сопротивления.

Переменный ток опаснее постоянного, однако при высоком напряжении (более 500 В) опаснее постоянный ток. Из возможных путей протекания тока через тело человека (голова — рука, голова — ноги, рука — рука, нога — рука, нога — нога и т. д.) наиболее опасен тот, при котором поражается головной мозг (голова — руки, голова — ноги), сердце и легкие (руки — ноги). Неблагоприятный микроклимат (повышенная температура, влажность) увеличивает опасность поражения током, так как влага (пот) понижает сопротивление кожных покровов.

1.5 Лекция № 5 (2 часа)

Тема. Опасности технических систем

1.5.1 Вопросы лекции

1. Идентификация опасностей
2. Качественный анализ опасностей
3. Количественный анализ опасностей

1.5.2 Краткое содержание вопросов

1. Идентификация опасностей

Предмет анализа опасностей. Объектом анализа опасностей является система «человек - машина - окружающая среда (ЧМС)», в которой в единый комплекс, предназначенный для выполнения определенных функций, объединены технические объекты, люди и окружающая среда, взаимодействующие друг с другом. Основными компонентами такой системы являются человек, машина, среда, а сложные процессы, происходящие между основными компонентами, нуждаются в управлении.

Из принципа иерархичности управления следует, что система ЧМС является многоуровневой, а при переходе от одного уровня к другому компоненты системы ЧМС должны претерпевать изменения. Иерархия делит людей как бы на «человека», который формулирует задачу, организует, управляет, и «человека», который совместно с техникой образует компонент «машина», непосредственно осуществляющий замысел. Иначе говоря, человек системы ЧМС более высокого уровня (рис. 5.1) рассматривает людей и технику системы ЧМС более низкого уровня как единый компонент - своеобразную человеко-машину, предназначенную для выполнения определенных функций.

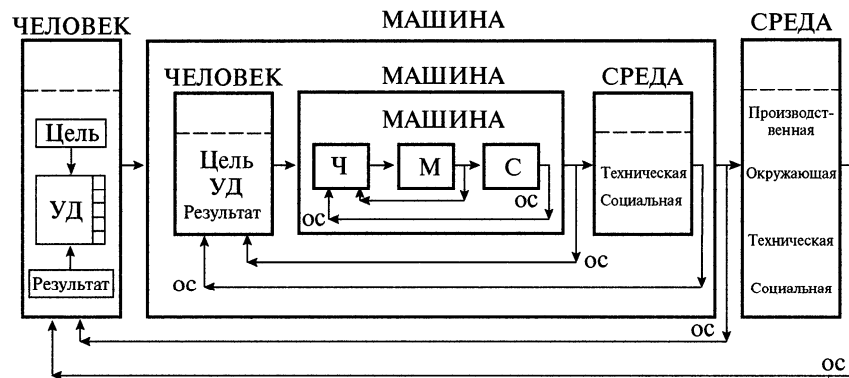


Рис. 5.1. Схематичное изображение системы ЧМС: Ч - человек, М - машина, С - среда, ос - обратная связь, УД - управляющие действия

В компонент «среда» в общем случае могут входить люди, не входящие в подсистему «человек - машина», производственная среда (техническая, социальная и т. д.) и окружающая среда (например, естественная среда обитания).

Кроме уровней и компонентов, в системе ЧМС целесообразно выделить отдельные стадии жизненного цикла. Для простоты можно ограничиться следующими из них: стадия проектирования, когда определяются задачи, формируются требования, рассчитываются параметры, разрабатываются чертежи; стадия создания, когда в процессе изготовления или производства концепция и конструкция начинают воплощаться в жизнь; стадия эксплуатации, когда система ЧМС осуществляет возложенные на нее рабочие функции и затем ликвидируется.

Таким образом, с точки зрения анализа и управления опасностями необходимо рассматривать и анализировать структурные элементы системы ЧМС, показанные на рис. 5.2.

Взаимодействие компонентов, входящих в систему ЧМС, может быть штатным и нештатным. Нештатное взаимодействие может выражаться в виде ЧП - нежелательных, незапланированных, непреднамеренных событий, нарушающих обычный ход вещей и происходящих в относительно короткий отрезок времени. Катастрофы, аварии, несчастные случаи будем называть ЧП-несчастьями или, сокращенно, н-ЧП. Отказы и инциденты обычно предшествуют н-ЧП, но могут иметь и самостоятельное значение.

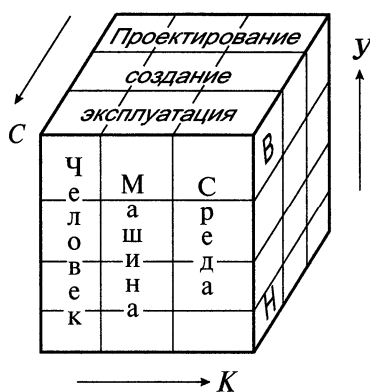


Рис. 5.2. Структурные элементы системы ЧМС. Обозначения:

У - уровни; В - высший; Н - низший; С - стадии жизненного цикла; К - компоненты

Анализ опасностей делает предсказуемыми перечисленные выше ЧП и, следовательно, их можно предотвратить соответствующими мерами. К главным моментам анализа опасностей относится поиск ответов на следующие вопросы. Какие объекты являются опасными?

Какие ЧП можно предотвратить? Какие ЧП нельзя устранить полностью и как часто они будут иметь место?

Какие повреждения неустраняемые ЧП могут нанести людям, материальным объектам, окружающей среде?

Поиск причин ЧП в конечном счете приводит к анализу системы управления опасностями. На разных стадиях жизненного цикла системы ЧМС функциональные модели системы управления опасностями (СУО) могут состоять из разных элементов, при этом обязательным является наличие информационной системы, обратных связей и алгоритма

функционирования. Наиболее сложной является функциональная модель СУО на стадии эксплуатации системы ЧМС (рис. 5.3).

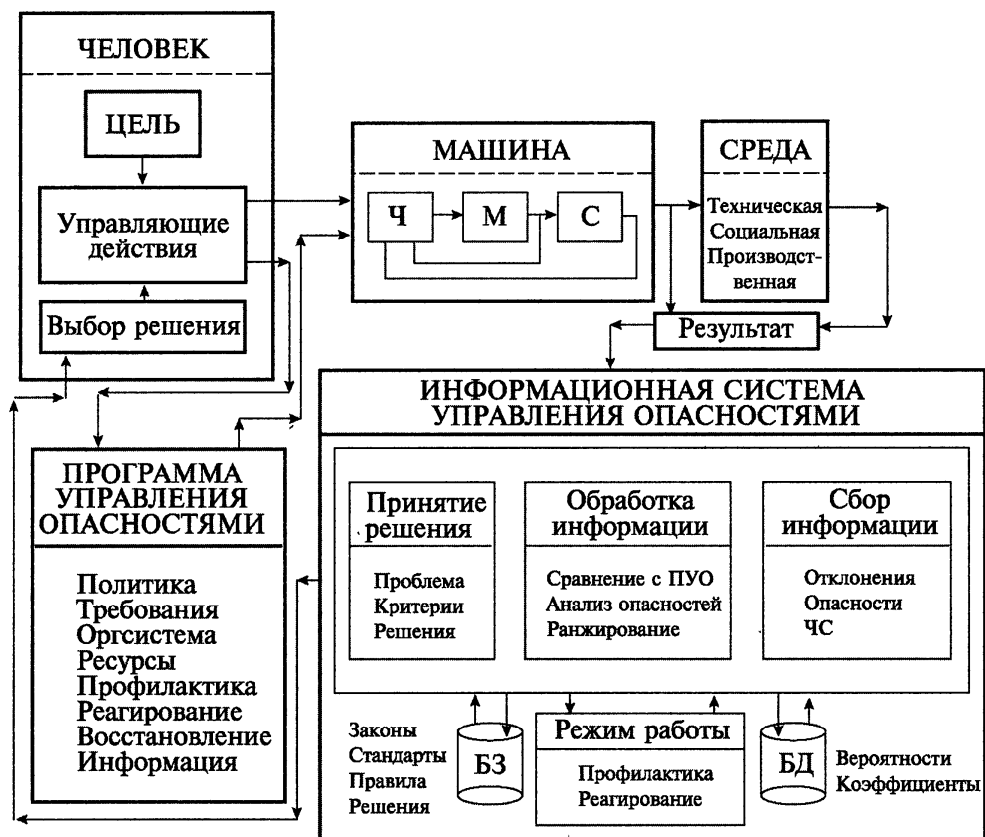


Рис. 5.3. Структурные элементы системы управления опасностями на стадии эксплуатации

На рис. 5.3 компонент «человек», выбирая цель, создает управляющие действия, которые оказывают влияние на компоненты «машина» и «среда». Результат этих действий анализируется информационной системой управления опасностями, которая производит отбор и обработку информации, а также предлагает варианты возможных решений при обнаружении отклонений в работе системы. В качестве управляющего действия рассматривается также программа управления опасностями (ПУО), которая включает такие составляющие, как политику, проводимую менеджментом в сфере безопасности; технические требования (например, стандарты), заложенные в ПУО; организационные и информационные моменты, а также наличие ресурсов для выполнения задач, поставленных ПУО. Кроме этого, программа включает системы профилактики - готовности, реагирования и восстановления.

Наличие обратных связей и информационной системы позволяет осуществлять сбор данных по отклонениям, отказам, ЧП и т. д., проводить анализ опасностей и их ранжирование, сравнивать результаты функционирования системы ЧМС с программой управления опасностями, принимать решения и выбирать и осуществлять управляющие действия. В производственной системе ЧМС информационные функции, в частности, выполняют: рапорты инспекторов, акты расследования ЧП, протоколы аттестации рабочих мест, инструкции по безопасности и т. д. За счет обратных связей обеспечивается устойчивость функционирования СУО и ее развитие при наличии положительных обратных связей.

Как сказано выше, СУО в общем случае работает в разных режимах и ее важным элементом является алгоритм функционирования, который вместе с некоторыми компонентами СУО можно представить так, как показано на рис. 5.4.

Отметим, что режим работы СУО зависит от типов ЧП, происходящих в системе ЧМС. При режимных ЧП система ЧМС функционирует штатно и работа СУО не выходит за рамки режима профилактики и готовности (см. рис. 5.4).

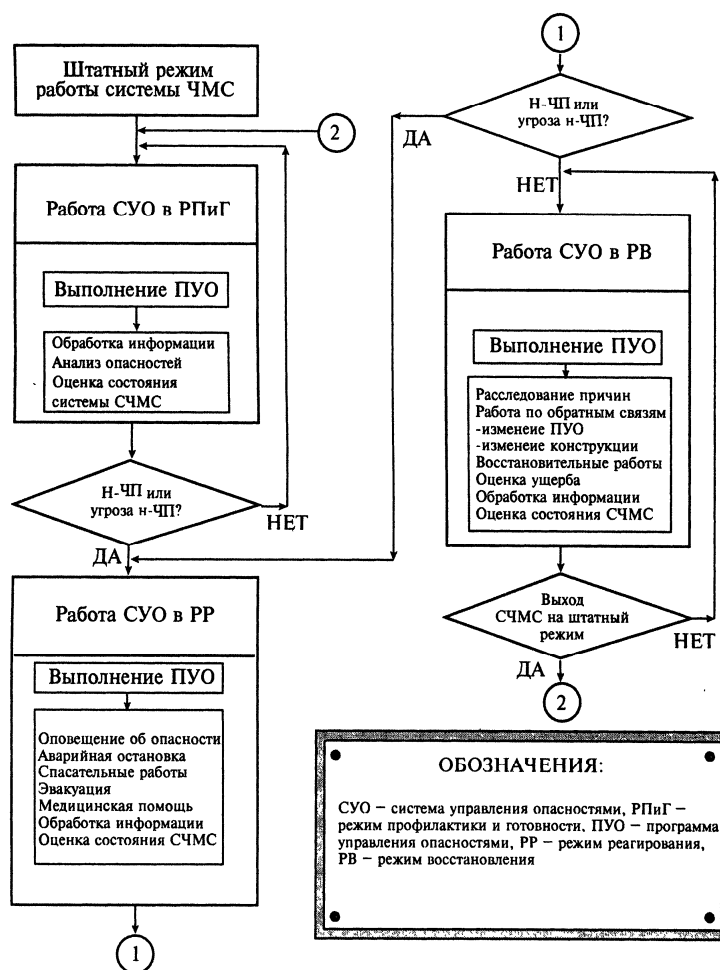


Рис. 5.4. Алгоритм функционирования системы управления опасностями

При проектных и запроектных ЧП система ЧМС функционирует за пределами штатного режима; СУО работает в режиме реагирования и восстановления, при этом, если имеют место проектные ЧП, то исполняются некоторые элементы режима реагирования и режима восстановления (см. рис. 5.4), апризапроектных ЧП - практически все элементы, заложенные в эти подсистемы, и, в частности, необходимый комплекс восстановительных работ.

Анализ опасностей описывает их качественно и количественно и заканчивается планированием предупредительных мероприятий. Он базируется на знании алгебры, логики и событий, теории вероятностей, статистическом анализе, требует инженерных знаний и системного подхода.

3.2. Качественный анализ опасностей

Общий подход к анализу опасностей. Анализ опасностей позволяет определить источники опасностей, потенциальные н-ЧП, ЧП-инициаторы, последовательности развития событий, вероятности ЧП, величину риска, величину последствий, пути предотвращения ЧП и смягчения последствий.

На практике анализ опасностей начинают с грубого исследования, позволяющего идентифицировать в основном источники опасностей. Затем при необходимости исследования могут быть углублены и может быть проведен детальный качественный анализ. Выбор того или иного качественного метода анализа зависит от преследуемой цели, предназначения объекта и его сложности. Установление логических связей необходимо для

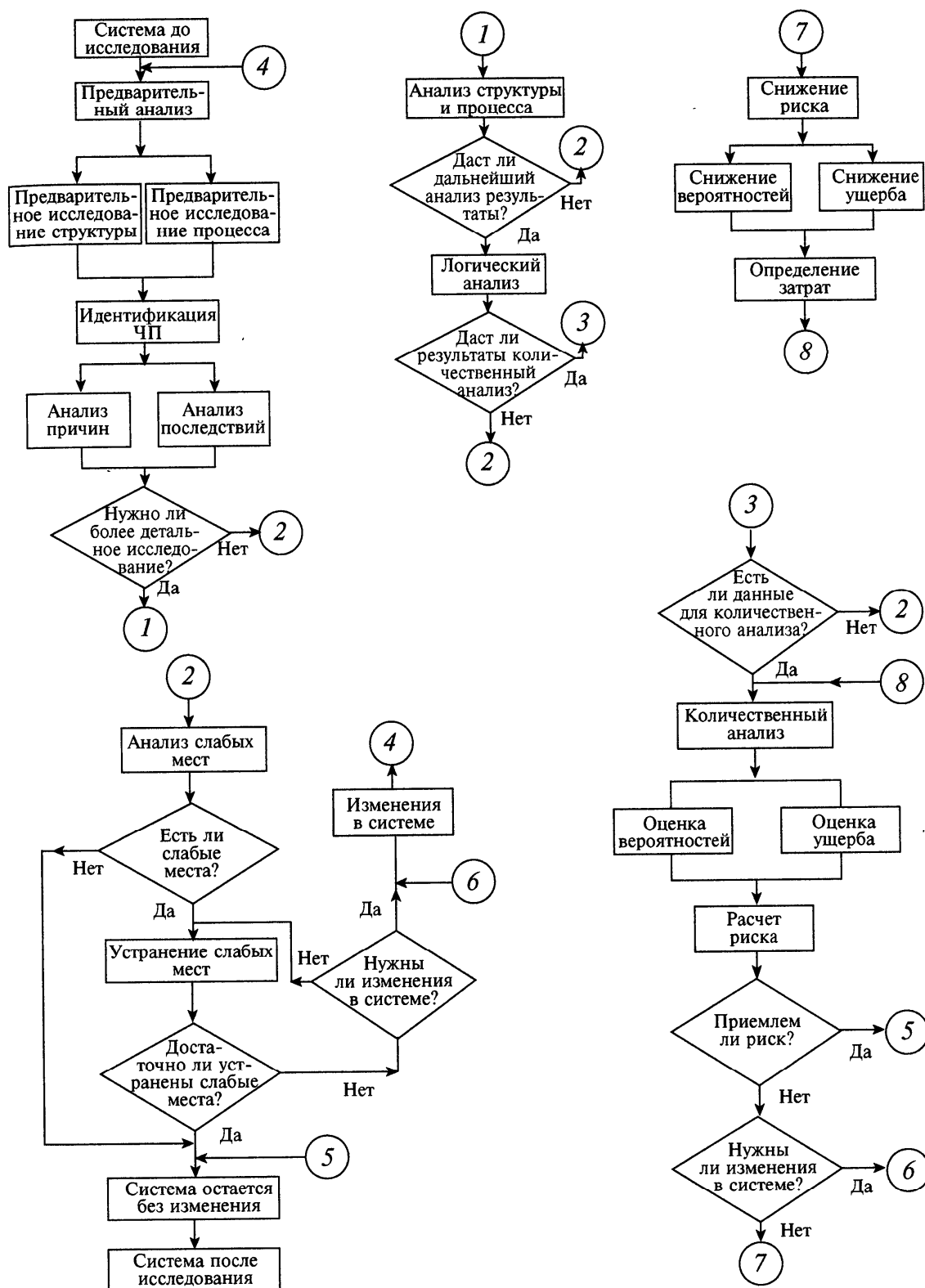
расчета вероятностей ЧП. Методы расчета вероятностей и статистический анализ являются составными частями количественного анализа опасностей. Когда удастся оценить ущерб, то можно провести численный анализ риск. При анализе опасностей всегда принимают во внимание используемые материалы, рабочие параметры системы, наличие и состояние контрольно-измерительных средств. Исследование заканчивают предложениями по минимизации или предотвращению опасностей. Главные этапы анализа опасностей показаны на рис. 5.5.

Качественные методы анализа опасностей включают: предварительный анализ опасностей, анализ последствий отказов, анализ опасностей с помощью дерева причин, анализ опасностей с помощью дерева последствий, анализ опасностей методом потенциальных отклонений, анализ ошибок персонала, причинно-следственный анализ.

Предварительный анализ опасностей (ПАО) обычно осуществляют в следующем порядке:

- изучают технические характеристики объекта, системы, процесса, а также используемые энергетические источники, рабочие среды, материалы; устанавливают их повреждающие свойства;
- устанавливают законы, стандарты, правила, действия которых распространяются на данный технический объект, систему, процесс;
- проверяют техническую документацию на ее соответствие законам, правилам, принципам и нормам стандартов безопасности;
- составляют перечень опасностей, в котором указывают идентифицированные источники опасностей (системы, подсистемы, компоненты), повреждающие факторы, потенциальные ЧП, выявленные недостатки.

Рис. 5.5. Процедура анализа опасностей



При проведении ПАО особое внимание уделяют наличию взры-вопожароопасных и токсичных веществ, выявлению компонентов объекта, в которых возможно их присутствие, потенциальным ЧП от неконтролируемых реакций и при превышении давления. После того как выявлены крупные системы технического объекта, которые являются источниками опасности, их можно рассмотреть отдельно и более детально исследовать с помощью других методов анализа, описанных ниже.

Анализ последствий отказов (АПО) - преимущественно качественный метод идентификации опасностей, основанный на системном подходе и имеющий характер прогноза. Этим методом можно оценить опасный потенциал любого технического объекта. АПО обычно осуществляют в следующем порядке:

- техническую систему (объект) подразделяют на компоненты;
- для каждого компонента выявляют возможные отказы, используя, например, алгоритм, представленный на рис. 6;
- изучают потенциальные ЧП, которые может вызвать тот или иной отказ на исследуемом техническом объекте;
- результаты записывают в виде таблицы;
- отказы ранжируют по опасностям и разрабатывают предупредительные меры, включая конструкционные изменения.

Анализ последствий отказов может выявить необходимость применения других, более емких методов идентификации опасностей. Кроме того, в результате анализа отказов могут быть собраны и документально оформлены данные о частоте отказов, необходимые для количественной оценки уровня опасностей рассматриваемого технического объекта.

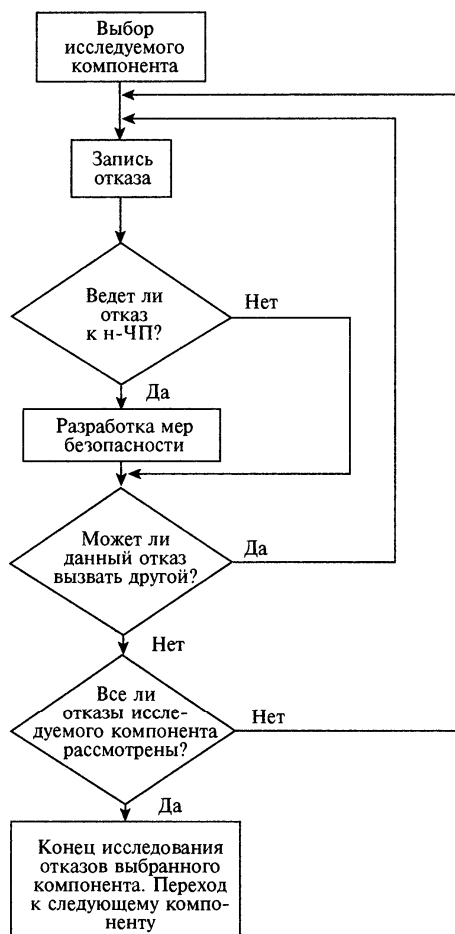


Рис. 5.6. Алгоритм исследования опасностей

Рассмотрим пример. На рис. 5.7. представлена схема управления с двумя кнопками Д и Д, которые при нажатии на них замыкают контакты B_1 и B_2 , при этом включается катушка реле $Я$ и производится пуск машины (не показана).

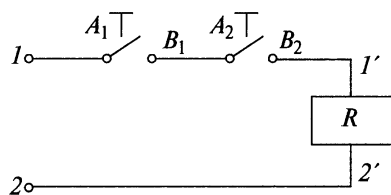


Рис. 5.7. Схема управления пуском машины (пример)

Результаты выполненного АПО представлены в табл. 5.1. Отметим только, что опасность возникает, если происходит ЧП - случайный пуск машины. Обозначим: L - короткое замыкание между точками 1 и 1'; Д - замыкание 1-го контакта вследствие нажатия кнопки; B_1 - замыкание 1-го контакта вследствие механического повреждения. Тогда для ЧП M - случайный пуск машины при исправном реле - имеем следующую логическую формулу: $M = L + (B_1 + A_1) * (B_2 + A_2)$.

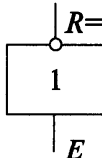
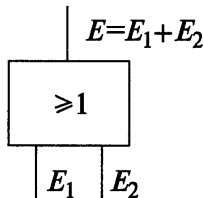
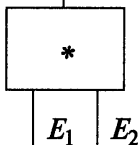
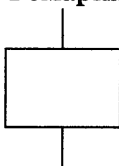
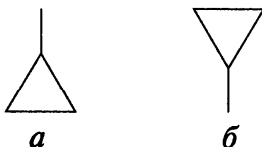
Анализ опасностей с помощью дерева причин потенциального ЧП (АОДП) обычно выполняют в следующем порядке. Сначала выбирают потенциальное ЧП (например, н-ЧП или какой-либо отказ, который может привести к н-ЧП). Затем выявляют все факторы, которые могут привести к заданному ЧП (системы, подсистемы, события, связи и т. д.). По результатам этого анализа строят ориентированный граф. Вершина (корень) этого графа занумерована потенциальным ЧП. Поэтому граф является деревом. В нашем случае дерево состоит из всех тех причин-событий, которые делают возможным заданное ЧП. При построении дерева можно использовать символы, представленные в табл. 5.2.

Таблица 5.1. Представление результатов АЛО для схемы управления с двумя кнопками

Компонент	Наименование отказа, инцидент	Генерируемые последствия	Потенциальное ЧП	Предупредительные меры
Участок цепи — линия 11'	Короткое замыкание между точками 11'	Включение катушки реле, случайный пуск машины	Несчастный случай	Инструктаж персонала
Кнопка только A_1 или только A_2	Случайное нажатие (инцидент)	Без немедленных последствий	Без немедленных последствий; снижается уровень безопасности	Определить частоту инцидента
Контакты только B_1 или только B_2	Случайное замыкание вследствие механического повреждения	То же	То же	Определить частоту отказа
Участок цепи — линия 22'	Обрыв провода	Нельзя включить машину	Без немедленных последствий	Не требуется

Проведение АОДП возможно только после детального изучения рабочих функций всех компонентов рассматриваемой технической системы. На работу системы оказывает влияние человеческий фактор, например возможность совершения оператором ошибки. Поэтому желательно все потенциальные инциденты - «отказы операторов» - вводить в содержание дерева причин. Дерево отражает статический характер событий. Построением нескольких деревьев можно отразить их динамику, т. е. развитие событий во времени.

Таблица 5.2. Элементы и символы, используемые для построения дерева причин потенциального

№ п/п	Элемент и его символ	Комментарий															
1	Вход 	Элементы «Вход» обозначают соответствующие ЧП															
2	Элемент НЕ $R = \bar{E}$ 	Элемент НЕ представляет отрицание. Если на входе $I = 0$, то выход $R = 1$, и наоборот <table border="1"><tr><td>E</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>R</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	E	0	1	R	1	0									
E	0	1															
R	1	0															
3	Элемент ИЛИ $E = E_1 + E_2$ 	Элемент ИЛИ может иметь любое число входов. Здесь показано два: E_1 и E_2 <table border="1"><tr><td>E_1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>E_2</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>E</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>	E_1	0	1	0	1	E_2	0	0	1	1	E	0	1	1	1
E_1	0	1	0	1													
E_2	0	0	1	1													
E	0	1	1	1													
4	Элемент И $E = E_1 * E_2$ 	Элемент И может иметь любое число входов. Здесь показано два: E_1 и E_2 <table border="1"><tr><td>E_1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>E_2</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>E</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr></table>	E_1	0	1	0	1	E_2	0	0	1	1	E	0	0	0	1
E_1	0	1	0	1													
E_2	0	0	1	1													
E	0	0	0	1													
5	Ремарка 	Элемент служит для описания входа, выхода, логических связей															
6	Перенос входа $a, б$ 	Элемент говорит о том, что построение графа будет продолжено в другом месте															

ЧП

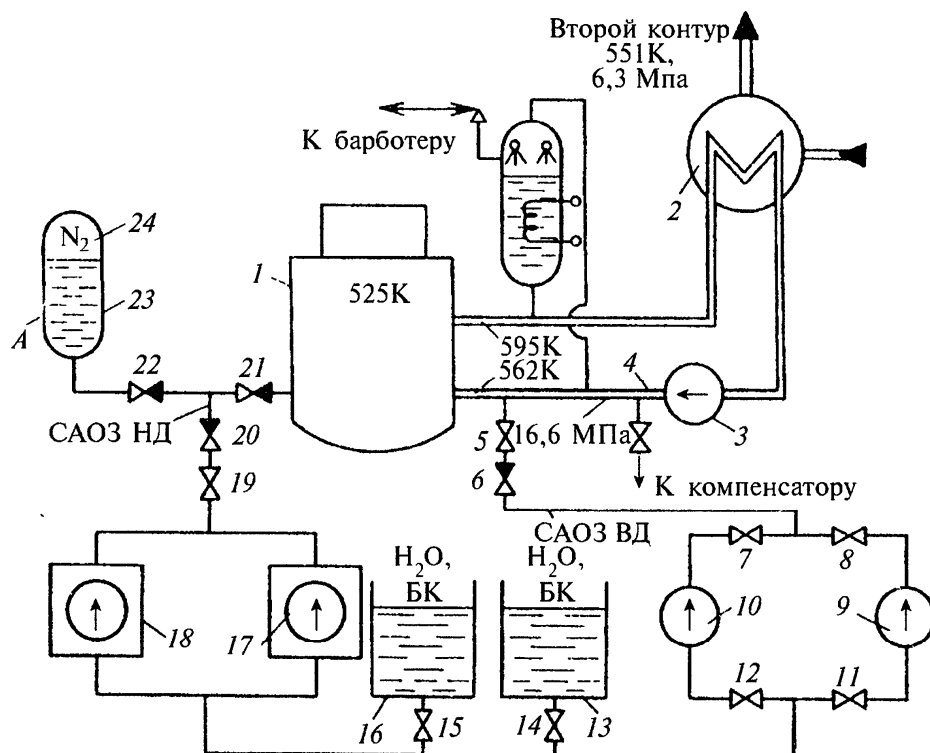


Рис. 5.8. Примерная схема - вариант аварийного охлаждения зоны ядерной энергетической установки

Рассмотрим пример. Допустим, что ядерная энергетическая установка (ЯЭУ) включает первый контур (рис. 5.8), состоящий из реактора 1, парогенератора 2, главного циркуляционного насоса (ГЦН) 3 и главных циркуляционных трубопроводов 4, заполненных теплоносителем - водой (в процессе работы реактора вода подучает высокую наведенную радиоактивность). В парогенераторе вода охлаждается и, отдав теплоту теплоносителю второго контура, возвращается ГЦН в реактор для охлаждения твэлов. Перегрев оболочек твэлов и их разрушение можно рассматривать как катастрофу. Поэтому все ЯЭУ снабжены системами аварийного охлаждения активной зоны реактора - САОЗ, которые обеспечивают отвод теплоты из активной зоны в случае разгерметизации циркуляционного контура и потери теплоносителя. САОЗ включает насосы низкого (ННД) 17 и 18 и высокого (НВД) 9 и 10 давления, гидроаккумулятор (ГА) 23, в котором вода находится под давлением азота 24, и баки запаса воды и раствора борной кислоты 13 и 16. Условно примем следующий порядок работы САОЗ при большой разгерметизации циркуляционного контура: сначала работает САОЗ высокого давления (ВД), состоящая из НВД и необходимой арматуры, затем работает САОЗ низкого давления (НД) - ГА и ННД. В процессе эксплуатации ЯЭУ при возникновении «малых» течей допускается временная работа без аварийной остановки; при этом происходит автоматическая компенсация теплоносителя (работают компенсаторы, барботер) или принимаются другие срочные меры к локализации течи и устранению загрязнений помещения радиоактивностью.

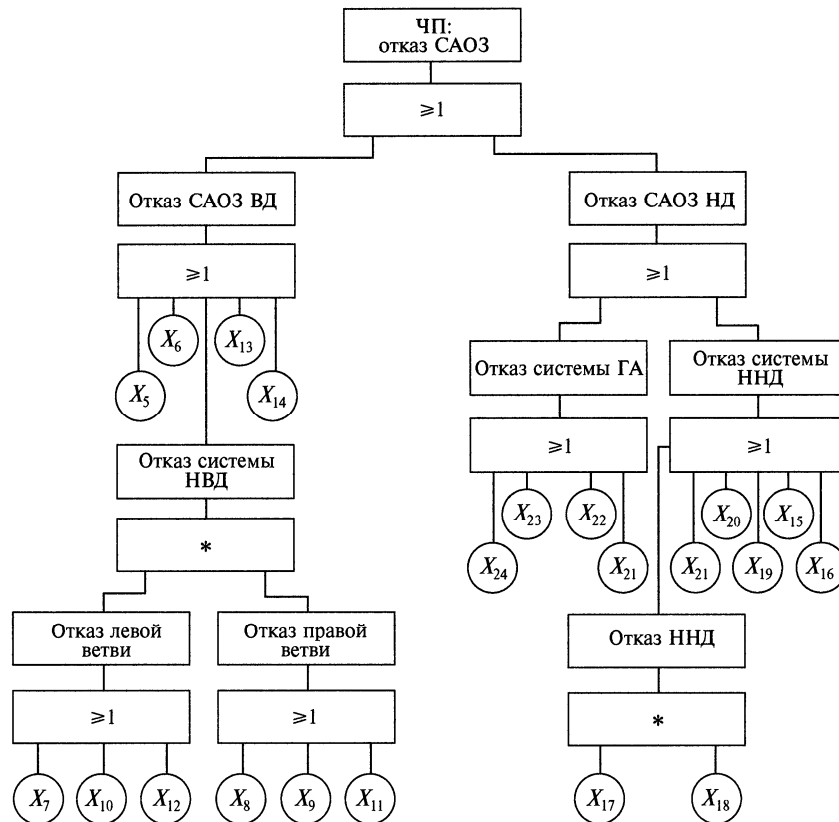


Рис. 5.9. Дерево причин потенциального ЧП - отказа САОЗ ЯЭУ

Задаем потенциально возможное ЧП, ведущее к катастрофе, - отказ САОЗ. Находимы все компоненты системы, которые могут привести к отказу САОЗ. Перечень компонентов X_i дан в табл. 5.3. Устанавливаем логические связи и строим дерево причин (рис. 5.9). Общая формула ЧП «отказ САОЗ» имеет вид:

$$K = X_{17} * X_{18} + (X_8 + X_9 + X_{11}) * (X_7 + X_{10} + X_{12}) + X_5 + X_6 + X_{13} + X_{14} + \\ + X_{15} + X_{16} + X_{19} + X_{20} + X_{21} + X_{22} + X_{23} + X_{24}.$$

В этом выражении X_i одновременно являются наименованиями отказов и их индикаторами, которые принимают значение: 1 - ЧП произошло и 0 - отсутствие ЧП.

Дерево причин показывает, что критическими компонентами являются 5, 6, 13, 14, 15, 16, 19, 20, 21, 22, 23, 24, так как отказ одного из них достаточен для того, чтобы вызвать катастрофу.

Таблица 5.3. Перечень компонентов САОЗ ЯЭУ

Номер компонента и индекса	Компонент	Наименование отказа X_i
САОЗ ВД		
5	Задвижка	Закрыта
6	Обратный клапан	Закрыт
7	Задвижка	Закрыта
8	Задвижка	Закрыта
9	Насос высокого давления	Не работает
10	Насос высокого давления	Не работает
11	Задвижка	Закрыта
12	Задвижка	Закрыта
13	Емкость	Нет воды
14	Задвижка	Закрыта
САОЗ НД		
24	Азот гидроаккумулятора	Нет давления
23	Емкость гидроаккумулятора	Нет воды
22	Обратный клапан	Закрыт
21	Обратный клапан	Закрыт
20	Обратный клапан	Закрыт
19	Задвижка	Закрыта
18	Насос низкого давления с запорной арматурой	Не работает
17	Насос низкого давления с запорной арматурой	Не работает
16	Емкость	Нет воды
15	Задвижка	Закрыта

После завершения АОДП можно от качественных характеристик приступить к количественному анализу.

Во многих случаях представление о состоянии систем, альтернативных путях протекания и результатах какого-либо процесса можно создать с помощью более простого графа. Рассмотрим его построение на примере трех параллельно работающих компонентов A_1 , A_2 и A_3 (рис. 5.10). Исходным пунктом является кружок, который представляет в общем виде рассматриваемое состояние. Из этого узла ветви ведут к узлам, представляющим состояние первого компонента (в соответствии с заданными вероятностями), и таким же образом дальше от каждого из этих узлов к следующим, в которых указаны состояния второго и третьего компонентов, пока на выходе не получаются все возможные комбинации событий. В результате получается дерево событий, в котором каждый путь от исходной точки до конечного узла описывает одну из эволюции системы. В прямоугольниках справа от конечных узлов на рис. 5.10 еще раз указан результат события, соответствующий пути к этому конечному узлу. В рассматриваемом примере с тремя параллельно работающими компонентами в прямоугольниках указаны результирующие вероятности для состояния системы, которые при независимости выхода из строя отдельных компонентов получаются простым перемножением отдельных вероятностей (вероятность ЧП в рассматриваемый отрезок времени принята одинаковой для каждого из трех компонентов: $q_i = 10^{-3}$; $i = 1, 2, 3$).

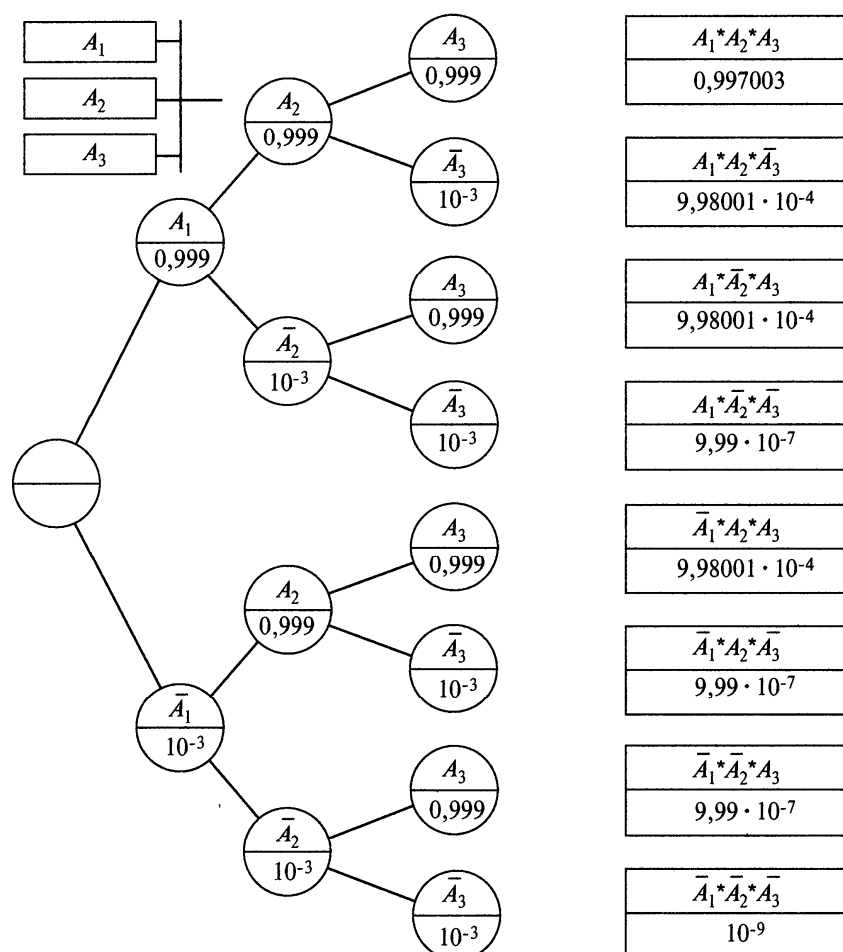


Рис. 5.10. Дерево событий при аварии трех параллельно работающих компонентов

Анализ опасностей с помощью дерева последствий потенциального ЧП (АОДПО) отличается от АОДП тем, что в случае АОДПО задается потенциальное ЧП - инициатор и исследуют всю группу событий - последствий, к которым оно может привести. Таким образом, между событиями имеется временная зависимость. АОДПО можно проводить на любом объекте. Как и АОДП, он требует хорошего знания объекта. Поэтому, перед тем как проводить АОДПО, необходимо тщательно изучить объект, вспомогательное оборудование, параметры окружающей среды, организационные вопросы.

Воспользуемся предыдущим примером с ЯЭУ. Зададим потенциальное ЧП «Снижение расхода теплоносителя в первом контуре». Дерево последствий (рассматривались только подсистемы) представлено на рис. 5.11. В число последствий входят: рабочая утечка, штатная работа САОЗ и ЧП-авария. Далее можно переходить к количественному анализу. Для построения дерева последствий можно использовать символы, представленные в табл. 5.4.

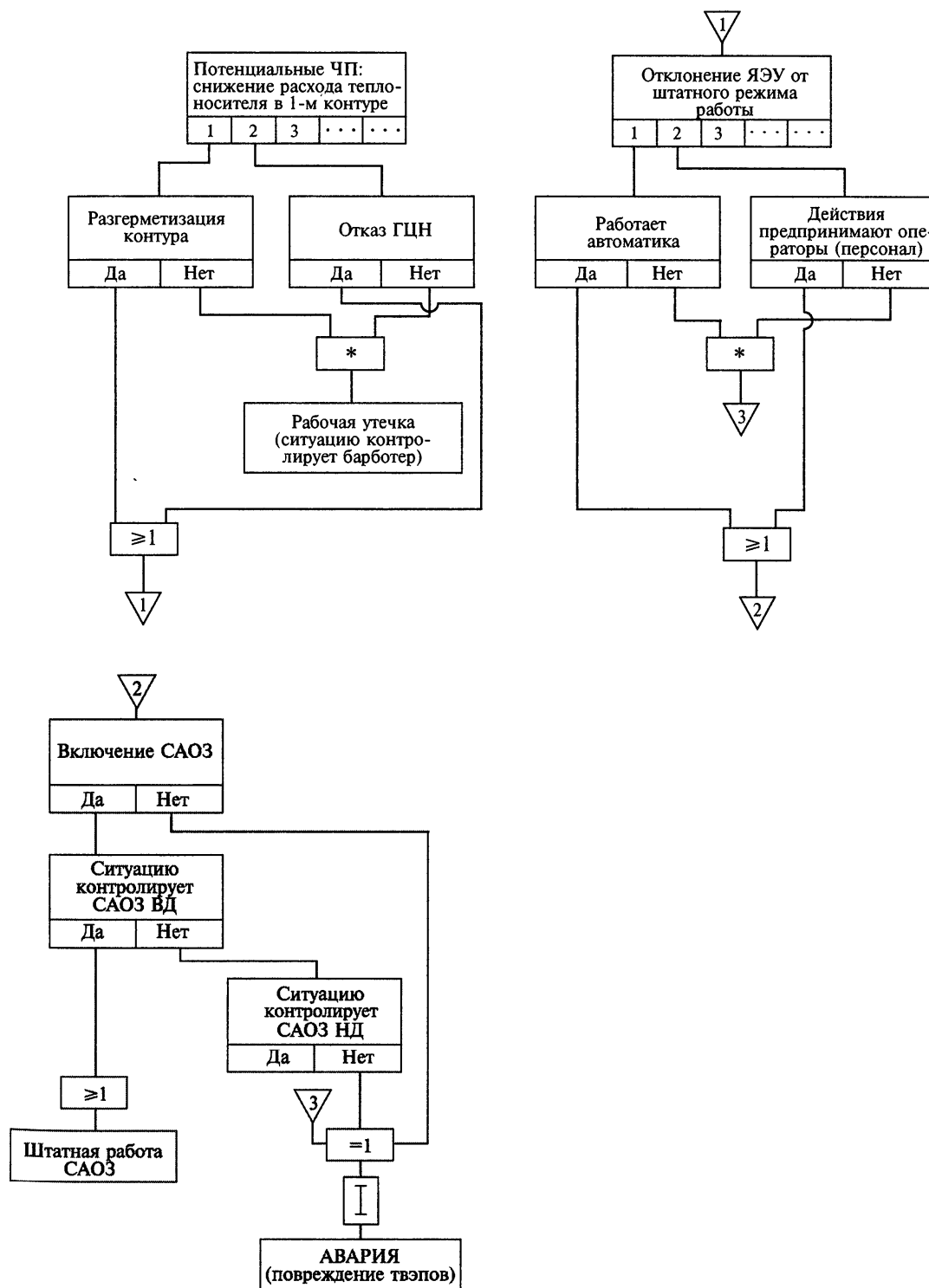
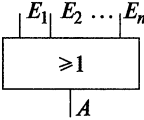
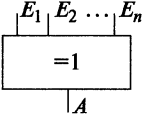
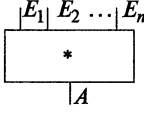
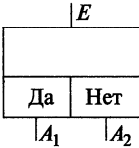


Рис. 5.11. Дерево последствий ЧП «Снижение расхода теплоносителя в первом контуре»

Анализ опасностей методом потенциальных отклонений (АОМПО): отклонение - режим функционирования какого-либо объекта, системы, процесса или какой-либо их части (компонента), отличающийся в той или иной мере от конструкторского предназначения (замысла).

Таблица 5.4. Символы, используемые при построении дерева последствий

№ п/п	Символ	Комментарий
1		Запись ЧП
2		Задержка во времени
3		Элемент НЕ для не исключающих друг друга ЧП. ЧП A происходит, когда происходит одно ЧП или больше из совокупности $E_1, E_2, \dots, E_n$
4		Элемент НЕ для взаимно исключающих друг друга ЧП. ЧП A происходит, когда происходит одно и только одно ЧП из совокупности $E_1, E_2, \dots, E_n$
5		Элемент И. ЧП A происходит, если имеют место все ЧП $E_1, E_2, \dots, E_n$
7		Разветвление простое. Если ξ_i — индикатор ЧП, то $A_1 = E + \xi_1$, $A_2 = E + \xi_2$

Метод потенциальных отклонений (МПО) - процедура искусственного создания отклонений с помощью ключевых слов. Этим методом анализируют опасности герметичных процессов и систем. Наибольшее распространение он получил в химической промышленности. АОМПО обычно предшествует ПАО.

После того как с помощью ПАО были установлены источники опасностей (системы, ЧП), необходимо выявить те отклонения, которые могут привести к этим ЧП. Для этого разбивают технологический процесс или герметичную систему на составные части и, создавая с помощью ключевых слов (табл. 5.5.) отклонения, систематично изучают их потенциальные причины и те последствия, к которым они могут привести на практике. Для проведения анализа необходимо иметь: проектную документацию на стадии проектирования; алгоритм анализа, который позволяет исследовать один за другим все компоненты (например, рис. 5.12); набор ключевых слов (см. табл. 5.5), с помощью которых выявляют ненормальный режим работы компонента.

Рассмотрим герметичный объект, в котором химические вещества L и B вступают в реакцию, чтобы образовать продукт C (рис. 5.13). Допустим, что потенциальным ЧП является взрыв, происходящий тогда, когда концентрация C_A вещества A превысит концентрацию C_B вещества B в емкости 1 . Следуя пункту 3 (см. рис. 5.12), выбираем для рассмотрения трубопровод $2-1$. Его предназначение - транспортировать вещество B из сосуда 2 в сосуд 1 . Используя первое ключевое слово в первой строке табл. 5.5, создаем отклонение: трубопровод НЕ транспортирует вещество B из сосуда 2 в сосуд 1 . Нет подачи вещества B в

емкость 1. Используя чертеж-схему движения веществ, устанавливаем потенциальные причины этого события: в питающем резервуаре 2 не осталось вещества В; отказал насос 3 подачи вещества В [а) испортилась электрическая часть; б) испортилась механическая часть; в) кто-то выключил насос и т. д.]; произошла разгерметизация трубопровода; вещество В не проходит через вентиль 4.

Последствие отклонения: через некоторое время после прекращения подачи вещества В концентрация C_A превысит C_B и произойдет взрыв.

Табл. 5 – Ключевые слова для АОМПО

Ключевые слова	Их значение (смысл)	Комментарий
НЕ или НЕТ (никакой или совсем не)	Полное отрицание предназначения используемого объекта или какой-либо его функции	Предназначение (запланированная функция) ни в какой мере не реализуется, но ничего кроме этого не происходит
ЕЩЕ БОЛЕЕ (в большей степени), ЕЩЕ МЕНЕЕ (в меньшей степени)	Количественное увеличение или количественное уменьшение	Эти ключевые слова относят к тому, что можно характеризовать количественно (например, расход жидкости, температура или такие понятия, как подогрев, реакция и т. д.)
НЕ ТОЛЬКО, НО ТАКЖЕ	Качественное увеличение	Все запланированные функции, операции достигнуты и осуществляются. Однако в дополнение к ним кое-что еще находит свое место (появляются новые функции, операции)
ЧАСТИЧНО (ОТЧАСТИ)	Качественное уменьшение	Достигнуто осуществление только некоторых запланированных функций; некоторые функции не осуществляются
РЕВЕРС, ПЕРЕМЕНА НАПРАВЛЕНИЯ (движение в обратном направлении)	Логическая противоположность предназначенной функции	Относится ко многим функциям (например, обратный поток, противоток). Может применяться к веществам (например, яд вместо противоядия)
ДРУГОЙ ЧЕМ	Полная замена предназначения исследуемого объекта	Ни одна из запланированных функций не осуществлена. Происходит что-то совсем другое

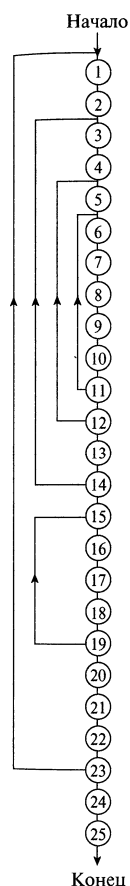


Рис. 5.12. Алгоритм анализа опасностей методом потенциальных отклонений:

1 - выбрать сосуд; 2 - объяснить общее предназначение сосуда и его трубопроводов; 3 - выбрать трубопровод; 4 - объяснить предназначение выбранного трубопровода; 5 - использовать ключевые слова из 1-й строки табл. 5 для создания отклонения; 6 - теоретически развить имеющее смысл отклонение; 7 - исследовать причины (события), которые могут на практике привести к созданному отклонению; 8 - исследовать последствия от созданного отклонения; 9 - выявить опасности; 10 - провести необходимую регистрацию проделанной работы; 11 - повторить шаги 6...10 для всех имеющих смысл отклонений, образованных ключевыми словами 1-й строки табл.; 12 - повторить шаги 5...11 для ключевых слов всех других строк табл.; 13 - поставить на трубопроводе отметку «Исследовано»; 14 - повторить шаги 3...13 для каждого трубопровода; 15 - выбрать компонент, систему или какую-либо их часть; 16 - объяснить предназначение выбранного объекта; 17 - повторить шаги 5...12 для выбранного объекта; 18 - поставить на объекте отметку «Исследовано»; 19 - повторить шаги 7...18 для всех других объектов, компонентов, систем; 20 - объяснить предназначение сосуда; 21 - повторить шаги 5...12; 22 - поставить на сосуде отметку «Исследовано»; 23 - повторить шаги 1...22 для всех сосудов на данном чертеже; 24 - поставить на чертеже отметку «Исследовано»; 25 - выполнить шаги 7...24 на других чертежах

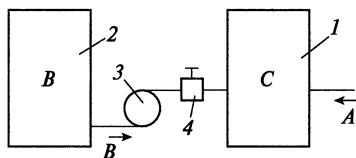


Рис. 5.13. Схема взаимодействия химических веществ (пример)

Таким образом, на стадии проектирования на участке 2-1 вскрыты опасности. Предстоит разработка предупредительных мероприятий, например аварийной сигнализации, оповещающей о прекращении подачи вещества B в емкость 1, и правил безопасной эксплуатации рассмотренного участка.

Был получен результат во время применения первого ключевого слова. Тем не менее к участку 2 - 1 должны быть последовательно применены все последующие ключевые слова. Только после окончания такой процедуры выявления опасностей можно переходить к следующему участку.

3. Количественный анализ опасностей

Функция опасности для системы ЧМС. При анализе опасностей сложные системы разбивают на множество подсистем. Подсистемой называют часть системы, которую выделяют по определенному признаку, отвечающему конкретным целям и задачам функционирования системы (например, подсистема управления безопасностью труда). В рамках этих задач подсистема может рассматриваться как самостоятельная система. Таким образом, иерархическая структура сложной системы такая, что позволяет ее разбивать на подсистемы различных уровней, причем подсистемы низших уровней входят составными частями в подсистемы высших уровней. Подсистемы, в свою очередь, состоят из компонентов - частей системы, которые рассматриваются без дальнейшего членения как единое целое.

Таблица 5.6. Форма для планирования предупредительных мероприятий

Первая стадия: регистрация					
Рассматриваемые предупредительные мероприятия	Стадия внедрения мероприятий (что внедряется)	Объекты внедрения	Срок внедрения	Ответственный	Ожидаемая стоимость
.....					
Вторая стадия: проверка					
Дата		Стадия внедрения мероприятий (что внедрено)		Результаты внедрения или причины, помешавшие внедрению	
.....					

Систему ЧМС, состоящую из компонентов Q_1, Q_2, Q_n (рис. 5.14), будем обозначать в виде вектора системы $Q - (Q_1, Q_2, ..., Q_n)$. Отклонение компонента Q_i от нормального функционирования (отказ, авария) есть ЧП E_i . ЧП $E_i (i= 1, n)$ ведут к ненормальному

функционированию системы Q , составляющему суть ЧП E . Логический анализ внутренней структуры системы ЧМС и определение вероятности ЧП E как функции отдельных ЧП E_i являются одной из задач анализа опасностей. Чтобы определить эту функцию, введем индикаторы ЧП ξ и ξ_i , $i = 1, n$, которые могут принимать только два значения 1 и 0. Будем полагать, что если ЧП E_i , относящееся к компоненту Q_i произошло, то $\xi_i = 1$, а если не произошло, то $\xi_i = 0$, т. е. произошло ЧП E_i . Тогда для системы Q наступление ЧП E соответствует $\xi = 1$, а наступление ЧП E означает $\xi = 0$. Иначе говоря, имеем вектор индикаторов ЧП

$$\xi_* = (\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n)$$

и следующие соотношения

$$\left. \begin{aligned} E_i &\rightarrow \xi_i = 1 \\ \bar{E}_i &\rightarrow \xi_i = 0 \\ E &\rightarrow \xi = 1 \\ \bar{E} &\rightarrow \xi = 0 \end{aligned} \right\} \quad (5.1)$$

Если ЧП E наступает с вероятностью p_i , то, как следует из соотношений (1), с этой же вероятностью индикатор ЧП ξ_i принимает значение 1. Поэтому справедливы следующие зависимости:

$$\left. \begin{aligned} p_i &= P\{E_i\} = P\{\xi_i = 1\} \\ q_i &= P\{\bar{E}_i\} = P\{\xi_i = 0\} = 1 - p_i \\ p &= P\{E\} = P\{\xi = 1\} \\ q &= P\{\bar{E}\} = P\{\xi = 0\} = 1 - p. \end{aligned} \right\} \quad (5.2)$$

Логический анализ функционирования системы ЧМС позволяет записать логическую и индикаторную функции системы:

$$E = F(E_1, E_2, \dots, E_n), \quad (5.3)$$

$$\xi = F_\xi(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n). \quad (5.4)$$

Применяя правила теории вероятностей, находят вероятность ЧП в виде так называемой *функции опасности*:

$$p = F_p(p_1, p_2, \dots, p_n). \quad (5.5)$$

Таким образом, состояние системы ЧМС описывается: вектором системы $Q = (Q_1, Q_2, \dots, Q_n)$, вектором индикаторов ЧП $\xi_* = (\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n)$, логической функцией системы $E = F(E_1, E_2, \dots, E_n)$, индикаторной функцией системы $\xi = F_\xi(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n)$, функцией опасности $p = F_p(p_1, p_2, \dots, p_n)$.

На практике часто индикатор и событие обозначают одной и той же буквой, так как это делалось в предыдущих параграфах.

Предположим, что анализ опасностей проводится для таких пространственно крупных систем, как цех или завод. Тогда в большинстве случаев выявленные источники опасностей могут рассматриваться как точечные. Их местоположение можно задать с помощью системы координат. Кроме того, можно допустить, что опасность достаточно полно характеризуется значениями вероятностей ЧП. Эти вероятности можно условно называть «зарядами» опасностей. Заряды опасностей можно связать с системой координат, как, например, показано на рис. 5.14, и считать, что они создают вокруг себя поле опасности, напряженность которого характеризуется вероятностью наступления n -ЧП. Это позволит не только

установить границы опасной зоны, но и произвести ее разметку в зависимости от степени опасности.

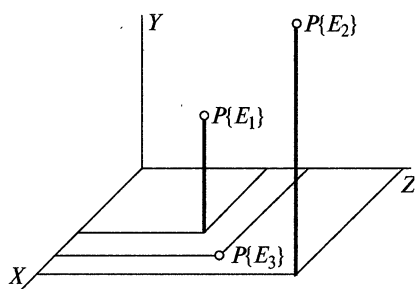


Рис. 5.14.

Описание опасности с помощью «зарядов»:

Подсистемы и ЧП ИЛИ, И. Подсистемой ИЛИ называют часть системы ЧМС, компоненты которой соединены последовательно (рис. 5.15). Отказ подсистемы есть ЧП ИЛИ. К ЧП ИЛИ приводит отказ любого компонента подсистемы.

Будем обозначать отказы теми же буквами, что и компоненты. Если E_j - отказу j -го компонента (компонент E_j), то ЧП ИЛИ есть событие:

$$E = E_1 + E_2 + \dots + E_m = \sum_{j=1, m}^{\wedge} E_j ,$$

где m - число компонентов.

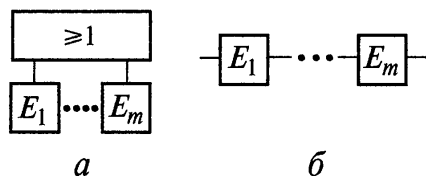


Рис. 5.15. Символическое изображение подсистемы ИЛИ:

a - графический символ; $б$ - развернутая схема

В силу логических законов двойственности отсутствие ЧП ИЛИ есть событие

$$\bar{E} = \prod_{j=1, m}^{\wedge} \bar{E}_j . \quad (5.6)$$

Если отказы компонентов можно рассматривать как взаимно независимые, то соотношения позволяют найти вероятность ЧП ИЛИ:

$$P\left\{\sum_{j=1, m}^{\wedge} E_j\right\} = 1 - P\left\{\prod_{j=1, m}^{\wedge} \bar{E}_j\right\} = 1 - P\left\{\prod_{j=1, m}^{\wedge} \bar{E}_j\right\} = 1 - \prod_{j=1}^m (1 - P\{E_j\}) \quad (5.7)$$

Для равновероятных отказов

$$P\{E_j\} = p, \quad (j = 1, 2, \dots, m) \quad (5.8)$$

и вероятность ЧП ИЛИ

$$P\{E\} = 1 - (1 - p)^m . \quad (5.9)$$

Последнее выражение свидетельствует о высокой вероятности ЧП в случае сложных систем. Например, при вероятности отказа компонента $p = 0,1$ подсистема ИЛИ, состоящая из десяти компонентов ($m = 10$), имеет вероятность того, что ЧП ИЛИ не произойдет, равную $(1 - 0,1)^{10} \approx 0,35$.

Используя разложения в ряд, можно получить полезные выражения, которые упрощают вычисления:

$$\left. \begin{aligned} P\{E\} &\approx 1 - \exp(-pt) \\ P\{\bar{E}\} &\approx \exp(-pt) \end{aligned} \right\} \quad \text{при } p < 0,1,$$

$$\left. \begin{aligned} P\{E\} &\approx pt \\ P\{\bar{E}\} &\approx 1 - pt \end{aligned} \right\} \quad \text{при } pt < 0,1.$$

Подсистемой И называют ту часть системы ЧМС, компоненты которой соединены параллельно (рис. 5.1). Отказ этой подсистемы есть ЧПИ. КЧП И приводит отказ всех компонентов подсистемы:

$$E = E_1 E_2 \dots E_m = \prod_{j=1, m}^{\wedge} E_j \quad (5.10)$$

Если отказы компонентов можно считать взаимно независимыми, то вероятность ЧП И

$$P\{E\} = \prod_{j=1}^m P\{E_j\} \quad (5.11)$$

К понятию подсистемы И в машиностроении приводит операция резервирования, которую применяют, когда необходимо достичь высокой надежности системы (например, если имеется опасность аварии).

С точки зрения анализа опасностей, можно сделать следующие обобщения.

1. Любые действия персонала, операции, устройства, которые с точки зрения безопасности выполняют одни и те же функции в системе ЧМС, могут считаться соединенными параллельно.

2. Любые действия персонала, операции, устройства, каждое из которых необходимо для предотвращения ЧП (например, аварии или несчастного случая), должны рассматриваться как соединенные последовательно.

3. Для уменьшения опасности системы ЧМС обычно добавляют резервирование, учитывая при этом затраты.

Приведем примеры. Пусть защитное устройство пилы устраняет 95 %, а инструкция по технике безопасности 98 % несчастных случаев. В определенном смысле это - параллельные мероприятия (компоненты) по решению одной и той же проблемы. Следовательно, если они независимы, результирующая вероятность несчастного случая находится как для подсистемы И и будет равна 0,001.

Аналогично, если возгорание может произойти как от неосмотрительного курения, так и вследствие электростатического разряда, то предотвращение этих двух причин надо рассматривать как последовательные компоненты.

Подсистемой И - ИЛИ называют ту часть системы ЧМС, которая соединяет подсистемы ИЛИ в подсистему И. Отказ подсистемы И - ИЛИ есть ЧПИ - ИЛИ. На рис. 5.16 параллельно соединенные компоненты $E_i (i = 1, 2, \dots, m)$, образующие подсистему И, представляют собой подсистемы ИЛИ, состоящие из последовательно соединенных компонентов $E_{ij} (j = 1, 2, \dots, n_i)$.

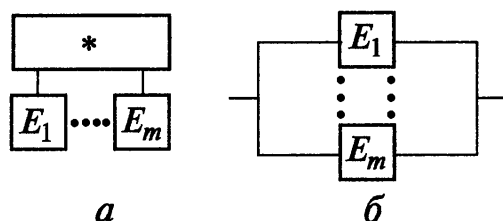


Рис. 5.16. Символическое изображение подсистемы И: а - графический символ; б - развернутая схема

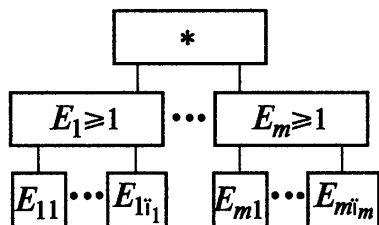


Рис. 5.17. Символическое представление подсистемы И - ИЛИ

По формуле (7) вероятность отказа 1-й подсистемы ИЛИ

$$P\{E_i\} = 1 - \prod_{j=1}^{n_i} (1 - P\{E_{ij}\}) . \quad (5.12)$$

Учитывая соотношение (11), находим вероятность ЧИП ИЛИ:

$$P\{E\} = \prod_{i=1}^m \left[1 - \prod_{j=1}^{n_i} (1 - P\{E_{ij}\}) \right] \quad (5.13)$$

Подсистемой ИЛИ - И в системе ЧМС называют подсистемы И, соединенные в подсистему ИЛИ. На рис. 5.18 последовательно соединенные компоненты E_i ($i = 1, 2, \dots, m$), образующие подсистему ИЛИ, представляют собой подсистемы И из параллельно соединенных компонентов E_{ij} ($j = 1, 2, \dots, n_i$).

С учетом формулы (11) вероятность отказа i -й подсистемы И

$$P\{E_i\} = \prod_{j=1}^{n_i} P\{E_{ij}\} \quad (5.14)$$

Используя соотношение (7), находим вероятность ЧП ИЛИ-И

$$P\{E\} = 1 - \prod_{i=1}^m \left[1 - \prod_{j=1}^{n_i} P\{E_{ij}\} \right] \quad (5.15)$$

Численный анализ риска. Следует различать техногенный риск при наличии источника опасности и риск при наличии источника, оказывающего вредное воздействие на здоровье. Источник травмоопасности потенциально обладает повреждающими факторами, которые воздействуют на организм или окружающую среду в течение относительно короткого отрезка времени. Что касается источника, характеризующегося вредными факторами, то принято считать, что он воздействует на объект в течение достаточно длительного времени.

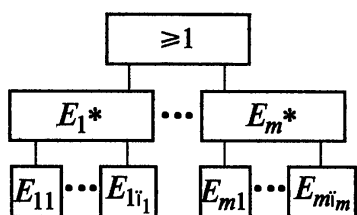


Рис. 5.18. Символическое представление подсистемы ИЛИ - И

Когда последствия неизвестны, то под риском обычно понимают просто вероятность наступления определенного сочетания нежелательных событий.

При наличии n источников опасности для нахождения риска можно использовать принцип суперпозиции

$$R(r) = \sum_{i=1}^n R_i(r) \quad (5.16)$$

где $R(r)$ - риск при i -м источнике опасности.

При определении индивидуального риска необходимо учитывать частоту появления персонала и время их пребывания в заданном месте. Однако на практике индивидуальный риск обычно рассчитывают для гипотетического индивидуума, постоянно находящегося в

заданном месте. Таким образом, индивидуальный риск отражает характеристику опасности технической установки вне зависимости от поведения персонала. Как правило, индивидуальный риск уменьшается с увеличением расстояния от технической установки и в заданном месте может быть изображен в виде кривых изорисков.

Для выполнения условий травмобезопасности может потребоваться внесение изменений в следующие компоненты, управляющие риском: конструкторские решения; аварийные методики; учебные, тренировочные программы, программы по переподготовке; руководство по эксплуатации; нормативные документы; программы по безопасности.

Анализ риска, обусловленного наличием источника вредного действия, состоит из этапа оценки риска, сопровождаемого исследованиями, и этапа управления риском. На этапе оценки устанавливают, какие последствия вызывают разные дозы и в разных условиях в данном коллективе. На этапе управления риском анализируют разные альтернативы и выбирают наиболее подходящие управляющие воздействия.

Анализ риска различных систем ЧМС обычно заканчивают процедурой ранжирования. Упрощенно ранжирование рисков можно провести в зависимости от тяжести повреждения и частоты ЧП. В табл. 5.7 дан возможный вариант качественной оценки тяжести повреждений, а в табл. 5.8 показано, как можно классифицировать частоту потенциальных ЧП. Из этих таблиц следует, что если в результате анализа опасностей ЧП отнесено по тяжести потенциального повреждения к категории 1 (катастрофическое), а частота ЧП отмечена классом А (частое), то усилия должны быть сосредоточены на устранении опасности конструкторскими мерами. Если потенциальное ЧП имеет категорию 1 тяжести повреждения, то класс частоты ЧП должен быть Е, а при классе частоты А должна быть категория тяжести 4, тогда величина риска не будет большой. Эта точка зрения ведет к допущению того факта, что вероятность ЧП приемлемого риска обратно пропорциональна тяжести повреждения.

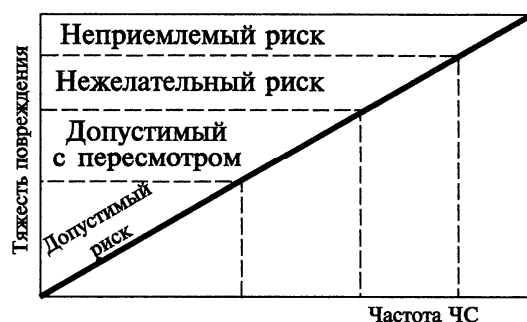
Таблица 5.7 – Категории тяжести повреждений

Тяжесть повреждения	Категория	Описание потенциального ЧП
Катастрофическая	1-я	Несчастный случай с летальным исходом или повреждение системы, исключающее восстановление
Критическая	2-я	Несчастный случай с тяжелым исходом или значительный ущерб собственности или окружающей среды
Ощутимая	3-я	Несчастный случай или ущерб собственности или окружающей среды
Пренебрежимая	4-я	ЧП при небольшом повреждении организма или собственности или окружающей среды

Таблица 5.8 – Классы частоты потенциальных ЧП

Характеристика ЧП по частоте	Класс	Описание потенциального ЧП
Частое	А	Может происходить часто
Вероятное	В	Может происходить несколько раз в течение жизненного цикла системы ЧМС
Возможное	С	Возможно будет иметь место
Допустимое	Д	Невозможное, но полностью исключить из рассмотрения нельзя
Нулевое	Е	Настолько невероятно, что может быть исключено из рассмотрения

Рис. 5.19. Классификация риска в зависимости от тяжести повреждения и частоты ЧП



Используя частоту потенциальных ЧП и тяжесть повреждения, можно ранжировать риски так, как показано в табл. 5.9, которая иллюстрируется рис. 5.19.

Таблица 9 – Ранжирование рисков

Характеристика и класс частоты ЧП		Категория и тяжесть повреждения			
		1-я — катастрофическое	2-я — критическое	3-я — ошутимое	4-я — пренебрежимое
Частое	A	1A	2A	3A	4A
Вероятное	B	1B	2B	3B	4B
Возможное	C	1C	2C	3C	4C
Допустимое	D	1D	2D	3D	4D
Нулевое	E	1E	2E	3E	4E
Классификация риска:				Ранжирование риска:	
1A, 1B, 1C, 2A, 2B, 3A 1D, 2C, 2D, 3B, 3C 1E, 2E, 3D, 3E, 4A, 4B 4C, 4D, 4E				Неприемлем Нежелателен Допустим с пересмотром Допустим	

Управление техническим риском (УТР) - процесс, в результате которого принимаются решения о согласии с известным риском или о необходимости устранения опасности и смягчения последствий. Методы УТР основаны на инженерных знаниях и могут в качестве Своей цели ставить, например, задачу повышения надежности системы.

1.6 Лекция № 6, 7 (2 часа).

Тема: «Инженерно-технические средства снижения травмоопасности и вредного воздействия технических систем»

1.6.1 Вопросы лекции:

1. Защита от механического травмирования.
2. Защита от энергического воздействия.
 - 2.1. Защита от вибрации.
 - 2.2. Защита от шума.
 - 2.3. Защита от электромагнитных полей и излучений.
 - 2.4. Защита от ионизирующих излучений.
 - 2.5. Защита при эксплуатации ПЭВМ.
3. Защита от поражения электрическим током.
4. Защита от статического электричества.

1.6.2 Краткое содержание вопросов:

1. Защита от механического травмирования

К средствам защиты от механического травмирования относятся предохранительные, тормозные, оградительные устройства, средства автоматического контроля и сигнализации, знаки безопасности, системы дистанционного управления. Системы дистанционного управления и автоматические сигнализаторы на опасную концентрацию паров, газов, пыли применяют чаще всего во взрывоопасных производствах и производствах с выделением в воздух рабочей зоны токсичных веществ.

Предохранительные защитные средства предназначены для автоматического отключения агрегатов и машин при отклонении какого-либо параметра, характеризующего режим работы оборудования, за пределы допустимых значений. Таким образом, при аварийных режимах (увеличении давления, температуры, рабочих скоростей, силы тока, крутящих моментов и т. п.) исключается возможность взрывов, поломок, воспламенений. В соответствии с ГОСТ 12.4.125—83 предохранительные устройства по характеру действия бывают блокировочными и ограничительными.

Блокировочные устройства по принципу действия подразделяют на механические, электронные, электрические, электромагнитные, пневматические, гидравлические, оптические, магнитные и комбинированные.

Ограничительные устройства по конструктивному исполнению подразделяют на муфты, штифты, клапаны, шпонки, мембраны, пружины, сильфоны и шайбы.

Блокировочные устройства препятствуют проникновению человека в опасную зону либо во время пребывания его в этой зоне устраняют опасный фактор.

Особенно большое значение этим видам средств защиты придается на рабочих местах агрегатов и машин, не имеющих ограждений, а также там, где работа может вестись при снятом или открытом ограждении.

Механическая блокировка представляет собой систему, обеспечивающую связь между ограждением и тормозным (пусковым) устройством. При снятом ограждении агрегат невозможно растормозить, а следовательно, и пустить его в ход (рисунок 1).

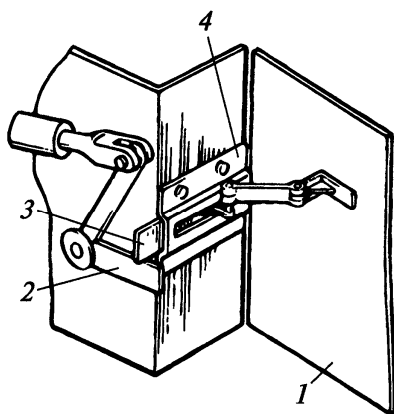


Рисунок 1 - Схема механической блокировки:

1 - ограждение; 2 - рычаг тормоза; 3 - запорная планка; 4 направляющая

Электрическую блокировку применяют на электроустановках с напряжением от 500 В и выше, а также на различных видах технологического оборудования с электроприводом. Она обеспечивает включение оборудования только при наличии ограждения. Электромагнитную (радиочастотную) блокировку применяют для предотвращения попадания человека в опасную зону. Если это происходит, высокочастотный генератор подает импульс тока к электромагнитному усилителю и поляризованному реле. Контакты электромагнитного реле обесточивают схему магнитного пускателя, что обеспечивает электромагнитное торможение привода за десятые доли секунды. Аналогично работает магнитная блокировка, использующая постоянное магнитное поле. Оптическая блокировка находит применение в кузнечно-прессовых и механических цехах машиностроительных заводов. Световой луч, попадающий на фотозащитный элемент, обеспечивает постоянное протекание тока в обмотке блокировочного электромагнита. Если в момент нажатия педали в рабочей (опасной) зоне штампа окажется рука рабочего, падение светового тока на фотозащитный элемент прекращается, обмотки блокировочного магнита обесточиваются, его якорь под действием пружины выдвигается и включение пресса педалью становится невозможным.

Электронную (радиационную) блокировку применяют для защиты в опасных зонах на прессах, гильотинных ножницах и других видах технологического оборудования, применяемого в машиностроении.

Пневматическая схема блокировки широко применяется в агрегатах, где рабочие тела находятся под повышенным давлением: турбинах, компрессорах, воздухоудках и т. д. Ее основным преимуществом является малая инерционность.

Примерами ограничительных устройств являются элементы механизмов и машин, рассчитанные на разрушение (или несрабатывание) при перегрузках.

Тормозные устройства подразделяют: по конструктивному исполнению — на колодочные, дисковые, конические и клиновые; по способу срабатывания — на ручные, автоматические и полуавтоматические; по принципу действия — на механические, электромагнитные, пневматические, гидравлические и комбинированные; по назначению — на рабочие, резервные, стояночные и экстренного торможения.

Оградительные устройства — класс средств защиты, препятствующих попаданию человека в опасную зону. Оградительные устройства применяют для изоляции систем привода машин и агрегатов, зоны обработки заготовок на станках, прессах, штампах, оголенных токоведущих частей, зон интенсивных излучений (тепловых, электромагнитных, ионизирующих), зон выделения вредных веществ, загрязняющих воздушную среду, и т. п. Ограждают также рабочие зоны, расположенные на высоте (леса и т. п.).

Конструктивные решения оградительных устройств весьма разнообразны. Они зависят от вида оборудования, расположения человека в рабочей зоне, специфики опасных и вредных факторов, сопровождающих технологический процесс. В соответствии с ГОСТ 12.4.125—83, классифицирующим средства защиты от механического травмирования, оградительные устройства подразделяют: по конструктивному исполнению — на кожухи, дверцы, щиты, козырьки, планки, барьеры и экраны; по способу изготовления — на сплошные, несплошные (перфорированные, сетчатые, решетчатые) и комбинированные; по способу установки — на стационарные и передвижные. Примерами полного стационарного ограждения служат ограждения распределительных устройств электрооборудования, кожуха галтовочных барабанов, корпуса электродвигателей, насосов и т. п.; частичного — ограждения фрез или рабочей зоны станка.

Возможно применение подвижного (съёмного) ограждения. Оно представляет собой устройство, сблокированное с рабочими органами механизма или машины, вследствие чего закрывается доступ в рабочую зону при наступлении опасного момента. Особенно широкое распространение получили такие ограничительные устройства в станкостроении (например, в станках с ЧПУ ОФЗ—36).

Переносные ограждения являются временными. Их используют при ремонтных и наладочных работах для защиты от случайных прикосновений к токоведущим частям, а также от механических травм и ожогов.

2. Защита от энергетического воздействия

При решении задач защиты от энергетических воздействий выделяют источник, приемник энергии и защитное устройство, которое уменьшает до допустимых уровней поток энергии к приемнику.

Защитное устройство обладает способностями отражать, поглощать, быть прозрачным по отношению к потоку энергии и характеризуется энергетическими коэффициентами поглощения, отражения, коэффициентом передачи. Поэтому можно выделить следующие принципы защиты:

- 1) защита осуществляется за счет отражательной способности защитных устройств;
- 2) защита осуществляется за счет поглощательной способности защитного устройства;
- 3) защита осуществляется с учетом свойств прозрачности защитных устройств.

2.1. Защита от вибрации

В общем случае в фундаментах могут возникать колебания вдоль вертикальной оси, колебания, связанные со сдвиговыми деформациями, и крутильные колебания вдоль вертикальной оси, что определяется характером неуравновешенных сил и крутящих моментов, сопровождающих работу оборудования.

Для исключения воздействия вибраций на окружающую среду необходимо принимать меры по снижению вибраций прежде всего в источнике возникновения, а в тех случаях, когда это невозможно, ослаблять ее на путях распространения.

Борьба с вибрацией в источнике производится как на этапе проектирования, так и при эксплуатации. При создании машин и технологического оборудования предпочтение должно отдаваться таким кинематическим и технологическим схемам, при которых динамические процессы, вызванные ударами, резкими ускорениями и т. п., были бы исключены или предельно снижены. Так, замена кулачковых и кривошипных механизмов равномерно вращающимися (в частности, эксцентриками) в значительной мере способствует снижению вибраций. К тому же приводит заменаковки и штамповки прессованием; ударной правки - вальцовкой; пневматической клепки и чеканки - гидравлической клепкой и электросваркой. Для снижения уровня вибрации редукторов инженерного оборудования жилых зданий целесообразно применение шестерен со специальными видами зацеплений - глобоидным, шевронным, душеvronным, конхоидальным вместо обычных шестерен с прямым зубом. Большое значение при этом имеет повышение класса точности обработки и чистоты поверхности шестерен. С этой же целью производят подбор зубчатых пар, что позволяет дополнительно снизить уровень вибраций на 3-4 дБ.

Причиной низкочастотных вибраций насосов, компрессоров, двигателей является неуравновешенность вращающихся элементов (роторов).

Для снижения уровня вибрации, возникающей вследствие дисбаланса при монтаже и эксплуатации оборудования, должна применяться балансировка неуравновешенных роторов колес лопаточных машин, валов двигателей и т. п.

В тех случаях, когда не удастся снизить вибрации в источнике возникновения, необходимо применять методы снижения вибрации на путях распространения: виброгашение, виброизоляцию или вибродемпфирование.

Виброгашение связано с увеличением реактивной части импеданса колебательной системы. Применительно к проблеме защиты окружающей среды виброгашение преимущественно реализуется за счет увеличения эффективной жесткости и массы корпуса машин или станин станков путем крепления их в единую замкнутую систему с фундаментом с помощью анкерных болтов или цементной подливки. Это приводит к снижению виброактивности колебательной системы, а следовательно, к ослаблению воздействия на окружающую среду. С этой же целью относительно малогабаритное инженерное оборудование жилых зданий (вентиляторы, насосы) устанавливаются на опорные плиты и виброгасящие основания. Расчет фундаментных блоков производится по специальным методикам. Проектирование оснований зданий и сооружений ведется в соответствии с руководством.

Виброизоляция. Существенный недостаток традиционных методов установки оборудования на виброгасящие основания в современных условиях заключается в больших затратах времени на изготовление индивидуальных фундаментов и неизбежной порче дорогостоящих покрытий пола. Поэтому широкое распространение получила установка оборудования без фундаментов и анкерного крепления агрегатов непосредственно на упругих виброизолирующих опорах.

В качестве виброизоляторов повсеместно используются резиновые или пластмассовые прокладки, одиночные или составные цилиндрические пружины, листовые рессоры, комбинированные виброизоляторы (пружинно-резиновые, пружинно-пластмассовые, пружинно-рессорные) и пневматические виброизоляторы («воздушные подушки»).

Виброизолирующие резиновые прокладки выполняют обычно дырчатыми или сребренными, так как резина не склонна к объемной деформации.

2.2. Защита от шума

В соответствии с ГОСТ 12.1.029—80 средства и методы защиты от шума по отношению к защищаемому объекту классифицируются следующим образом: средства и методы коллективной защиты; средства индивидуальной защиты.

Средства коллективной защиты по отношению к источнику возбуждения шума подразделяются на:

- средства, снижающие шум в источнике его возникновения;
- средства, снижающие шум на пути его распространения от источника до защищаемого объекта.

Средства, снижающие шум в источнике его возникновения, в зависимости от характера образования шума подразделяются на:

- средства, снижающие шум вибрационного (механического) происхождения;
- средства, снижающие шум аэродинамического происхождения;
- средства, снижающие шум электромагнитного происхождения;
- средства, снижающие шум гидродинамического происхождения.

Средства, снижающие шум на пути его распространения, в зависимости от среды подразделяются на:

- средства, снижающие передачу воздушного шума;
- средства, снижающие передачу структурного шума.

Средства и методы коллективной защиты от шума в зависимости от способа реализации подразделяются на:

- акустические средства;
- архитектурно-планировочные;
- организационно-технические.

Акустические средства защиты от шума в зависимости от принципа действия классифицируются на:

- средства звукоизоляции;
- средства звукопоглощения;
- средства виброизоляции;
- средства демпфирования;
- глушители шума.

Средства звукоизоляции в зависимости от конструкции подразделяются на:

- звукоизолирующие ограждения зданий и помещений;
- звукоизолирующие кожухи;
- звукоизолирующие кабины;
- акустические экраны, выгородки.

Например, установки, излучающие значительный шум, следует изолировать кожухами или перегородками. Если по условиям эксплуатации машину, излучающую шум, изолировать нельзя, то для обслуживающего персонала необходимо построить специальную звукоизолирующую кабину или экран, обеспечивающие защиту от шума и пригодные для наблюдения за ходом технологического процесса.

Средства звукопоглощения в зависимости от конструкции подразделяются на:

- звукопоглощающие облицовки;
- объемные (штучные) поглотители звука.

Средства виброизоляции в зависимости от конструкции подразделяются на:

- виброизолирующие опоры;
- упругие прокладки;
- конструкционные разрывы.

Глушители шума в зависимости от принципа действия подразделяются на:

- абсорбционные;
- реактивные (рефлексные);
- комбинированные.

Архитектурно-планировочные методы защиты от шума включают в себя:

- рациональные акустические решения планировок зданий и генеральных планов объектов;

- рациональное размещение технологического оборудования, машин и механизмов (при внутренней планировке производственного здания следует придерживаться принципа объединения шумных производственных участков, станков и машин; группы машин, производящие наибольший шум, должны быть максимально удалены от рабочих мест, требующих умственного напряжения, или помещений, отведенных для отдыха) рациональное размещение рабочих мест;

- рациональное акустическое планирование зон и режима движения транспортных средств и транспортных потоков;

- создание шумозащищенных зон в различных местах нахождения человека.

Организационно-технические методы защиты от шума включают в себя:

- применение малозумных технологических процессов (изменение технологии производства, способа обработки и транспортирования материала и др.);

- оснащение шумных машин средствами дистанционного управления и автоматического контроля;

- применение малозумных машин, изменение конструктивных элементов машин, их сборочных единиц;

- совершенствование технологии ремонта и обслуживания машин;

- использование рациональных режимов труда и отдыха работников на шумных предприятиях.

Все способы модернизации оборудования, уменьшающие уровни шума, указать невозможно, их очень много. Они определяются типом оборудования, требованиями к величине допускаемого уровня шума на рабочих участках, производственными возможностями и т. п. В частности, сюда могут быть отнесены:

а) изменение упругости или массы отдельных конструктивных элементов машин с целью изменения собственных частот колебаний, что даст возможность вывода их из состояния резонанса;

б) обеспечение плотного прилегания в местах связи сопрягаемых деталей путем использования амортизирующих материалов, таких ; резина, асбест, картон, пробка и т. п., или пружинных амортизаторов, а также применения рациональных способов крепления отдельных элементов к корпусу машины;

в) замена металлов материалами типа пластмассы, текстолита, фибролита и т. п., хромирование, а также покрытие поверхности деталей различного рода лаками и красками;

г) покрытие вибрирующих со значительной амплитудой поверхностей оборудования демпфирующими материалами с большими коэффициентами внутреннего трения — битумом, резиной, толем, фетром, асбестом, специальными мастиками при условии плотного их прилегания к вибрирующей поверхности. Модернизация оборудования, как правило, увеличивает срок службы машин и улучшает их технико-эксплуатационные данные.

Средства индивидуальной защиты человека от шума в зависимости от конструктивного исполнения подразделяются на:

- противошумные наушники, закрывающие ушную раковину снаружи;
- противошумные вкладыши, перекрывающие наружный слуховой проход или прилегающие к нему;
- противошумные шлемы и каски;
- противошумные костюмы.

Применение средств индивидуальной защиты от интенсивных шумов является эффективным, если они рационально выбраны и систематически используются.

2.3. Защита от электромагнитных полей и излучений

Общими методами защиты от электромагнитных полей и излучений являются следующие:

- уменьшение мощности генерирования поля и излучения непосредственно в его источнике, в частности за счет применения поглотителей электромагнитной энергии (этот метод применим, если генерируется энергия, избыточная для реализации технологического процесса или устройства);

- увеличение расстояния от источника излучения;
- уменьшение времени пребывания в поле и под воздействием излучения;
- экранирование излучения;
- применение средств индивидуальной защиты.

Классификация методов и средств защиты от переменных электромагнитных полей и излучений представлена на рисунке 2.

Уменьшение мощности излучения обеспечивается правильным выбором генератора (мощность генератора целесообразно выбирать не более той, которая



Рисунок 2 - Классификация методов и средств защиты от переменных электромагнитных полей и излучений

необходима для реализации технологического процесса и работы устройства). В тех случаях, когда необходимо уменьшить мощность излучения генератора, для излучений радиочастотного диапазона применяют поглотители мощности, которые ослабляют энергию излучения до необходимой степени на пути от генератора к излучающему устройству.

Поглотители мощности бывают коаксиальные и волноводные. Поглотителем энергии служат специальные вставки из графита или материалов углеродистого состава, а также специальные диэлектрики.

Предельные безопасные параметры электромагнитных колебаний и режим труда при обслуживании электроустановок приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Гигиенические нормы воздействия на человека электрического поля промышленной частоты (извлечение из ГОСТ 12.1.002 – 75)

Напряжённость электрического поля, кВ/м Время пребывания человека в электрическом

Менее 5	поле за сутки, мин
5...10	Без ограничения
10...15	Не более 180
15...20	Не более 90
20...25	Не более 10
	Не более 5

Увеличение расстояния от источника излучения. В дальней зоне излучения, т. е. на расстояниях примерно больших $1/6$ длины волны излучения, плотность потока энергии (ППЭ) уменьшается обратно пропорционально квадрату расстояния, а напряженности электрического и магнитного полей — обратно пропорционально расстоянию. Т. е. при увеличении расстояния от источника излучения в 2 раза ППЭ уменьшается в 4 раза, а напряженности (E и H) в 2 раза.

Уменьшение времени пребывания в поле и под воздействием излучения. Одним из параметров, определяющим последствия облучения для человека, является энергетическая нагрузка (ЭН), которая зависит от времени (T) воздействия облучения. Максимально допустимое время нахождения в зоне облучения можно определить в зависимости от частотного диапазона излучения. Поэтому, если это возможно, целесообразно сокращать время пребывания в зоне облучения до значения меньше допустимого, чтобы избежать необоснованного выполнения необходимой работы облучения.

Подъем излучателей и диаграмм направленности излучения, блокирование излучения. Излучающие антенны необходимо поднимать на максимально возможную высоту и не допускать направления луча на рабочие места и территорию предприятия.

Для защиты от электрических полей промышленной частоты необходимо увеличивать высоту подвеса фазных проводов линий электропередач (ЛЭП), уменьшать расстояние между ними и т. д. Путем правильного выбора геометрических параметров можно снизить напряженность электрического поля вблизи ЛЭП в 1,6...1,8 раза.

Для сканирующих излучателей (вращающихся антенн) в секторе, в котором находится защищаемый объект — рабочее место, применяют способ блокирования излучения или снижение его мощности.

Экранирование излучений. Экранируют либо источники излучения, либо зоны, где может находиться человек. Экраны могут быть замкнутыми (полностью изолирующими излучающее устройство или защищаемый объект) или незамкнутыми, различной формы и размеров, выполненными из сплошных, перфорированных, сотовых или сетчатых материалов.

Отражающие экраны выполняют из хорошо проводящих материалов, например, стали, меди, алюминия толщиной не менее 0,5 мм из конструктивных и прочностных соображений. Кроме сплошных, перфорированных, сетчатых и сотовых экранов могут применяться: фольга, наклеиваемая на несущее основание; токопроводящие краски (для повышения проводимости красок в них добавляют порошки коллоидного серебра, графита, сажи, окислов металлов, меди, алюминия), которыми окрашивают экранирующие поверхности; экраны с металлизированной со стороны падающей электромагнитной волны поверхностью.

Поглощающие экраны выполняют из радиопоглощающих материалов. Естественных материалов с хорошей радиопоглощающей способностью нет, поэтому их выполняют с помощью различных конструктивных приемов и введением различных поглощающих добавок в основу. В качестве основы используют каучук, поролон, пенополистирол, пенопласт, керамикометаллические композиции и т. д. В качестве добавок применяют сажу, активированный уголь, порошок карбонильного железа и пр. Все экраны обязательно должны заземляться для обеспечения стекания образующихся на них зарядов в землю.

2.4. Защита от ионизирующих излучений (радиации)

Для защиты от ионизирующих излучений применяют следующие методы и средства:

- снижение активности (количества) радиоизотопа, с которым работает человек;
- увеличение расстояния от источника излучения;
- экранирование излучения с помощью экранов и биологических защит;
- применение средств индивидуальной защиты.

Теоретически доказано, что защищаться от ионизирующих излучений можно путём уменьшения активности радиоактивного источника, времени пребывания в поле ионизирующего излучения и удалением от источника излучения, причём поглощённая доза обратно пропорциональна квадрату расстояния.

Экранирование ионизирующего излучения. Если указанных мер защиты временем, расстоянием, количеством недостаточно для снижения уровня излучения до допустимых величин, между источником излучения и защищаемым объектом (человеком) устанавливают защиту (экраны).

Кроме указанных формул, обычно в инженерной практике для выбора типа и материала экрана, его толщины используют уже известные расчетно-экспериментальные данные по кратности ослабления излучений различных радионуклидов и энергий, представленные в виде таблиц или графических зависимостей.

Выбор материала защитного экрана определяется видом и энергией излучения.

Альфа-излучение. Альфа-частицы тяжелые, поэтому обладая высокой ионизирующей способностью, быстро теряют свою энергию. Для защиты от альфа-излучения достаточно 10 см слоя воздуха. При близком расположении от альфа-источника обычно применяют экраны из органического стекла. Однако распад альфа-нуклида может сопровождаться бета- и гамма-излучением. В этом случае должна устанавливаться защита от этих видов излучений.

Бета-излучение. Для защиты от бета-излучения рекомендуется использовать материалы с малой атомной массой (алюминий, плексиглас, карболит), которые дают наименьшее тормозное гамма-излучение, обычно сопровождающее поглощение бета-частиц. Для комплексной защиты от бета- и тормозного гамма-излучения применяют комбинированные двух- и многослойные экраны, у которых со стороны источника излучения устанавливают экран из материала с малой атомной массой, а за ним — с большой атомной массой (свинец, сталь и т. д.).

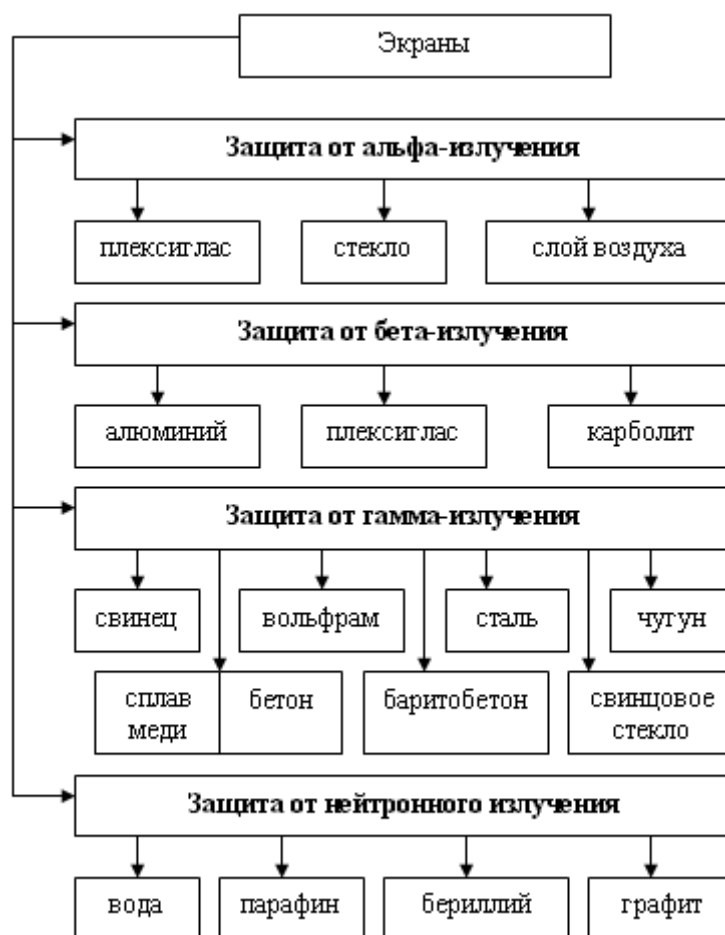


Рисунок 3 - Материалы, применяемые при защите от различных видов ионизирующего излучения

Гамма- и рентгеновское излучение. Для защиты от гамма- и рентгеновского излучения, обладающих очень высокой проникающей способностью, применяют материалы с большой атомной массой и плотностью (свинец, вольфрам и пр.), а также сталь, железо, бетон, чугун, кирпич. Однако, чем меньше атомная масса вещества экрана и чем меньше плотность защитного материала, тем для обеспечения требуемой кратности ослабления необходима большая толщина экрана.

Нейтронное излучение. Лучшими для защиты от нейтронного излучения являются водородосодержащие вещества, т. е. вещества, имеющие в своей химической структуре атомы водорода. Обычно применяют воду, парафин, полиэтилен. Кроме того, нейтронное излучение хорошо поглощается бором, бериллием, кадмием, графитом. Поскольку нейтронные излучения сопровождаются гамма-излучениями, необходимо применять многослойные экраны из различных материалов: свинец-полиэтилен, сталь-вода и т. д. В ряде случаев для одновременного поглощения нейтронного и гамма-излучений применяют водные растворы гидроокисей тяжелых металлов, например гидрооксида железа $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

2.5. Защита при эксплуатации ПЭВМ

Спектр излучения компьютера включает в себя рентгеновскую, ультрафиолетовую и инфракрасную области спектра, а также широкий диапазон электромагнитных волн других частот. Опасность рентгеновских лучей считается сейчас специалистами пренебрежимо малой, поскольку этот вид лучей поглощается веществом экрана.

У современных дисплеев экран покрывается почти прозрачным слоем металла, который заземляется. Это делается для того, чтобы уменьшить излучения от монитора. Но экран все же излучает, и излучение можно ослабить с помощью внешнего защитного фильтра, обязательно с заземляемым проводящим покрытием.

К настоящему времени испытано очень много образцов различных типов защитных фильтров. К сожалению, многие из проверенных защитных фильтров либо мало эффективны, либо вовсе ни от чего не защищают. В литературе известно несколько названий фирм, которым выданы сертификаты соответствия: «Эргон», «Русский щит» (Россия) и фирм OCLI и 3M (США). Однако, без сомнения, таких фирм намного больше, но услышите специалистов: «...не все фильтры одинаково полезны!»

Установка даже самого хорошего защитного фильтра на ЭЛТ лишь в 2 — 4 раза может снизить уровень облучения сидящего перед экраном ПК человека, уменьшая электрическую составляющую ЭМИ в непосредственной близости от экрана, и вовсе не снизит, а может даже увеличить интенсивность поля в стороны от экрана по оси ЭЛТ на расстояниях более 1 — 1,5 м.

Для снижения потенциально опасного излучения видеотерминалов целесообразно предпринимать специальные меры защиты от низкочастотных полей. Поскольку источник высокого напряжения дисплея — строчный трансформатор — помещается в задней или боковой части терминала, уровень излучения со стороны задней панели дисплея выше, причем стенки корпуса не экранируют излучение. Поэтому пользователям следует находиться не ближе чем на 1,2 метра от задних или боковых поверхностей соседних терминалов.

Способы снижения уровней излучений, воздействующих на человека, разрабатываются в следующих направлениях:

- создание малоизлучающих ВДТ;
- применение внешних экранов и других средств защиты;
- переход на технику отображения без использования электронно-лучевых трубок.

3. Защита от поражения электрическим током

Для защиты человека от поражения электрическим током в соответствии с ГОСТ 12.1.019-79 «ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты» применяют:

-изоляцию токоведущих частей, проводов путем нанесения на них диэлектрического материала: пластмасс, резины, лаков, красок, эмалей и т.п. (состояние изоляции проверяют не реже одного раза в год в сухих помещениях без повышенной опасности и двух раз в год в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных).

-двойную изоляцию, когда к рабочей изоляции на случай её повреждения предусматривают дополнительную изоляцию (например, выполняют корпуса или ручки электроинструментов из диэлектрического материала, покрывают изолированные провода общей нетокопроводящей оболочкой и т.п.)

-недоступность проводов, частей (воздушные линии электропередачи на опорах, электрические кабели в земле и др.);

-ограждение электроустановок (например, кожухами на электрорубильниках, заборами на подстанциях и т.п.);

-блокировочные устройства, автоматически отключающие напряжение с электроустановок при снятии с них защитных кожухов, ограждений;

-малые напряжения (не более 42 В.), например, для питания электрифицированных инструментов, светильников местного освещения;

- изоляцию рабочего места (пола, площадки, настила);

-заземление и зануление корпусов электроустановок, которые могут оказаться под напряжением при повреждении изоляции;

- выравнивание электрических потенциалов;

-автоматическое отключение электроустановок; применяют предупреждающую сигнализацию (например, звуковую или световую при появлении напряжения на корпусе);

- надписи; плакаты; СИЗ; знаки безопасности.

Преднамеренное электрическое соединение с землей или её эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением, называется защитным заземлением.

Оно состоит из заземлителя (металлических проводников, находящихся в земле, с хорошим контактом с ней) и заземляющего проводника, соединяющего металлический корпус электроустановки с заземлителем.

Совокупность заземлителя и заземляющих проводов называют заземляющим устройством.

Защитное заземление применяют в трех проводниковых и однофазных двух проводниковых сетях переменного тока напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью, а также в сетях напряжением выше 1000В переменного и постоянного тока с любым режимом нейтрали.

Защитное действие заземляющего устройства основано на снижении до безопасной величины тока, проходящего через человека в момент касания им поврежденной электроустановки (рисунок 4).

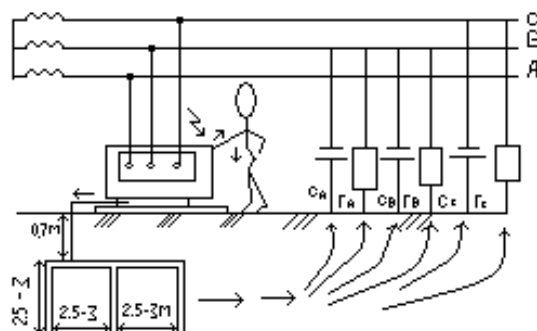


Рисунок 4 - Схема защитного заземления

Сопротивление заземлителя должно быть не более 10 Ом, тогда как сопротивление человека 1000 Ом. В связи с этим, через тело человека будет проходить малый ток, не вызывающий поражения. Основная часть тока пойдет, по цепи через заземлитель.

Заземлители могут быть естественными и искусственными. В качестве естественных заземлителей используют металлические конструкции и арматуру зданий и сооружений, имеющие хорошее соединение с землей; проложенные в земле водопроводные, канализационные и другие трубопроводы (за исключением трубопроводов горючих жидкостей, горючих и взрывоопасных газов и трубопроводов, покрытых изоляцией для защиты от коррозии).

Расчет сопротивления заземлителей ведут по следующим зависимостям:

-для стержней, верхний конец которого находится на поверхности земли:

$$R_{з(c)} = 0,366 \cdot \frac{\rho}{l} \cdot \lg \frac{4l}{d},$$

где $R_{з(c)}$ - сопротивление растеканию тока с одинарного заземлителя, Ом;

l - длина стержня, м.;

ρ - удельное сопротивление грунта, Ом м. (табл. 2);

d - диаметр стержня, м.

-для стержней, верхний конец которого заглублен в землю:

$$R_{з(c)} = 0,366 \cdot \frac{\rho}{l} \cdot \left(\lg \frac{2l}{d} + 0,5 \cdot \lg \frac{4h+l}{4h-l} \right),$$

где h - глубина заложения стержня, м.

-для полосы заглубленной в землю:

$$R_{з(n)} = 0,366 \cdot \frac{\rho}{l} \cdot \lg \frac{2l^2}{b \cdot d},$$

где b - ширина полосы, м.

Количество стержней рассчитывают по зависимости:

$$N_{cm0} = \frac{R_{з(c)} \cdot \eta_c}{R_k \cdot \eta_э},$$

где η_c – коэффициент сезонности, при расчетах выбирается равным от 1,2 до 1,6 (для средней полосы России = 1,6);

$\eta_э$ – коэффициент экранирования, зависит от расстояния между стержнями, длины стержня и их количества ($\eta_э = 0,2 \dots 0,95$);

R_k – максимально допустимое сопротивление заземляющего устройства, (при оценочных расчетах выбирается равным 4 Ом).

В качестве искусственных заземлителей применяют одиночные или соединенные в группы металлические электроды, забитые вертикально или уложенные горизонтально в землю.

Электроды изготавливаются из отрезков металлических труб диаметром не менее 30 мм и с толщиной стенок не менее 3,5 мм; угловой стали с толщиной полок не менее 4 мм; из полосы сечением не менее 48 мм, а также из отрезков швеллеров, прутковой стали диаметром не менее 10 мм.

Длину электродов и расстояние между ними принимают не менее 2,5...3,0 м. Между собой вертикальные электроды сваривают перемычкой.

Зануление – это преднамеренное электрическое соединение металлических нетоковедущих частей электроустановок, могущих оказаться под напряжением, с глухо-заземленной нейтралью источника тока (генератора или трансформатора).

Защитное действие зануления основано на снижении до безопасной величины тока, проходящего через человека в момент касания им поврежденной электроустановки, и последующем отключении этой установки от сети.

Работает зануление следующим образом.

При появлении напряжения на корпусе зануленной электроустановки (рисунок 5) большая часть тока с него пойдет в сеть через нулевой защитный провод.

Человек, имеющий большее сопротивление в цепи по сравнению с сопротивлением цепи через нулевой провод воспримет незначительный ток.

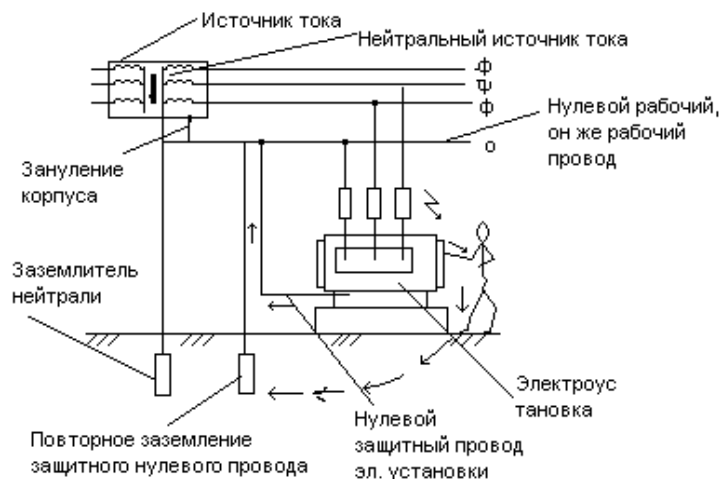


Рисунок 5 - Действие электрического тока при включении в сеть, имеющую зануление

Одновременно с этим замыкание на корпус фазного провода перегревает плавкий предохранитель, который обеспечивает электроустановку.

Все соединения в цепи заземления и зануления выполняют сварными.

Еще одной защитной мерой по электробезопасности является защитное отключение.

Быстродействующая защита, обеспечивающая автоматическое отключение электроустановки (через 0,05...0,2 сек) при возникновении в ней опасности поражения человека электрическим током, называется защитным отключением.

Защитное отключение устраивают, когда заземления или зануления не в состоянии обеспечить условия безопасности в момент прикосновения к токоведущей части.

При замыкании фазы на корпус, снижении сопротивления изоляции сети ниже определенного предела, при непосредственном прикосновении человека к токоведущим частям электроустановки и в других опасных для человека случаях происходит изменение каких-либо электрических величин, которые дают сигнал для срабатывания защитного отключения.

В связи с особенностью сельскохозяйственного производства в ряде помещений (теплицы, фермы), отмечают повышенная влажность, запыленность, агрессивные пары и газы.

В таких условиях изоляция электропроводов быстро выходит из строя, что сопровождается частыми замыканиями электропроводок на корпус.

В итоге на нем появляется потенциал по отношению к земле или влажному полу помещения.

Заземление и зануление рассчитывают (из условия безопасности людей) на снижение напряжения прикосновения до 65 В.

Это не всегда защищает животных, для которых воздействие напряжения 25...30 В более 5 сек является поражающим.

С целью защиты животных в названных условиях используют выравнивание электрического потенциала, заключающееся в снижении напряжений прикосновения и шага между точками электроцепи.

Для этого металлические детали транспортеров, стойла и трубопроводы соединяют со стальной полосой или проволокой диаметром не менее 8 мм, которые укладывают в полу фермы на слой песчанной или щебеночной подушки перед заливкой его бетоном.

По торцам помещения проводники присоединяют к металлоконструкциям фермы на высоте 300...500 мм.

Целостность каждой цепи выравнивающих проводников проверяют раз в шесть месяцев.

Защитные меры по электробезопасности включают в себя применение электрозащитных средств.

Электрозащитные средства предназначены для защиты людей при обслуживании электроустановок.

Их подразделяют на: изолирующие (основные и дополнительные), ограждающие и предохранительные.

Изолирующие средства служат для изоляции человека от токоведущих частей и от земли.

Изоляция основных изолирующих средств выдерживает полное рабочее напряжение электроустановок, ими разрешено касаться токоведущих частей под напряжением.

Дополнительные средства самостоятельно не могут обеспечить безопасность обслуживающего персонала, их применяют совместно с основными средствами для усиления их защитного действия.

К основным изолирующим средствам относят: изолирующие штанги, изолирующие и электроизмерительные клещи, указатели напряжения, диэлектрические перчатки, инструменты с изолирующими рукоятками.

К дополнительным изолирующим средствам относят боты, коврики, изолирующие подставки, диэлектрические галоши.

Ограждающие защитные средства (щиты, ограждения-клетки, временные переносные заземления, закорачивающие провода и др.) предназначены для временного ограждения токоведущих частей.

Вспомогательные защитные средства (предохранительные пояса, страховочные канаты, когти, защитные очки, рукавицы, суконные костюмы и др.) служат для защиты от

случайного падения с высоты, а также от световых, тепловых, механических и химических воздействий электрического тока.

Защиту от атмосферного электричества осуществляют в соответствии с "Инструкцией по устройству молниезащиты зданий и сооружений" (РД 34.21.122-87).

Необходимость в молниезащите определяют в зависимости от интенсивности грозовой деятельности в районе расположения объекта (по специальной карте РД 34.21.122-87), его пожаро и взрывоопасности и назначения, а также ожидаемого количества ударов молнии в год.

Для защиты зданий, сооружений от прямых ударов молнии устраивают молниеотводы, принимающие разряд на себя и отводящие ток в землю.

Молниеотвод состоит из опоры 3, молниеприемника 1, токоотвода 2 и заземлителя 4 (рисунок 6).

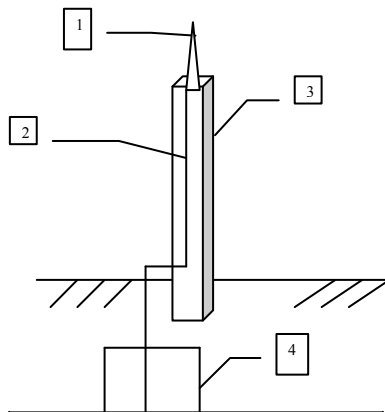


Рисунок 6 - Схема устройства молниеотвода

Наиболее распространены стержневые (как на рисунок 7), и тросовые молниеприемники выполненные в виде натянутого на двух опорах троса. Они могут быть одиночными и групповыми.

Молниеотводы образуют зону защиты.

Зона защиты – это пространство, внутри которого объекты с определенной степенью надежности защищены от прямых ударов молнии.

Для одиночного стержневого молниеприемника зона защиты представляет собой круговой конус.

При заданных габаритах защищаемого объекта, высоту стержневого молниеприемника определяют по зависимости:

$$h = \frac{r_x + 1,63 \cdot h_x}{1,5},$$

где r_x – радиус защищаемой поверхности на высоте h_x , м.;

h_x – высота защищаемого объекта, м.

Заземлители - важнейший элемент в системе молниезащиты. В качестве заземлителя можно использовать зарытые в землю на глубину 2...2,5 м металлические трубы, плиты, сетки, куски металлической арматуры. Место расположения заземлителя должно ограждаться для защиты людей от поражения шаговым напряжением.

3.4. Защита от статического электричества

Мероприятия по защите от статического электричества проводят во взрыво- и пожароопасных помещениях и зонах открытых установок, относящихся к классам В-I, В-Iб, В-II и В-IIа. В помещениях и зонах, которые не относятся к указанным классам, защиту осуществляют на тех участках производства, где статическое электричество отрицательно влияет на нормальное протекание технологического процесса и качество продукции.

Меры защиты от статического электричества направлены на предупреждение возникновения и накопления зарядов статического электричества, создание условий рассеивания зарядов и устранение опасности их вредного воздействия.

Предотвращение накопления зарядов статического электричества достигается заземлением оборудования и коммуникаций, на которых они могут появиться, причем каждую систему взаимосвязанных машин, оборудования и конструкций, выполненных из металла (пневмосушилки, смесители, газовые и воздушные компрессоры, мельницы, закрытые транспортеры, устройства для налива и слива жидкостей с низкой электропроводностью и т. п.), заземляют не менее чем в двух местах. Трубопроводы, расположенные параллельно на расстоянии до 10 см, соединяют между собой металлическими перемычками через каждые 25 м. Все передвижные емкости, временно находящиеся под наливом или сливом сжиженных горючих газов и пожароопасных жидкостей, на время заполнения присоединяют к заземлителю. Автозаправщики и автомобильные цистерны заземляют металлической цепью, соблюдая длину касания земли не менее 200 мм.

Снижение интенсивности возникновения зарядов статического электричества достигается соответствующим подбором скорости движения веществ, исключением разбрызгивания, дробления и распыления веществ, отводом электростатического заряда, подбором поверхностей трения, очисткой горючих газов и жидкостей от примесей. Безопасные скорости транспортировки жидких и пылевидных веществ зависят от их удельного объемного электрического сопротивления ρ_v . Так, для жидкостей с $\rho_v \leq 105 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ допустимая скорость должна быть не более 10 м/с, при $105 \text{ Ом} \cdot \text{м} < \rho_v < 109 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ — до 5 м/с, а при $\rho_v > 109 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ скорости устанавливают для каждой жидкости отдельно, но, как правило, не более 1,2 м/с. При подаче жидкостей в резервуары необходимо исключить их разбрызгивание, распыление и бурное перемешивание. Наливную трубку необходимо удлинить до дна сосуда с направлением струи вдоль его стенки. При первоначальном заполнении резервуаров жидкость подают со скоростью, не превышающей 0,5...0,7 м/с.

1.7 Лекция № 8 (2 часа)

Тема. Безопасность функционирования автоматизированных производств

1.7.1. Вопросы лекции

1. Опасность автоматизированного производства
2. Безопасность труда при использовании промышленных роботов
3. Безопасность конвейерных линий

1.7.2. Краткое содержание вопросов

1. Опасность автоматизированного производства

Автоматизация процессов в современном производстве является одним из наиболее эффективных путей повышения производительности труда и качества готовой продукции, а также улучшения условий труда рабочих.

Технологические процессы отдельных цехов и участков могут относиться к категории производств с вредными условиями труда, поэтому автоматизацией охватывают в первую очередь наиболее трудоемкие процессы и процессы, характеризующиеся значительным воздействием на рабочего опасных и вредных производственных факторов.

При автоматизации производственных процессов облегчается труд рабочих, повышается его производительность и безопасность, однако особое значение приобретает проблема обеспечения охраны труда. Это объясняется рядом объективных и субъективных факторов.

Автоматизация производства происходит в условиях постоянного увеличения массы машин, скоростей вращения и потоков движения материалов, сопровождается повышением давлений, температур и скоростей реакций. Кроме того, расширяется номенклатура

используемых сырья и материалов, применяются новые формы энергии, которые, в свою очередь, становятся опасными и вредными факторами, оказывающими влияние на человека. С автоматизацией производства существенно меняется и характер труда человека. Физическая напряженность труда переходит в интеллектуальную. Первостепенное значение приобретает необходимость обработки информации, количество которой постоянно растет.

Аварийные ситуации имеют место как при работе на оборудовании в автоматическом цикле, так и при выполнении наладки и ремонта оборудования.

Основными причинами воздействия на работающих опасных и вредных производственных факторов при использовании автоматизированного оборудования являются: нарушение условий эксплуатации оборудования; нарушение требований безопасности труда при организации автоматизированного участка, связанные с неправильной планировкой оборудования, пультов управления, транспортно-накопительных устройств; отказ или поломка технологического оборудования, промышленных роботов и манипуляторов; ошибочные действия оператора при наладке, регулировке, ремонте оборудования или во время работы его в автоматическом цикле; появление человека в рабочем пространстве оборудования; нарушение требований инструкций по технике безопасности; отказы в функционировании средств аварийной и диагностической сигнализации и отображения информации; ошибки в работе устройств программного управления и ошибки в программировании.

В последние годы в связи с широким использованием в технологических процессах микропроцессорных систем и вычислительной техники существенным фактором интенсификации труда и повышения уровня напряженности труда стало увеличение объема рабочего времени, проводимого операторами у мониторов вычислительных систем. Такие работы при неправильной их организации способствуют существенному утомлению работающих, повышению вероятности ошибок и в некоторых случаях ведут к травматизму.

Выполнение рекомендаций и указаний по безопасности труда, повышение надежности агрегатов и оборудования позволяют снизить производственный травматизм при эксплуатации автоматизированного оборудования на всех участках и цехах предприятий.

2. Безопасность труда при использовании промышленных роботов

По мере ускорения темпов развития научно-технического прогресса, усложнения технологических процессов и технических средств проблемы обеспечения безопасности производственных процессов становятся все более актуальными и труднореализуемыми на практике. Эти проблемы сегодня относятся к числу наиболее серьезных комплексных проблем современности. Убедительным доказательством этого служат многочисленные факты производственного травматизма на зарубежных предприятиях, широко использующих робототехнику. Так, в результате обследования роботизированных участков на шести английских фирмах, проведенного Научным центром роботизации и автоматизированных систем (Англия), было установлено, что 23,4 % опасных и критических ситуаций возникают в результате ненадежной работы отдельных узлов и систем робота.» Анализ ситуаций, формирующих несчастные случаи на роботизированных предприятиях ФРГ, показывает, что персонал, обслуживающий роботов, попадает в опасные или критические ситуации не реже одного раза в три дня, а одному несчастному случаю предшествуют в среднем от 40 до 50 таких ситуаций.

Установлено, что на современном уровне робототехники на каждые 100 вынужденных выключений роботов с использованием кнопки аварийной остановки приходится одно, вызванное возникновением прямой опасности или угрозы для жизни человека. Анализ производственного травматизма, связанного с использованием ПР и РТК, проведенный Национальным управлением безопасности труда Швеции, позволяет утверждать, что длительность нетрудоспособности одного несчастного случая составляет 12-15 дней.

Основными видами травм являются травмы пальцев (33 %), рук (19 %), головы (16 %), спины (11 %), плеч (6 %), ног (6 %), шеи (3 %), челюстные (3 %), перелом ребер (3 %). Наибольшую опасность представляют травмы головы, которые, как правило, требуют более длительного лечения.

Широкое использование ПР в качестве одного из основных средств комплексной автоматизации производственных процессов требует в зависимости от типа ПР, области применения и вида производства выявления, классификации, оценки и учета потенциальных опасностей, возникающих при эксплуатации ПР в составе механизированных, автоматизированных комплексов, участков, линий.

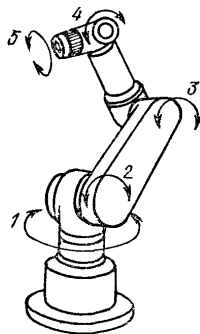


Рис. 8.1. Принципиальная схема промышленного робота с пятью осями движения

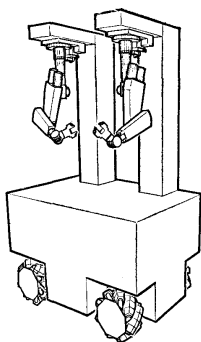


Рис. 8.2. Автономный мобильный робот для производства монтажных работ. Основными физическими опасными производственными факторами, формирующими ОС, КС и АС, которые приводят к несчастным случаям или авариям, являются подвижные части, исполнительные устройства ПР, передвигающиеся изделия, заготовки, обрабатывающий инструмент (ГОСТ 12.2.072-82).

В отличие от традиционных видов оборудования, автоматизированных линий, при эксплуатации которых опасная рабочая зона, как правило, располагается внутри оборудования, станка или линии (зоны обработки, загрузки, выгрузки и т. п.), при эксплуатации промышленных роботов потенциально опасной зоной является ближайшее окружающее его пространство.

Промышленный робот представляет собой сложную систему или универсально применимый (подвижный, порталный, консольный, с линейным перемещением, автономно передвигающийся и т. п.) автомат с несколькими (минимально - тремя) осями, пути или углы движения которого, а также последовательность его действий заранее запрограммированы и управляются чувствительными элементами (рис. 8.1-8.3).

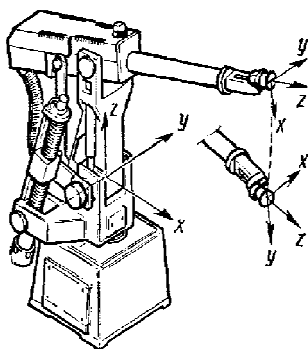


Рис.8.3. Универсальный промышленный робот с шестью осями движения для выполнения сварочных работ, шлифования, снятия заусенцев, обслуживания станков, манипулирования деталями и сборки.

С позиций охраны труда ПР - это автомат, функционирование которого происходит с минимальным социально допустимым риском (угрозой, ущербом) для здоровья, жизни человека и окружающей среды. При эксплуатации традиционных машин и оборудования, если опасные зоны размещаются над рабочими местами, проходами или проездами (например, перемещение изделий с помощью мостовых кранов), то выполняемые при этом действия механизмов всегда находятся под контролем человека, а ОС, КС и АС возникают лишь в результате ошибочных действий человека, неисправностей или неправильного использования механизма. Потенциально опасной зоной робота называется окружающее его пространство, появление человека в котором создает угрозу для его жизни или здоровья. Размеры опасной зоны зависят, в первую очередь, от границ рабочей зоны исполнительного механизма робота, способности надежно удерживать обрабатываемые изделия, инструмент. Методы определения границ опасных зон промышленных роботов приведены на рис. 8.4. Метод «концентрических окружностей» (рис. 8.4, а) является наиболее эффективным при определении границ опасной зоны роботов или манипуляторов в горизонтальной проекции. Метод «пространственных решеток» (рис. 8.4, б, в) применяется для определения границ опасной зоны РТК, роботизированных участков в горизонтальной (рис. 8.4, б) и вертикальной проекциях (рис. 8.4, в).

Все потенциальные опасности, возникающие при эксплуатации роботов, являются комбинациями небезопасных условий труда и небезопасных действий человека. Поэтому при использовании роботов в самых разнообразных отраслях промышленности для выполнения работ, требующих применения неквалифицированного физического труда, переноски и обращения со взрывоопасными, вредными, радиоактивными, раскаленными или охлажденными до низких температур материалами, для обеспечения безопасности процесса выявляют специфические опасности, присущие в большинстве случаев только роботам или роботизированным производственным системам.

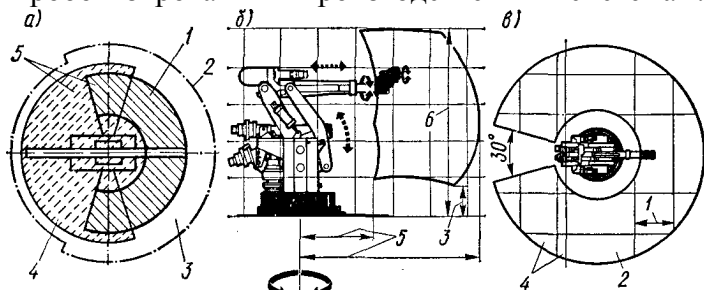


Рис. 8.4. Определение границ опасных зон промышленных роботов: а - метод концентрических окружностей; б, в - метод пространственной решетки; 1 - активная рабочая зона; 2 - ограждающая конструкция; 3 - потенциально опасное пространство; 4 - пассивная рабочая зона; 5 - зоны опасного перемещения исполнительных механизмов, элементов, узлов робота; 6 - граница опасной зоны по высоте.

1 - активная рабочая зона; 2 - ограждающая конструкция; 3 - потенциально опасное пространство; 4 - пассивная рабочая зона; 5 - зоны опасного перемещения исполнительных механизмов, элементов, узлов робота; 6 - граница опасной зоны по высоте.

При перевозке, установке и монтаже роботов к таким опасностям следует отнести особенности его конструкции, компоновки, подвижность захвата, манипулятора и т. п. У консольных роботов, например, центр тяжести не совпадает с центральной осью опорной

стойки робота. Такой ПР потенциально опасен при его перевозке в вертикальном положении, установке и монтаже. Свободно перемещающиеся при этом захваты, рычаги, звенья манипулятора, консоль создают потенциальную опасность травмирования и требуют предварительной фиксации этих узлов перед перевозкой и выполнением монтажных работ.

При подготовке роботов к работе и их регулировке (рис. 8.5) к специфическим следует отнести опасности, возникающие при позиционировании, регулировке, поднастройке, калибровке конечных выключателей, амортизаторов, ограничителей движения, тормозов и других элементов, обеспечивающих его нормальное функционирование. Эти операции, в большинстве случаев, требуют присутствия человека в опасной зоне или выполнения работ на высоте. Операции по замене захватных устройств, обрабатывающих инструментов, профилактическому ремонту исполнительных элементов, отладке движений робота в системе функционирования с другим оборудованием и механизмами представляют большую опасность, если проводятся без отключения робота.

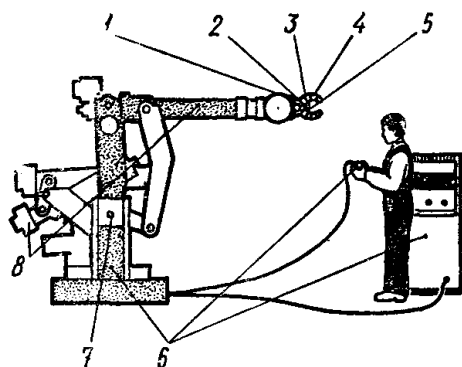


Рис. 8.5. Источники опасности, формирующие ОС, КС и АС при работе оператора в опасной зоне ПР: 1 - выброс технологических жидкостей под давлением вредных газов, паров и т. п.; 2 - выброс обрабатывающего инструмента; 3 - механическое воздействие исполнительного механизма, обрабатывающего инструмента (захват, прижим); 4 - динамическое воздействие исполнительного механизма, обрабатывающего инструмента (толчок, срез, сдвиг); 5 - падение исполнительного механизма, изделия, детали, захвата; 6 - электрический ток, электроаппаратура под напряжением, другие виды энергообеспечения; 7 - механизмы, рычаги перемещающиеся относительно друг друга; 8 - вращающиеся или движущиеся части оборудования, выступающие рычаги, механизмы и т. п.

К специфическим опасностям при обслуживании роботов следует отнести выполнение операций по их программированию, обучению, перенастройке, корректировке программ, требующих, как правило, присутствия человека в опасной зоне независимо от применяемых в настоящее время для этого методов. Даже при использовании в недалеком будущем для этих целей языков программирования опасность травмирования персонала сохранится достаточно долго, особенно при операциях корректировки, изменения, перенастройки программ, выполняемых персоналом, не имеющим достаточно высокой для этого квалификации или опыта работы в этой области. Вероятность возникновения при этом непредвиденных ОС, КС и АС трудно предопределить.

Тестовые испытания роботов предусматривают проверку их функционального состояния и коррекцию погрешностей или отклонений от заданной программы, накопившихся в процессе эксплуатации. Такие испытания проводят при скорости перемещения исполнительных устройств робота до 0,3 м/с, с изделием или без него, с полной нагрузкой или без нее, без подведения электрического тока к электродам сварочных роботов или подачи лака в пистолеты-распылители окрасочных роботов.

К специфическим опасностям при тестовых испытаниях следует отнести операции наблюдения и контроля за точностью движений, выполняемых роботом, при нахождении человека в опасной зоне. Эти испытания и коррекцию невозможно провести при работе робота в автоматическом режиме. В каждом конкретном случае перед проведением испытаний должны быть детально изучены потенциальные опасности, способные сформировать ОС, КС и АС и меры защиты от них.

При проверке операторами готовности к работе робота или отдельных функциональных узлов к специфическим опасностям следует отнести элементы невнимательности, беззаботности и некачественной проверки работы в ручном режиме

основных функциональных узлов промышленного робота, контрольно-измерительной аппаратуры и системы управления перед переводом его на автоматический режим работы.

При работе робота в автоматическом режиме к специфическим опасностям следует отнести операции, выполняемые человеком по обслуживанию робота: уборку отходов, загрузку и разгрузку деталей, заготовок, проверку качества обрабатываемых изделий и т. п. Несмотря на то, что эти операции не относятся к функциям робота, они часто выполняются человеком в рабочей зоне движения руки робота и требуют соответствующих средств защиты.

К специфическим опасностям относятся непредвиденные (внезапные) отказы в работе ПР. Основными причинами этих отказов являются: неисправности контрольно-измерительной аппаратуры, систем управления (32, 7 %), а также отдельных узлов робота (11,5 %); неисправности, выход из строя исполнительных элементов: захватов, обрабатывающих инструментов, сварочных устройств и других узлов (9,2 %); выход из-под контроля, незапрограммированные движения и действия робота: короткое замыкание в системе, посторонний источник энергии и т. п. (5,4 %); операционные ошибки и погрешности в программировании (9,7 %); износ, истирание, потеря точности в сопрягаемых элементах, узлах (7,8 %); несовместимость инструментов с обрабатываемым изделием (22,3 %); прочие причины (1,4 %).

Время наработки на один отказ более чем у 70 % роботов в настоящее время составляет не более 1000 ч, а у 28,7 % - не более 100 ч. Время наработки на отказ лучших зарубежных ПР составляет в среднем не более 2,5 тыс. ч. Эти показатели свидетельствуют о высоком уровне потенциальной опасности современных промышленных роботов вследствие их ненадежности и подчеркивают необходимость выявления конкретных и специфических опасностей в зависимости от типа, вида и области применения робота для разработки соответствующих средств защиты.

3. Безопасность конвейерных линий

При монотонной работе, определяемой ее высоким ритмом, рабочий должен повторять через равные промежутки времени одни и те же, весьма простые по своей структуре движения и нередко вынужден сохранять однообразную рабочую позу. В результате такой работы рабочий быстро теряет работоспособность, выражающуюся в увеличении времени, затрачиваемого на выполнение отдельных операций, что свидетельствует о наступлении общей утомляемости.

Быстрая утомляемость рабочего обусловлена, как правило, нерациональной организацией труда на конвейере, а именно: нерегулярной подачей заготовок, нарушающей ритм работы конвейера; произвольными и непредусмотренными остановками ленты конвейера с последующим увеличением скорости ее движения; неравнозначностью отдельных операций по времени и по тяжести их выполнения; включением ручных операций в конвейерно-поточный метод и т. п.

Для промышленности значение поточно-конвейерного метода работы заключается не только в повышении производительности труда, но и в том, что этот метод является переходной ступенью к автоматизации производства с гибкоперестраиваемой технологией.

Гибкие производственные системы (ГПС), которые в настоящее время широко внедряются в различные производства, кардинально повышают производительность труда и объемы производства продукции, расширяют ее номенклатуру и сокращают сроки обновления моделей машин и механизмов. Высокая степень автоматизации в ГПС сокращает количество рабочих, занятых в производстве, и улучшает условия труда. ГПС включает основное и вспомогательное технологическое оборудование, автоматизированные транспортно-накопительные системы, робототехнологические комплексы (РТК), средства вычислительной техники.

Например, ГПС для литья под давлением, относящаяся к горячезаготовительным видам производства, состоит из следующих элементов:

- системы основного технологического оборудования, представляющей собой совокупность РТК для литья под давлением, оснащенных программируемыми контроллерами, которые обеспечивают цикловое программное управление основным оборудованием (литейной машиной, роботом-заливщиком, роботом-съемщиком, обрубным прессом);

- транспортно-складского комплекса отливок, предназначенного для транспортирования, складирования технологической тары, отливок, отходов собственного производства, деталей, прошедших механическую обработку, и выдачи готовых изделий по межцеховой кооперации; этот комплекс включает автоматический конвейерный склад на базе грузонесущего конвейера; модули перегрузочных устройств на базе транспортно-перегрузочных роботов;

- систему управления локальной автоматикой на базе ЭВМ, которая обеспечивает подачу тары по выбранному маршруту;

- комплекса подачи материала, служащего для подачи с плавильного участка расплавленного металла для заливки в раздаточные печи РТК или магнитодинамические дозаторы;

- транспортно-складского комплекса оснастки, предназначенного для подачи к РТК и хранения оснастки; реализуется на базе толкающего конвейера, оснащенного системой управления локальной автоматикой на основе ЭВМ, которая позволяет подавать грузы в автоматическом режиме по адресу, имея соответствующую информационную базу.

По подобной схеме работают ГПС в механосборочном производстве, на предприятиях радиоэлектроники.

При обеспечении безопасных и здоровых условий труда на конвейерных линиях, роботизированных комплексах, автоматизированных производствах необходимо выполнение ряда инженерно-технических и организационных мероприятий. При организации РТК и участков прежде всего необходимо предусмотреть комплексную механизацию и автоматизацию производственных процессов, в том числе сопутствующих вспомогательных работ, оставляя за оператором в основном функции управления и контроля за работой комплекса или участка. Конвейерные линии и РТК должны быть оснащены блокирующими устройствами, обеспечивающими выключение их в случае нарушения технологического процесса, отказа технологического оборудования, выхода параметров эргономических параметров за допустимые пределы. Размещение конвейерных линий и РТК должно обеспечивать свободный, удобный и безопасный доступ к ним не только в процессе их обслуживания, но и при монтаже, ремонте и наладке. Планировка размещения основного и вспомогательного оборудования должна учитывать геометрические характеристики рабочей зоны ПР, а также действующих норм проектирования для конкретного производства.

Движущиеся части конвейеров, к которым возможен доступ обслуживающего персонала и лиц, работающих вблизи, должны быть отделены защитными ограждениями, снабженными приспособлениями для надежного их удержания в закрытом положении. Ограждающие устройства РТК должны исключать возможность случайного попадания человека в опасную зону. Стационарные ограждения следует выполнять из материалов достаточной прочности; они не должны затруднять визуальный контроль за работой оборудования.

На автоматизированных участках приводы всех машин должны быть заблокированы так, чтобы в случае внезапной остановки какой-либо машины, ПР или конвейера все машины, РТК или конвейеры находящиеся перед остановившейся машиной, отключались, а последующие продолжали работать до полного схода с них обрабатываемого изделия. Кроме того, должна быть предусмотрена возможность отключения каждого структурного элемента автоматизированного производства. Опасные зоны у конвейеров, РТК необходимо обозначать сплошными линиями, наносимыми на плоскость пола краской желтого цвета, стойкой к истиранию. Там, где это требуется, необходимо вывешивать запрещающие знаки и

таблички, поясняющие значения применяемых средств сигнализации и порядок аварийной остановки.

Важное значение в обеспечении безопасности при работе на конвейерных линиях, РТК, ГПС имеет правильная организация рабочих мест. Органы управления должны размещаться за пределами зон ограждения и позволять оператору вести обзор элементов рабочего места, рабочего пространства оборудования и пространства за его пределами. Пульты управления должны быть освещены светильниками общего освещения; при этом освещенность должна быть не менее 400 лк. Пульты управления можно размещать в закрытых кабинах, обеспечивающих надежную защиту от воздействия вредных факторов производственной среды. Размеры таких кабин должны обеспечивать удобство работы, требуемый воздухообмен, тепло- и звукоизоляцию.

Перед началом работы на конвейерных линиях, РТК, ГПС следует проводить пробный цикл работы на холостом ходу. При этом оператор и наладчик должны убедиться в исправном состоянии всего комплекса оборудования и средств защиты и обеспечить устранение всех обнаруженных неполадок

1.8 Лекция № 9 (2 часа).

Тема: «Чрезвычайные ситуации мирного времени природного и техногенного характера»

1.9.1 Вопросы лекции:

1. Основные понятия и определения, причины возникновения ЧС.
2. Классификации чрезвычайных ситуаций.
3. Фазы развития чрезвычайных ситуаций.

1.9.2 Краткое содержание вопросов:

1. Основные понятия и определения, причины возникновения ЧС

Хозяйственная деятельность человека приводит к нарушению экологического равновесия, возникновению аномальных природных и техногенных ситуаций: стихийных бедствий, катастроф и аварий с многочисленными человеческими жертвами. В России ежедневно отмечают две крупные аварии на трубопроводах, одна в неделю на транспорте, ежемесячно в промышленности.

Человечество ежедневно сталкивается со множеством суровых природных явлений. На Земле ежегодно происходят десятки тысяч гроз, приблизительно 10000 наводнений, более 100000 землетрясений, многочисленные пожары и оползни, извержения вулканов и тропические циклоны.

По данным ООН, за последние 20 лет на нашей планете в результате стихийных бедствий и катастроф погибло более 3 млн. человек. Предупреждение и ликвидация ЧС – одна из актуальных проблем современности. Умелые действия по спасению людей, оказанию им необходимой помощи, проведению аварийно-спасательных работ в очагах поражений позволяют сократить число погибших, сохранить здоровье пострадавших, уменьшить материальные потери. Госстандартом Р.Ф. разработан комплекс взаимосвязанных стандартов, устанавливающих требования, нормы и правила, способы и методы, направленные на обеспечение безопасности населения и объектов народного хозяйства и окружающей природной среды в ЧС, - ГОСТ Р 22.

В соответствии с ГОСТ Р 22.0.02.94 приняты следующие определения.

Чрезвычайная ситуация (ЧС) – состояние, при котором в результате возникновения источника ЧС на объекте, определенной территории или акватории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и окружающей природной среде.

Под **источником ЧС** понимают опасное природное явление, опасное техногенное происшествие (аварию) или широко распространённую инфекционную болезнь людей, с/х животных и растений (источником ЧС может быть и применение современных средств поражения при ведении военных действий).

Риск возникновения ЧС – вероятность или частота возникновения источника ЧС, определяемая соответствующими показателями риска.

Безопасность в ЧС – состояние защищённости населения, объектов народного хозяйства и окружающей природной среды от опасностей в ЧС.

Безопасность (по видам) : промышленная, радиационная, химическая, сейсмическая, биологическая, экологическая.

Безопасность (по объектам): населения, объект народного хозяйства, окружающая природная среда.

Защищённость в ЧС – состояние, при котором предотвращают, преодолевают или предельно снижают негативные последствия возникновения потенциальных опасностей в ЧС для населения, объектов народного хозяйства и окружающей среды.

Опасность в ЧС – состояние, при котором создалась или вероятно угроза возникновения поражающих факторов и воздействий источника ЧС на население, объекты народного хозяйства и окружающую природную среду в зоне ЧС.

Поражающей фактор источника ЧС - составляющая опасного явления или процесса, вызванная источником ЧС и характеризующаяся физическими, химическими и биологическими действиями или проявлениями, которые определяются или выражаются соответствующими параметрами.

Зона ЧС – территория или акватория, на которой в результате возникновения источника ЧС или распространения его последствий без других районов возникла ЧС.

Потенциально опасный объект (ПОО) – объект, на котором используют, производят, перерабатывают, хранят или транспортируют радиоактивные, пожаро-взрывоопасные, опасные химические и биологические вещества, создающие реальную угрозу возникновения источника ЧС.

Предупреждение ЧС – совокупность мероприятий, проводимых органами исполнительной власти Р.Ф. и её субъектов, органами местного самоуправления и организационными структурами РСЧС, направленных на предотвращение ЧС и уменьшение их масштабов в случае возникновения.

Предотвращение ЧС – комплекс правовых, организационных, экономических, инженерно-технических, эколого-защитных, санитарно-гигиенических, санитарно-эпидемиологических и специальных мероприятий, направленных на организацию наблюдения и контроля за состоянием окружающей природной среды и потенциально опасных объектов, прогнозирования и профилактики возникновения источников ЧС, а также на подготовку к ЧС.

Стихийное бедствие – разрушительное природное и (или) антропогенное явление или процесс значительного масштаба, в результате которого могут возникнуть или возникла угроза жизни, здоровью людей, произойти разрушение или уничтожение материальных ценностей и компонентов окружающей природной среды.

Биолого-социальная ЧС – состояние, при котором в результате возникновения источника биолого-социальной ЧС на определенной территории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, существования с/х животных и растений, возникает угроза жизни и здоровью людей, широкого распространения инфекционных болезней, потеря с/х животных и растений.

Техногенная ЧС(ТЧС) – состояние, при котором в результате возникновения источника техногенной ЧС на объекте, определенной территории или акватории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и окружающей природной среде.

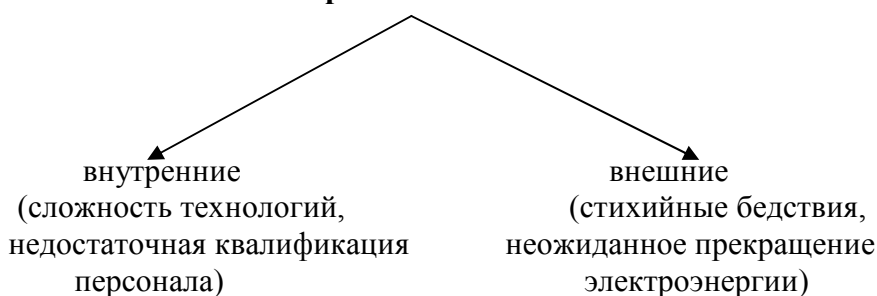
Источник ТЧС – опасное техногенное происшествие, в результате которого на объекте, определенной территории или акватории произошла ТЧС.

Авария – опасное техногенное происшествие, создающее на объекте, определенной территории или акватории угрозу жизни и здоровью людей и приводящее к разрушению зданий, сооружений, оборудования или транспортных средств, нарушению производственного или транспортного процесса, а также к нанесению ущерба окружающей природной среде.

Крупная авария, как правило, с человеческими жертвами называется **катастрофой**.

Каждая ЧС наряду с присущими всем аналогичным ЧС характеристиками имеет свойственные только ей причины возникновения.

Основные причины возникновения ЧС.



ЧС могут произойти при следующих обстоятельствах:

1. наличие источника риска (давление, взрывчатые вещества, радиоактивные вещества).
2. действие факторов риска (выброс газа, взрыв, возгорание).
3. нахождение в очагах поражения людей, с/х животных и угодий.

2. Классификации чрезвычайных ситуаций

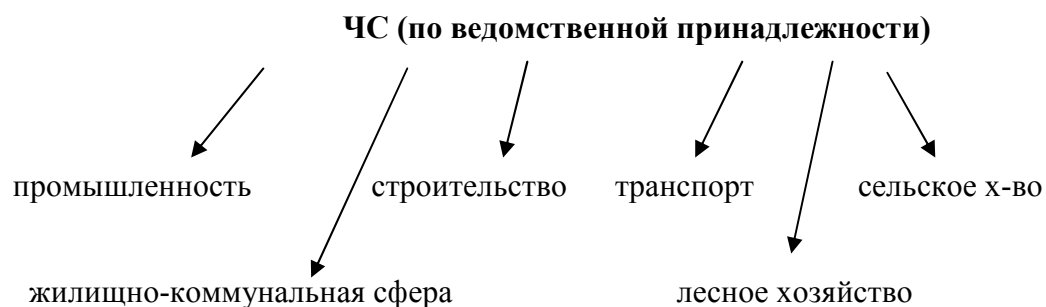
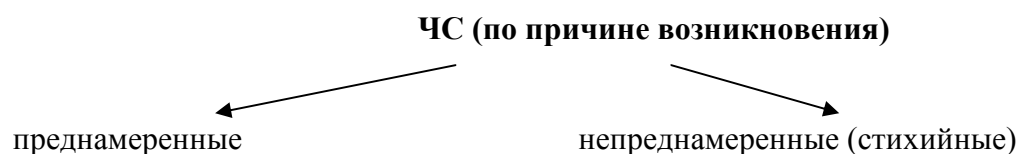
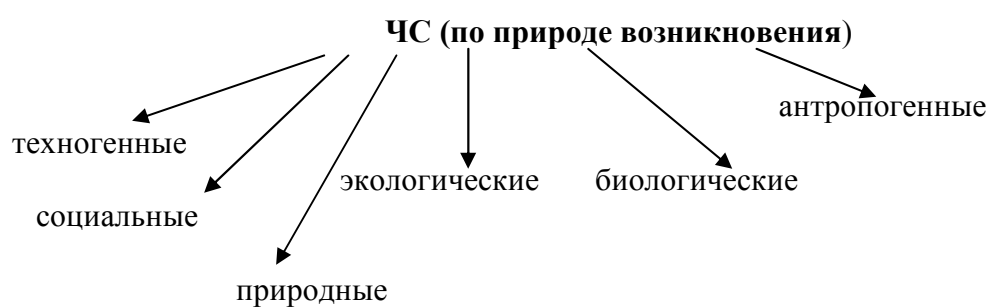
Для установления единого подхода к оценке ЧС и адекватного реагирования на них ЧС могут классифицироваться по типам, видам, масштабам, тяжести последствий, по происхождению и т.д. если брать всю совокупность возможных ЧС, то их можно в первую очередь разделить на *конфликтные* и *бесконфликтные*. К *конфликтным* относятся военные столкновения, социальные взрывы, национальные и религиозные конфликты, терроризм.

Важной является классификация, построенная по масштабу распространения ЧС. При этом учитываются не только размеры территории, подвергшейся воздействию ЧС, но и возможные её косвенные последствия. В соответствии с Федеральным законом «О защите населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера» разработано и утверждено постановлением Правительства Р.Ф. положение о классификации ЧС. Согласно ему, по масштабу распространения и тяжести последствий ЧС делятся на 6.

Классификация ЧС по масштабу

Ч.С.	Пострадало человек	Нарушены условия жизнедеятельности, чел	Материальный ущерб, МРОТ	Распространение зоны ЧС
локальные	<10	<100	<1000	В пределах территории объекта производственного и социального назначения
местные	10...50	100...300	>1000, но <5000	В пределах населенного пункта

Территориаль ные	50...500	300...500	>5000,но не >0,5 млн.	В пределах субъекта Р.Ф.
Региональные	>50,но не >500	>500,но не >1000	>0,5млн,но не >5млн	В пределах двух субъектов Р.Ф.
Федеральные	>500	>1000	>5 млн.	За пределы более чем двух субъектов Р.Ф.
трансграничн ые	—	—	—	За пределами Р.Ф., не затрагивает Р.Ф.



Классификация по типам и видам чрезвычайных событий, инициирующих ЧС

№ п/п	Характер ЧС	ЧС	примеры
1.	Природные и биолого-социальные	геофизические	Землетрясения, извержения вулканов
		геологические	Оползни, осыпи, обвалы, лавины, просадка земной поверхности в результате каста, абразия, эрозия, курумы, пыльные бури
		Метеорологические и агрометеорологические	Бури(9-11 баллов), ураганы(12-15 баллов), смерчи, торнадо, шквалы, крупный град, сильный дождь, сильные снегопад, гололед, мороз, метель, жара, туман, засуха, суховеи, заморозки
		Морские гидрологические	Тропические циклоны(тайфуны), цунами, сильное колебание уровня моря, ранний ледяной покров, напор льдов, интенсивный дрейф льдов, обледенение судов и портовых сооружений, отрыв прибрежных льдов
		гидрологические	Высокие уровни воды(наводнения), половодье, дождевые паводки, заторы и зажоры, низкие уровни воды, ранний ледостав,
		Гидрогеологическое	Низкие уровни грунтовых вод, высокие уровни грунтовых вод
		Природные пожары	Лесные пожары, пожары степных и хлебных массивов, торфяные пожары, подземные пожары горючих ископаемых
		Инфекционная заболеваемость людей	Единичные случаи экзотических и особо опасных инфекционных заболеваний, групповые случаи опасных инфекционных заболеваний, эпидемическая вспышка опасных инфекционных заболеваний, эпидемия, пандемия, инфекционные заболевания людей не выявленной этиологии
		Инфекционная заболеваемость сельскохозяйственных животных	Единичные случаи экзотических и особо опасных инфекционных заболеваний, энзоотии, эпизоотии, инфек. забол. с/х животных не выявленной этиологии
		Поражение сельскохозяйственных растений болезнями и вредителями	Прогрессирующая эпифитотия, панфитотия, болезни сельскохозяйственных растений не выявленной этиологии, массовое распространение вредителей растений.
2.	Техногенный	Транспортные аварии	Аварии товарных поездов, аварии пассажирских поездов, поездов метрополитенов, аварии речных и морских грузовых и пассажирских судов, авиакатастрофы в аэропортах, населенных пунктах, аварии на дорогах, на магистральных трубопроводах

№ п/п	Характер ЧС	ЧС	примеры
		Пожары, взрывы, угроза взрывов	Пожары в зданиях, на коммуникациях, на объектах добычи, переработки и хранения легковоспламеняющихся, горючих и взрывчатых веществ, пожары на транспорте, в шахтах, подземных и горных выработках, метрополитенах, в зданиях и сооружениях жилого, социально-бытового, культурного назначения, на химически опасных объектах, на радиационно - опасных объектах
		Аварии с выбросом (угрозой выброса) ХОВ	При их производстве, переработке или хранении, аварии на транспорте с выбросом ХОВ, образование и распространение ХОВ в процессе химических реакций, начавшихся в результате аварии, аварии с химическими боеприпасами, утрата источников ХОВ
		Аварии с выбросом (угрозой выброса) радиоактивных веществ	Аварии на АС, атомных энергетических установках производственного и исследовательского назначения с выбросом РВ, на предприятиях ядерно-топливного цикла, аварии транспортных средств и космических аппаратов с ядерными установками или грузом РВ на борту и т.д.
		Аварии с выбросом (угрозой выброса) биологически опасных веществ	Аварии с выбросом БОВ на предприятиях и в научно-исследовательских учреждениях, на транспорте, утрата БОВ
		Внезапное обрушение зданий, сооружений	Обрушение элементов транспортных коммуникаций, производственных зданий и сооружений, зданий и сооружений жилого, социально-бытового и культурного назначения
		Аварии на электроэнергетических системах	Аварии на автономных ЭС с долговременными перерывами электроснабжения всех потребителей, выход из строя транспортных электроконтактных сетей
		Аварии на коммунальных системах жизнеобеспечения	Аварии на канализационных системах с массовым выбросом загрязняющих веществ, на тепловых сетях в холодное время года, в системах снабжения населения питьевой водой, на коммунальных газопроводах
		Аварии на очистных сооружениях	Аварии на очистных сооружениях сточных вод промышленных предприятий с массовым выбросом загрязняющих веществ, на очистных сооружениях промышленных газов с массовым выбросом загрязняющих веществ
		Гидродинамические аварии	Прорывы плотин с образованием волн прорыва и катастрофических затоплений, с образованием прорывного паводка, прорывы плотин, повлекшие смыв плодородных почв или отложение наносов на обширных территориях

№ п/п	Характер ЧС	ЧС	примеры
3.	экологические	Связанные с изменением состояния суши	Катастрофические просадки, оползни, обвалы земной поверхности из-за выработки недр при добыче п.и. и другой деятельности человека, наличие тяжелых металлов и других вредных веществ в почве сверх ПДК, интенсивная деградация почв, опустынивание на обширных территориях из-за эрозии, засоления, заболачивания почв
		Связанные с изменением состава и свойств атмосферы	Резкие изменения погоды и климата в результате антропогенной деятельности, превышение ПДК вредных примесей в атмосфере, температурные инверсии над городами, «кислородный» голод в городах, значительное превышение ПД уровня городского шума, образование обширной зоны кислородных осадков, значительное изменение прозрачности атмосферы
		Связанные с изменением состояния гидросферы	Резкая нехватка питьевой воды вследствие истощения источников или загрязнения, нарушение хозяйственной деятельности и экологического равновесия вследствие загрязнения зон внутренних морей и Мирового океана
		Связанные с изменением состояния биосферы	Исчезновение видов животных, растений, чувствительных к изменению условий среды обитания, гибель растительности на обширной территории, резкое изменение способности биосферы к воспроизводству возобновляемых ресурсов, массовая гибель животных

3. Фазы развития ЧС

Какими бы различными не были ЧС, в своём развитии они все проходят 4 характерные стадии: зарождение, инициирование, кульминация, затухание.

1. Стадия зарождения: создаются предпосылки будущей ЧС, накопление отклонений от нормального состояния или процесса (накапливаются технологические неполадки, происходят сбои в эксплуатации оборудования, работе инженерно технического персонала и т.д.). эта стадия может быть определена приблизительно.

2. Стадия инициирования : возникают технологические нарушения, этот период можно назвать «аварийной ситуацией» - авария ещё не произошла, но предпосылки видны. Оказывают влияние и внешние события (экстремальные погодные условия, стихийные бедствия, диверсии). В этот период в ряде случаев можно её предотвратить, либо существенно уменьшить её масштабы.

3. Стадия кульминации : процесс чрезвычайного события во время которого происходит непосредственное воздействие на людей, объекты и природную среду первичных поражающих факторов. В период аварии на производстве происходит высвобождение энергии, вещества; такая авария может носить разрушительный характер.

4. Стадия затухания: продолжается от момента устранения источников опасности до полной ликвидации последствий аварии, что может продолжаться годы и даже десятилетия.

1.9 Лекция № 10 (2 часа).

Тема: «Устойчивость функционирования объектов экономики»

1.9.1 Вопросы лекции:

1. Общие понятия и основы устойчивости объектов.
2. Методика оценки устойчивости объекта.
3. Пути повышения устойчивости работы сельскохозяйственного объекта в ЧС.
4. Ликвидация последствий чрезвычайных ситуаций.

1.9.2 Краткое содержание вопросов:

1. Общие понятия и основы устойчивости объектов

В современных условиях резко возрастают требования к безопасности и устойчивости функционирования народного хозяйства и объектов экономики в мирное и военное время. Это определяется ростом негативного влияния техногенных аварий и катастроф на природу и население страны. Статистика свидетельствует, что в последние годы материальные потери в результате чрезвычайных ситуаций ежегодно возрастают на 10—30%, а прирост валового национального продукта уже не в состоянии компенсировать потери от аварий, катастроф и стихийных бедствий.

Определение понятий "устойчивость", "повышение устойчивости" функционирования народного хозяйства, территорий и объектов дается в "Каталоге основных понятий РСЧС":

- устойчивость функционирования народного хозяйства в ЧС — это способность территориальных и отраслевых звеньев народного хозяйства удовлетворять основные жизненно важные интересы населения и общества на уровне, обеспечивающем их защиту от опасностей, вызываемых источниками ЧС природного и антропогенного характера;
- устойчивость функционирования территорий в ЧС — это способность территориального звена народного хозяйства удовлетворять основные жизненно важные интересы населения и общества на уровне, обеспечивающем их защиту от опасностей, вызываемых источниками ЧС природного и антропогенного характера на определенной территории.

Устойчивость любой технической системы — это возможность сохранения ее работоспособности при любых нештатных ситуациях.

К основным факторам, определяющим устойчивость функционирования различных объектов экономики, можно отнести:

- наличие надежной системы защиты персонала объекта от поражающих факторов возможных источников чрезвычайных ситуаций;
- физическую устойчивость объекта, т.е. способность всех его подсистем противостоять воздействию поражающих факторов источников чрезвычайных ситуаций;
- бесперебойность обеспечения производства всем необходимым для выпуска продукции (сырьем, топливом, комплектующими изделиями, электроэнергией, водой, газом, теплом и др.);
- бесперебойность работы структуры управления;
- возможность восстановления производства при его нарушении;
- заблаговременную подготовку формирований ГО для проведения спасательных и аварийно-восстановительных работ.

Реализовываться эти факторы должны еще на этапах проектирования, строительства и ввода в эксплуатацию объектов экономики. При выборе площадок под строительство должна учитываться возможная степень опасности территорий в случае применения ядерного оружия, при авариях на радиационно и химически опасных объектах, а также возможных природных катаклизмах (катастрофических затоплениях, землетрясениях, ураганах и других стихийных бедствиях). Все элементы проектируемых объектов должны оцениваться на соответствие установленным критериям устойчивости от возможных поражающих факторов

источников чрезвычайных ситуаций. В основе повышения устойчивости функционирования объектов экономики лежат следующие принципы:

- заблаговременность;
- дифференцированный подход;
- необходимая достаточность;
- комплексность проведения мероприятий защиты;
- равноустойчивость к поражающим факторам источников ЧС всех основных элементов объекта.

Проведению мероприятий по повышению устойчивости технических систем и объектов всегда предшествует исследование устойчивости конкретного объекта.

К исследованию устойчивости промышленного объекта (технической системы) обычно привлекается инженерно-технический персонал и работники отдела гражданской обороны, а в необходимых случаях — научно-исследовательские и проектные организации, принимавшие участие в проектировании объекта.

Общее руководство исследованиями осуществляет начальник ГО (директор предприятия), приказом которого определяются сроки проведения работ, состав рабочих групп и планы проведения исследования.

Исследованию подлежат здания основного и вспомогательного производства, транспортные коммуникации объекта, мосты, эстакады, транспортные туннели, подземные переходы и сооружения, коммунально-энергетические сети, системы водоснабжения и канализации, сети газо-, электро- и теплоснабжения, станочное и технологическое оборудование, технологические процессы производства, системы управления производством и его материально-технического снабжения. В зависимости от особенностей производства на каждом объекте могут быть выделены дополнительные области исследования и созданы соответствующие группы.

На первом этапе исследования промышленного объекта проводится анализ уязвимости и устойчивости его отдельных элементов в условиях ЧС. Важной частью этой работы является оценка опасности выхода из строя или разрушения отдельных элементов, а также всего объекта в целом. На этом этапе проводятся работы по анализу:

- последствий аварий отдельных систем производства;
- распространения ударной волны по территории предприятия (взрыв резервуаров, коммуникаций, взрывоопасных веществ, ядерных зарядов и т.п.);
- распространения огня при различных видах пожаров;
- надежности установок и промышленных комплексов;
- рассеивания веществ, высвобождающихся при чрезвычайных ситуациях;
- возможности вторичного образования токсичных, пожаро- и взрывоопасных смесей и т.п.

На втором этапе разрабатываются мероприятия по повышению устойчивости и заблаговременной подготовке объекта к восстановлению (изменению) после чрезвычайной ситуации.

Исследование устойчивости функционирования объекта начинается задолго до ввода его в эксплуатацию. На стадии проектирования определенные работы выполняют проектировщики. Аналогичные исследования объекта проводятся со-, ответственными службами на стадии технических, экономических, экологических и иных видов экспертиз. Каждая реконструкция или расширение объекта также требуют нового исследования устойчивости. Таким образом, исследование устойчивости — это не однократное действие, а длительный, динамичный процесс, требующий постоянного внимания со стороны руководства, инженерно-технического персонала, служб гражданской обороны.

При оценке внутренней планировки территории объекта определяется влияние плотности и типа застройки на возможность возникновения и распространения пожаров, образование завалов входов в убежища и проходов между зданиями. Особое внимание

обращается на участки, где могут возникнуть вторичные факторы поражения. При этом прогнозируются последствия:

- утечки тяжелых и легких газов и токсичных дымов;
- пожаров цистерн, колодцев, фонтанов;
- воздействия шаровых молний;
- взрывов паров легковоспламеняющихся жидкостей;
- нагрева и испарения бассейнов и емкостей с различными жидкостями;
- рассеивания продуктов сгорания во внутренних помещениях;
- токсичного воздействия на человека продуктов горения и иных химических веществ;
- тепловой радиации при пожарах.

2. Методика оценки устойчивости объекта

Цель оценки устойчивости объекта состоит в выявлении наиболее уязвимых мест в производственных помещениях, технологическом оборудовании и коммуникациях и подготовке предложений по повышению устойчивости объекта в целом.

Оценка устойчивости объекта проводится в два этапа. В процессе первого на основе прогноза определяют вероятную обстановку, которая может сложиться на объекте при возникновении чрезвычайных ситуаций.

На втором этапе исследований разрабатывают план мероприятий по повышению устойчивости работы объекта, который выполняют в процессе обычной производственной деятельности и в период угрозы возникновения чрезвычайных ситуаций.

Оценка надежности системы защиты персонала объекта сводится к определению коэффициента надежности защиты ($K_{нз}$), который вытекает из определения коэффициентов инженерной защиты персонала ($K_{инж.з}$), его оповещенности ($K_{оп}$), обученности ($K_{об}$) обеспеченности персонала средствами индивидуальной защиты, наличия и реальности плана эвакуации и рассредоточения персонала объекта и членов их семей в загородной зоне. Коэффициенты определяются как частное от деления, например, суммарной вместимости всех убежищ на общую численность персонала или числа обученных на общую численность персонала.

Оценка воздействия ударной волны ядерного взрыва. Критерием для определения устойчивости объектов экономики к воздействию ударной волны ядерного взрыва является величина избыточного давления, при которой элементы зданий, сооружений и инженерных коммуникаций либо сохраняются, либо получают слабые и частично средние разрушения.

Значения величины избыточного давления во фронте ударной волны, при которых происходят разрушения зданий, сооружений и оборудования, находятся по таблицам и формулам. Результаты оценки устойчивости зданий, сооружений и Коммуникаций к избыточному давлению обобщаются в виде Таблицы.

После оценки отдельных сооружений оценивается объект в целом. При этом его устойчивость определяют по тому зданию и сооружению, которое разрушается при наименьшем избыточном давлении.

Завершив оценочные работы, приступают к разработке мероприятий, необходимых для повышения устойчивости наиболее уязвимых зданий или сооружений к воздействию ударной волны ядерного взрыва.

Оценка воздействия светового (теплового) излучения. Устойчивость объекта к воздействию светового (теплового) излучения оценивают по способности его элементов противостоять загоранию и возникновению пожаров. Она зависит от величины светового импульса, огнестойкости сооружений, пожаро- и взрывоопасности производства.

Самыми опасными являются помещения, здания и сооружения, возведенные из сгораемых материалов. Однако даже здания и сооружения, выполненные из несгораемых материалов, могут выдерживать воздействие огня или высоких температур только относительно непродолжительное время.

При оценке устойчивости сооружений объекта вначале изучаются характер каждого строения и наиболее легко возгораемые элементы его, затем определяются величины световых импульсов (тепловых потоков), при которых происходят воспламенения элементов объекта, и сравниваются с возможным, световым импульсом от источника ЧС.

При оценке устойчивости объекта к световому излучению внимательно изучают все строения, расположенные в радиусе возможного возгорания, а также анализируют последствия, которые могут возникнуть от пожара, с учетом характера производства и плотности застройки. Возникновение единичных пожаров и превращение их в сплошные зоны огня определяются плотностью застройки.

Результаты оценки теплового воздействия заносятся в сводную таблицу, анализируются, делаются выводы и определяются мероприятия по повышению устойчивости конструкций, предел физической устойчивости которых меньше установленных для объекта.

Оценка воздействия радиоактивного заражения. Работа объекта в первую очередь будет зависеть от степени поражения ионизирующими излучениями его персонала и заражения выпускаемой продукции радиоактивными веществами. Критерием определения устойчивости является максимально допустимая доза облучения, которая не приводит к потере работоспособности и заболеванию людей лучевой болезнью.

Оценка устойчивости объекта к воздействию этих факторов включает определение коэффициента ослабления радиации зданиями и сооружениями. По результатам оценки защитных свойств зданий и сооружений от ионизирующих излучений разрабатываются мероприятия по защите рабочих и служащих предприятия.

Оценка воздействия электромагнитного импульса (ЭМИ). Критерием устойчивости к ЭМИ является наличие на объекте подавителей пиковых напряжений и нагрузок (ППНН), которые они могут выдержать по сравнению с максимально возможными при ядерных взрывах. Подавители пиков напряжений включают в себя газонаполненные или вакуумные искровые разрядники, обеспечивающие уровень защиты от нескольких сотен до десятков тысяч вольт и быстроедействие до нескольких наносекунд.

Оценка устойчивости системы управления, связи и оповещения. Управление объектом составляет основу деятельности руководства ГО по своевременному и успешному выполнению поставленных перед ней задач. Критериями устойчивости системы управления являются наличие и состояние оборудования пунктов управления (ПУ); надежность защиты личного состава, ПУ и узлов (средств) связи; структура и возможности расчетов ПУ; надежность системы связи и оповещения.

После завершения оценки разрабатываются мероприятия по повышению устойчивости системы управления, связи и оповещения.

3. Повышение устойчивости работы сельскохозяйственного объекта в ЧС

Повышение устойчивости работы объекта экономики зависит от факторов, определяющих непрерывность его работы. Остановимся на основных из них.

Важнейшим фактором повышения устойчивости работы любого объекта экономики является создание системы надежной защиты персонала. С этой целью возводятся защитные сооружения типа убежищ для укрытия наибольшей работающей смены предприятия и ПРУ в загородной зоне для отдыхающей смены и членов их семей. На участках с непрерывным производственным процессом строятся индивидуальные убежища с „дистанционным управлением технологическим процессом. Проводятся подготовительные мероприятия по рассредоточению и эвакуации в загородную зону производственного персон[ала и членов их семей; накоплению, хранению и поддержанию готовности средств индивидуальной защиты. Важнейшим элементом подготовки к защите является обучение рабочих и служащих умелому применению средств и способов защиты, действиям в чрезвычайных ситуациях, а также в составе формирований при проведении спасательных и аварийно-восстановительных работ.

Защита инженерно-технического комплекса предусматривает сохранение материальной основы производства: зданий и сооружений, технологического оборудования и коммунально-энергетических сетей.

Здания и сооружения при строительстве на объекте необходимо размещать рассредоточено. Между зданиями должны быть предусмотрены противопожарные разрывы шириной не менее суммарной высоты двух соседних зданий. Наиболее важные производственные здания необходимо строить заглубленными или пониженной высоты, по конструкции — лучше железобетонные с металлическим каркасом. В каменных зданиях перекрытия должны быть из армированного бетона или из бетонных плит. Большие здания следует разделять на секции несгораемыми стенами (брандмауэрами).

Складские помещения для хранения легковоспламеняющихся веществ (бензина, керосина, нефти, мазута) должны I. размещаться в отдельных блоках заглубленного или полуглубленного типа у границ объекта или за ее пределами.

От устойчивости зданий и сооружений зависит в основном устойчивость всего объекта. Повышение их устойчивости достигается устройством каркасов, рам, подкосов, контрфорсов, промежуточных опор для уменьшения пролета несущих конструкций. Для повышения прочности невысокие сооружения частично обсыпаются грунтом; высокие (трубы, вышки, башни, колонны) — закрепляются оттяжками, рассчитанными на воздействие скоростного напора ударной волны.

Защита емкостей со СДЯВ и легковоспламеняющимися жидкостями осуществляется путем их обвалования (создания земляного вала вокруг емкости, рассчитанного на удержание полного объема жидкости).

Основные мероприятия по повышению устойчивости технологического оборудования ввиду его более высокой прочности по сравнению со зданиями, в которых оно размещается, заключаются в сооружении над ним специальных устройств в виде кожухов, шатров, зонтов и т.п., защищающих его от повреждения обломками разрушающихся конструкций. При недостаточной устойчивости самого оборудования в целях повышения сохранности после действия скоростного напора ударной волны оно должно быть прочно закреплено на фундаментах анкерными болтами.

Повышение устойчивости систем электроснабжения достигается проведением как общегородских, так и объектовых инженерно-технических мероприятий. Электроэнергия должна поступать на объект как минимум с двух направлений. При энергоснабжении с одного направления устанавливается автономный (аварийный) источник (передвижная электростанция). Трансформаторные помещения, распределительная аппаратура и приборы надежно защищаются, в том числе и от электромагнитного импульса ядерного взрыва.

Особое внимание нужно уделять обеспечению устойчивости систем снабжения газом. Всю систему газоснабжения следует закольцевать, что позволит отключить поврежденные участки и использовать сохранившиеся линии. На газопроводах необходимо устанавливать запорную арматуру с дистанционным управлением и краны, автоматически перекрывающие подачу газа при разрушении труб.

Исключительное значение имеет создание устойчивой системы водоснабжения объекта. Обеспечение водой осуществляется от двух источников — основного и резервного, один из которых должен быть подземным (артезианская скважина). Резервными источниками могут быть близко расположенный водоем, от которого к объекту заблаговременно подводится трубопровод, а также резервуары с запасом воды, защищенные от радиоактивного, химического и биологического заражения. Сети водоснабжения оборудуются задвижками для отключения отдельных участков при авариях.

Устойчивость работы объектов во многом определяется также надежностью функционирования систем паро- и теплоснабжения. Промышленные объекты должны всегда иметь два I источника пара и тепла — внешний (ТЭЦ) и внутренний (местные котельные). Тепловая сеть закольцовывается, параллельные участки соединяются. Паропроводы прокладываются под землей в специальных траншеях.

Кроме перечисленных на объектах проводятся и дополнительные мероприятия. Непосредственно на производственной территории максимально сокращаются запасы взрывоопасных, горючих и сильнодействующих ядовитых веществ, а сверхнормативные запасы вывозятся на безопасное расстояние. На I трубопроводах устанавливаются автоматические отключающие устройства и клапаны — отсекатели, перекрывающие вышедшие из строя участки.

Для целей нейтрализации СДЯВ на химических предприятиях необходимо иметь запас различных дегазационных веществ (щелочей, водного раствора аммиака, сернистого на-5,трия и др.). В цехах целесообразно оборудовать автоматическую сигнализацию, которая позволяла бы предотвращать аварии, взрывы и загазованность территории, а также подготовить и рационально разместить средства пожаротушения.

Для обеспечения непрерывного управления на объекте необходимо иметь:

- надежно защищенные пункты управления, диспетчерские пункты, АТС и радиоузел, резервную электростанцию для зарядки аккумуляторов и питания радиоузла;
- надежную связь с местными органами, вышестоящим начальником ГО и его штабом, с формированиями на объекте и в загородной зоне;
- эффективную систему оповещения должностных лиц и всего производственного персонала предприятия.

Надежность материально-технического снабжения обеспечивается организацией устойчивых производственных связей с предприятиями-поставщиками; заблаговременной подготовкой складов для хранения готовой продукции; переходом на местные источники сырья и топлива; строительством за пределами крупных городов филиалов предприятий; созданием на объектах запасов сырья, топлива, оборудования, материалов и комплектующих деталей; организацией маневра запасами в пределах объединения, отрасли.

Светомаскировка объектов экономики проводится для затруднения их обнаружения и опознания авиацией в темное время суток оптическими средствами. Она включает мероприятия по снижению освещенности населенных пунктов и объектов экономики, интенсивности сигнальных, транспортных и производственных огней, имитацию демаскирующих признаков на специально созданных ложных объектах.

Таким образом, из всего вышеизложенного вытекает, что обеспечение устойчивости функционирования экономики, территорий и объектов в чрезвычайных ситуациях мирного и военного времени — сложная и многоплановая задача. Решение ее необходимо и возможно лишь на базе глубокого изучения отечественного и зарубежного опыта, сосредоточения усилий органов управления всех уровней, заблаговременной подготовки объектов и проведения предупредительных мероприятий по минимизации ущерба от чрезвычайных ситуаций.

4. Ликвидация чрезвычайных ситуаций

Ликвидация чрезвычайных ситуаций — это аварийно-спасательные и другие неотложные работы, проводимые при возникновении чрезвычайных ситуаций и направленные на спасение жизней и сохранение здоровья людей, снижение ущерба природной среде и материальных потерь, а также на локализацию зон чрезвычайных ситуаций, прекращение действия характерных для них опасных факторов.

Ликвидация чрезвычайной ситуации считается завершенной по окончании проведения спасательных и других неотложных работ.

Ликвидация ЧС	
Аварийно-спасательные работы	Другие неотложные работы
1. Разведку маршрутов движения формирований и участков предстоящих работ.	1. Прокладка колонных путей и устройство проездов (проходов) в завалах и на зараженных участках.

2. Тушение пожаров на путях движения формирований и участках работ.	2. Локализация аварий на коммунально-энергетических и технологических сетях.
3. Розыск пораженных и извлечение их из завалов, поврежденных и горящих зданий, загазованных, задымленных и затопленных помещений.	3. Укрепление или обрушение угрожающих обвалом конструкций зданий (сооружений) на путях движения к участкам проведения работ.
4. Оказание первой доврачебной помощи пораженным и эвакуация их в лечебные учреждения.	
5. Санитарная обработка людей, обеззараживание их одежды, территории, сооружений, техники, воды и продовольствия.	

Ликвидация последствий чрезвычайных ситуаций должна выполняться в максимально короткие сроки. В этой деятельности различают три основных этапа.

На первом этапе реализуются мероприятия по *экстренной защите населения*. Через систему оповещения население информируют о возникновении чрезвычайных ситуаций и о необходимости использования средств индивидуальной защиты. Проводятся эвакуация людей из опасных зон и оказание им первой медицинской помощи. Принимаются неотложные меры для локализации аварий, а в случае необходимости вводится в действие комплекс противопожарных мероприятий. На этом этапе проводится подготовка к выполнению спасательных и других неотложных работ. Для этого заблаговременно создаются специально обученные спасательные формирования. На промышленных объектах спасательные подразделения формируются из числа работников этого объекта (подразделения гражданской обороны объекта).

Для получения сведений о сложившейся в результате чрезвычайной ситуации обстановке проводят разведку очага поражения – территории, на которой возникли негативные последствия в результате действия опасных и вредных факторов, вызванных чрезвычайной ситуацией. Форма очага поражения зависит от вида чрезвычайной ситуации: при взрывах и землетрясениях – форма круглая, при ураганах, затоплениях и смерчах – имеет вид полосы, при пожарах и оползнях образуется очаг поражения неправильной формы и т.д. Различают простые и сложные (комбинированные) очаги поражения. Простые очаги поражения возникают под действием одного опасного или вредного фактора чрезвычайной ситуации, а комбинированные – от воздействия нескольких факторов.

На втором этапе проводятся *спасательные и другие неотложные работы*, а также продолжается выполнение задач по защите населения и уменьшению последствий чрезвычайных ситуаций, начатых на первом этапе. Продолжаются локализация и тушение пожаров, а также спасение людей из горящих зданий и сооружений. Если в результате чрезвычайной ситуации разрушены или завалены защитные укрытия и убежища, в которых находились люди, проводится их розыск и извлечение из завалов. Пострадавших и получивших ранения доставляют в медицинские учреждения. Продолжается также эвакуация населения из опасных зон.

В случае необходимости (выброса в окружающую среду радиоактивных или токсичных химических веществ, а также бактериологических агентов) проводят специальную обработку, которая представляет собой комплекс мероприятий, проводимых с целью восстановления готовности людей, входящих в состав специальных формирований, и используемой техники к продолжению аварийно-восстановительных работ в очагах поражения, а также подготовки объектов к возобновлению производственной деятельности.

Специальная обработка состоит из обеззараживания и санитарной обработки. Обеззараживание включает в себя следующие операции: дезактивацию, дегазацию, дезинфекцию и дератизацию. *Дезактивация* – это удаление радиоактивных веществ с

поверхностей различных предметов, а также очистка от них воды. Различают механический и физико-химический (химический) способы удаления радиоактивных веществ (радиоактивной пыли) с очищаемых поверхностей. Механическое удаление радиоактивной пыли сводится к смыванию ее водой под давлением с поверхности загрязненных предметов. При использовании химического способа радиоактивную пыль связывают специальными растворами, препятствуя тем самым ее распространению в окружающей среде. Для этого используют поверхностно-активные (порошок Ф-2, препарат ОП-7 и ОП-10) и комплексообразующие вещества, кислоты и щелочи (фосфаты натрия, трилон Б, щавелевую и лимонную кислоты, соли этих кислот).

Следующая операция обезвреживания – *дегазация*. Ее используют для разложения отравляющих и сильнодействующих ядовитых веществ до нетоксичных продуктов. В качестве дегазирующих веществ используются также химические соединения, которые вступают в реакцию с отравляющими и сильнодействующими ядовитыми веществами.

Для удаления отравляющих и сильнодействующих химических веществ с зараженных поверхностей используют моющие растворы, приготовленные на основе порошка СФ-24 или бытовых синтетических моющих веществ. Эти растворы, не обезвреживают отравляющие вещества, а лишь позволяют быстро смыть их с зараженной поверхности.

Дегазацию проводят с применением воды, моющих растворов, растворов дегазирующих и органических веществ, используя моечные машины. Если имеет место комбинированное загрязнение радиоактивными и отравляющими веществами, то сначала проводят дегазацию, а уж затем дезактивацию.

Для уничтожения возбудителей инфекционных заболеваний человека и животных в окружающей среде проводят *дезинфекцию*. Ее осуществляют физическими, химическими и механическими методами.

Физические методы применяют в основном при кишечных инфекциях. К ним относятся: кипячение белья, посуды, предметов ухода за больными, сжигание ненужных и непригодных для дальнейшего использования вещей. Химический метод дезактивации заключается в уничтожении болезнетворных микробов и разрушении токсинов дезинфицирующими веществами, в качестве которых используются этанол, пропанол, фенол (карболовая кислота) и его производные (например, трихлорофенол), а также ряд других веществ. Зараженную бактериологическими агентами территорию обрабатывают (поливают) дезинфицирующими веществами. Этот способ дезактивации является основным. Механический метод дезинфекции заключается в удалении зараженного слоя грунта или устройстве настилов.

С целью предотвращения распространения инфекционных заболеваний используют методы *дератизации*, заключающиеся в уничтожении переносчиков этих заболеваний (мышей, крыс, других грызунов). Как и дезинфекция, дератизация может осуществляться химическим, механическим и биологическим методами. Например, крыс уничтожают, используя в качестве ядохимиката карбонат бария.

Как уже сказано выше, специальная обработка включает в себя и *санитарную обработку*, под которой понимают комплекс мероприятий по ликвидации заражения личного состава спасательных формирований и населения радиоактивными и отравляющими веществами, а также бактериологическими средствами. При санитарной обработке обеззараживают как поверхность тела человека, так и наружные слизистые оболочки. Обрабатывают также одежду, обувь и индивидуальные средства защиты.

Различают полную и частичную санитарную обработку. Первой из них подвергается личный состав спасательных формирований, а также эвакуированное население после выхода из загрязненных зон. При полной санитарной обработке обеспечивается полное обеззараживание от радиоактивных, отравляющих и бактериальных средств. Она проводится на пунктах специальной обработки людей. Одежда и другие предметы и вещи обеззараживают камерным или газовым методом, а также замачиванием в растворах дезинфектов и последующей стиркой, кипячением и др.

Частичная санитарная обработка осуществляется непосредственно в очаге поражения для исключения вторичного инфицирования людей. При этом проводят механическую очистку и обработку открытых участков кожи, поверхностей одежды, обуви и индивидуальных средств защиты.

На заключительном (третьем) этапе начинаются работы по *восстановлению функционирования объектов* народного хозяйства, которые выполняются строительными, монтажными и другими специальными организациями. Кроме этого, осуществляется ремонт жилья или возведение временных жилых построек. Восстанавливаются также энерго- и водоснабжение, объекты коммунального обслуживания и линии связи. После окончания этих и ряда других работ производится возвращение (реэвакуация) населения к месту постоянного жительства.

1.10 Лекция № 11 (2 часа).

Тема: «Защита сельского населения в чрезвычайных ситуациях»

1.10.1 Вопросы лекции:

1. Принципы защиты населения в чрезвычайных ситуациях.
2. Организация эвакуации из зон ЧС.
3. Защитные сооружения.
4. Средства индивидуальной и медицинской защиты.

1.10.2 Краткое содержание вопросов:

1. Принципы защиты населения в ЧС

Защита населения в ЧС - это комплекс мероприятий, проводимых с целью недопущения поражения людей или максимального снижения степени воздействия поражающих факторов. Принципы защиты населения приведены на рисунке 1, способы защиты населения на рисунке 2.

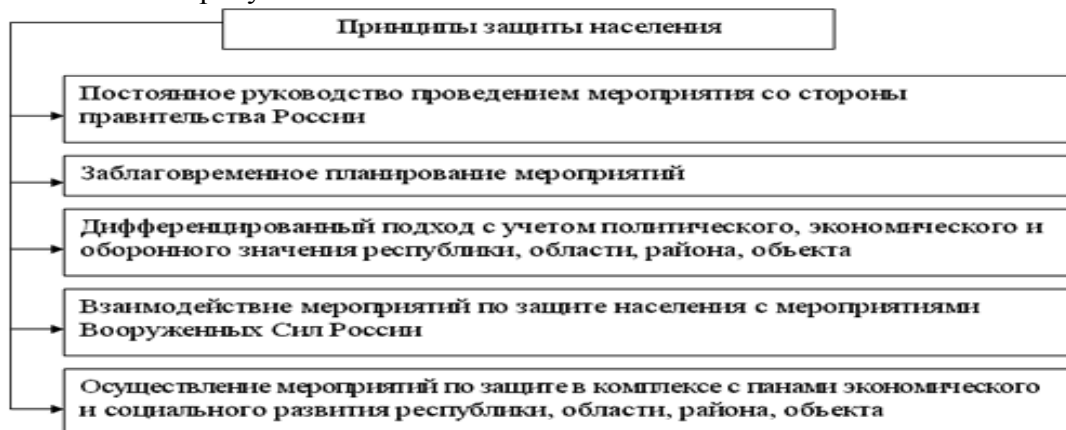


Рисунок 1 - Принципы защиты населения



Рисунок 2 - Способы защиты населения

Особо важное значение в комплексе мероприятий по защите населения принадлежит оповещению о возможной опасности с помощью сигналов ГО (рисунок 3).



Рисунок 3 - Сигналы оповещения

2. Организация эвакуации из зон ЧС

Под *эвакуационными мероприятиями* понимают рассредоточение и эвакуацию населения из категорированных городов в загородную зону. Они организуются в соответствии с планами ГО района (объекта).

Рассредоточение - это вывоз транспортом и вывод пешим порядком рабочих и служащих организаций и предприятий, продолжающих работу в условиях ЧС из городов и населенных пунктов с размещением их в загородной зоне для отдыха и проживания.

Эвакуация - это вывоз и выход рабочих и служащих объектов, деятельность которых переносится в загородную зону или прекращается на время ЧС, а также всего нетрудоспособного населения. Эвакуация проводится из тех районов, где пребывание населения может привести к поражению выше допустимых пределов и где нельзя обеспечить его защиту другими способами.

Эвакуация проводится после тщательной подготовки людей, транспорта, изучения маршрутов движения. Способы эвакуации приведены на рисунке 4.



Рисунок 4 - Способы эвакуации

При планировании мероприятий по предупреждению и ликвидации ЧС намечают мероприятия и временные параметры эвакуации:

- определение вида эвакуации;
- расчет рабочих и служащих на проведение эвакуации;
- мероприятия по безаварийной обстановке производства;
- подготовка схем завершения марша к пунктам временного размещения;
- организация охраны объекта и меры по усилению пропускного режима при проведении эвакуации, её завершении и ликвидации последствий ЧС;
- организация материально-технического и бытового обеспечения эвакуированных.

Виды эвакуации:

- укрытие в защитных сооружениях;
- использование защитных свойств зданий и сооружений.

Вид эвакуации можно определить по формуле в зависимости от фактора внезапного наступления ЧС:

$$T = T_{чс} - T_{эвак},$$

где T - время, имеющееся в запасе для организации эвакуационных мероприятий, ч; $T_{чс}$ - время наступления ЧС;

$T_{эвак}$ - время, необходимое для организации эвакуационных мероприятий (определяется по плану графику эвакуационных мероприятий). Например, время подхода облака (хлор) заражённого воздуха к объекту 30 мин., время подготовки к проведению эвакуационных мероприятий 40 мин.; $T = 30 \text{ мин.} - 40 \text{ мин.} = -10 \text{ мин.}$, т.е. времени на вывод людей за пределы объекта нет. Способ защиты: перевод людей на верхние этажи, герметизация помещений.

Расчет рабочих и служащих на проведение эвакуационных мероприятий производится исходя из наибольшей работающей смены мирного времени.

3. Защитные сооружения

Защитные сооружения относятся к средствам коллективной защиты. Они подразделяются на несколько видов (таблица 1., рисунок 5).

Таблица 1 - Защитные сооружения

Убежища	Противорадиационные укрытия	Простейшие укрытия
Герметичные укрытия; обеспечивают защиту от всех поражающих факторов (высоких температур, огня, радиоактивных, отравляющих, аварийно химически опасных веществ, обвалов обломков разрушенных зданий).	Негерметичные укрытия, построенные заблаговременно или приспособленные (погреб, подполья, овощехранилища). Обеспечивают защиту от радиоактивных излучений с коэффициентом ослабления радиации до 300 раз.	Открытые или перекрытые щели. Обеспечивают защиту от радиоактивного излучения с коэффициентом ослабления до 20 раз (после дезактивации - до 40-50 раз соответственно).



Рисунок 5 - Классификация защитных сооружений

К убежищам (рисунок 7) относятся сооружения, обеспечивающие наиболее надежную защиту людей от всех поражающих факторов ядерного оружия - от ударной волны, светового излучения, проникающей радиации (включая и нейтронный поток) и от радиоактивного заражения. Убежища защищают также от отравляющих веществ и бактериальных средств, от высоких температур и вредных газов в зонах пожаров и от обвалов и обломков разрушений при взрывах.

Требования к убежищам приведены на рисунок 6.

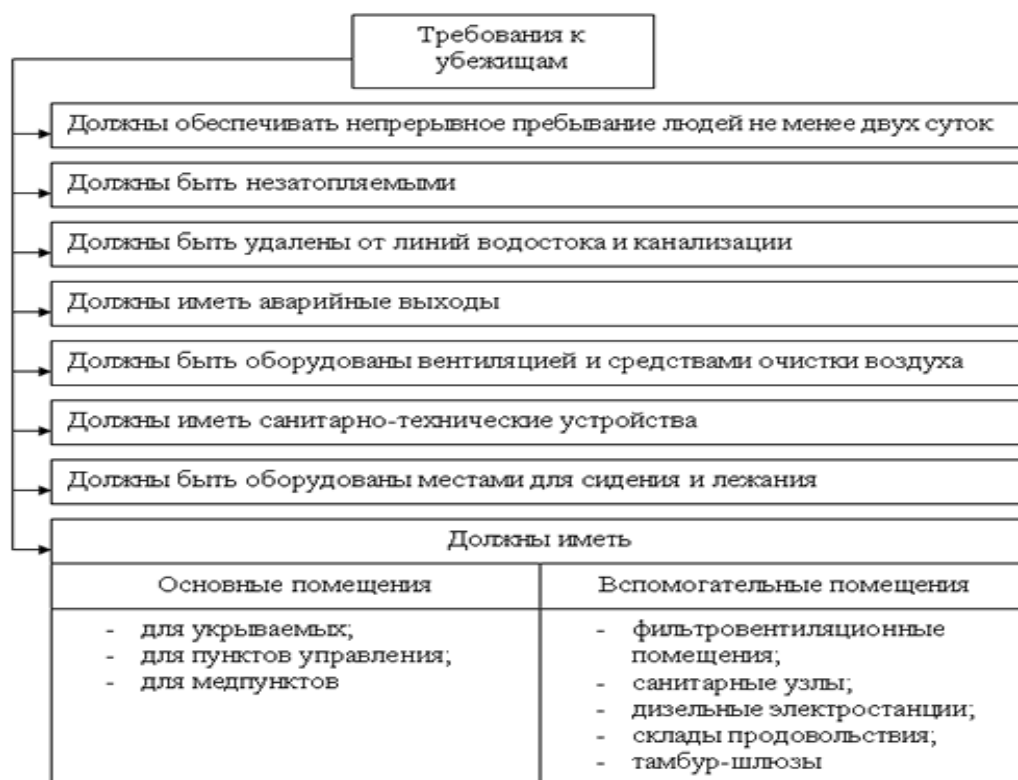


Рисунок 6. Основные требования к убежищам

Люди могут находиться в убежищах длительное время, даже в заваленных убежищах безопасность их обеспечивается в течение нескольких суток. Надежность защиты в убежищах достигается за счет прочности ограждающих конструкций и перекрытий их, а также за счет создания санитарно-гигиенических условий, обеспечивающих нормальную жизнедеятельность людей в убежищах в случае заражения окружающей среды на поверхности радиоактивными, отравляющими веществами и бактериальными средствами или возникновения массовых пожаров.

Наиболее распространены встроенные убежища. Под них обычно используют подвальные или полуподвальные этажи производственных, общественных и жилых зданий.

Безмолвно также строительство убежищ в виде отдельно стоящих сооружений. Такие убежища полностью или частично заглублены и обсыпаны сверху и с боков грунтом. Под них могут быть приспособлены различные подземные переходы и галереи, метрополитены, горные выработки.

Убежища должны располагаться в местах наибольшего сосредоточения людей, для укрытия которых они предназначены.

Убежище состоит из основного помещения, предназначенного для размещения укрываемых людей, и вспомогательных помещений-входов, фильтровентиляционной камеры, санитарного узла, для отопительного устройства, а в ряде случаев и помещений для защищенной дизельной установки и артезианской скважины. В убежище большой вместимости могут быть выделены помещения под кладовую для продуктов питания и под медицинскую комнату.

Помещение, предназначенное для размещения укрываемых, рассчитывается из определенного количества людей: на одного человека предусматривается не менее 0,5 м² площади пола и 1,5 м³ внутреннего объема. Большое по площади помещение разбивается на отсеки вместимостью по 50-75 человек. В помещении (отсеках) оборудуются двух- или трехъярусные нары-скамейки для сидения и полки для лежания; места для сидения устраиваются размером 0,45х 0,45 м, а для лежания - 0,55х 1,8 м.

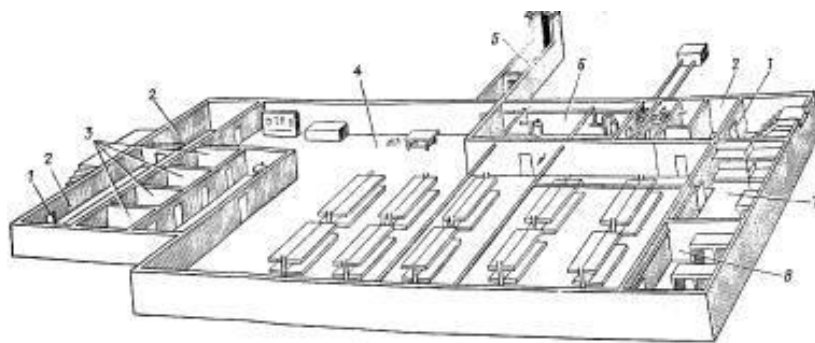


Рисунок 7 - Типовая схема убежища

Для того чтобы в помещения, где располагаются укрываемые, не проникал зараженный радиоактивными, отравляющими веществами и бактериальными средствами воздух, они хорошо герметизируются. Это достигается повышенной плотностью стен и перекрытий таких помещений, заделкой в них всевозможных трещин, отверстий и пр., а также соответствующим оборудованием входов.

Убежище обычно имеет не менее двух входов, расположенных в противоположных сторонах. Встроенное убежище должно иметь, кроме того, аварийный выход.

Входы в убежище в большинстве случаев оборудуются в виде двух шлюзовых камер (тамбуров), отделенных от основного помещения и перегороженных между собой герметическими дверями.

Снаружи входа устраивается прочная защитно-герметическая дверь, способная выдержать давление ударной волны ядерного взрыва. Вход может иметь предтамбур.

Аварийный выход представляет собой подземную галерею с выходом на незаваливаемую территорию через вертикальную шахту, заканчивающуюся прочным оголовком (незаваливаемой считается территория, расположенная на расстоянии от окружающих зданий, равном половине высоты ближайшего здания плюс 3 м). Аварийный выход закрывается защитно-герметическими ставнями, дверями или другими открывающимися устройствами для отсекаания ударной волны.

В фильтровентиляционной камере размещается фильтровентиляционный агрегат, обеспечивающий вентиляцию помещений убежища и очистку наружного воздуха от радиоактивных, отравляющих веществ и бактериальных средств.

Фильтровентиляционный агрегат-это обычно агрегат ВФА-49, ФВК.1 или ФВК-2, состоящий из фильтров-поглотителей, противопыльного фильтра и вентилятора и входящий в систему фильтравентиляции убежища (рисунок 8). В эту систему, кроме того, входят воздухозаборное устройство, воздуховоды, клапаны-отсекатели ударной волны ядерного взрыва, регулирующая аппаратура.

Фильтровентиляционная система может работать в двух режимах: чистой вентиляции и фильтровентиляции. В первом режиме воздух очищается от грубодисперсной радиоактивной пыли (в противопыльном фильтре), во втором - от остальных радиоактивных и веществ, а также от отравляющих веществ и бактериальных средств (в фильтрах-поглотителях).

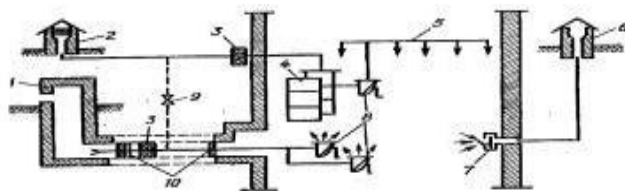


Рисунок 8 - Фильтровентиляция убежища.

Количество наружного воздуха, подаваемого в убежище по режиму чистой вентиляции, устанавливается в зависимости от температуры воздуха в количестве от 7 до 20

м-ч, по режиму фильтровентиляции- от 2 до 8 м-ч на укрываемого человека. Подача воздуха осуществляется по воздуховодам с помощью вентилятора.

При расположении убежища в месте, где возможен сильный пожар или загазованность территории сильнодействующими ядовитыми веществами, может предусматриваться режим полной изоляции помещений убежища с регенерацией воздуха в них.

Сети воздуховодов, расположенные в убежище, окрашиваются в отличительные цвета: режима чистой вентиляции - в белый, режима фильтровентиляции- в красный. Трубы рециркуляции воздуха окрашиваются также в красный цвет.

Если убежище загерметизировано надежно, то после закрывания дверей, ставен и приведения фильтровентиляционного агрегата в действие давление воздуха внутри убежища становится несколько выше атмосферного (образуется так называемый подпор).

В убежище оборудуются различные инженерные системы: электроснабжения (трубы с электропроводкой окрашены в черный цвет), водоснабжения (трубы окрашены в зеленый цвет), отопления (трубы окрашены в коричневый цвет). В нем оборудуется также радиотрансляционная точка (громкоговоритель) и устанавливается телефон (при возможности организуется радиосвязь).

В помещениях убежища размещаются, кроме того, комплект средств для ведения разведки (дозиметрические приборы, приборы химической разведки и т. л.), защитная одежда, средства тушения пожара, аварийный запас инструмента, средства аварийного освещения, запас продовольствия и воды.

В убежище должны быть также документы, определяющие характеристику и правила содержания его, паспорт, план, правила содержания и табель оснащения убежища, схема внешних и внутренних сетей с указанием отключающих устройств, журнал проверки состояния убежища и др.

Противорадиационные укрытия.

При взрывах ядерных боеприпасов по следу движения облака взрыва выпадают радиоактивные вещества. Этими веществами заражаются местность, сооружения, посевы, водоемы и т. п.; люди, оказавшиеся на следе облака взрыва вне укрытий, могут получить поражение в результате попадания радиоактивных веществ в организм при дыхании, с пищей или водой, а также в результате внешнего облучения. С течением времени уровни радиации на местности снижаются и доходят до безопасных для человека значений. Так, уровень радиации после наземного взрыва через 2 ч. уменьшается почти вдвое, через 3 ч - в четыре раза, через 7ч- в десять раз, через 2 суток - в сто раз. Во время выпадения радиоактивных веществ и спада уровней радиации до безопасных значений люди во избежание поражения должны быть в защитных сооружениях.

Защиту от радиоактивных веществ помимо убежищ обеспечивают **противорадиационные укрытия** (рисунок 9): они хорошо защищают людей от излучений в условиях радиоактивного заражения, а также от попадания радиоактивных веществ в органы дыхания, на кожу и одежду. ПРУ, кроме того, способны защищать людей от светового излучения, проникающей радиации (в том числе и от нейтронного потока), частично от ударной волны ядерного взрыва, от непосредственного попадания на кожу и одежду людей капель отравляющих веществ и аэрозолей бактериальных средств.

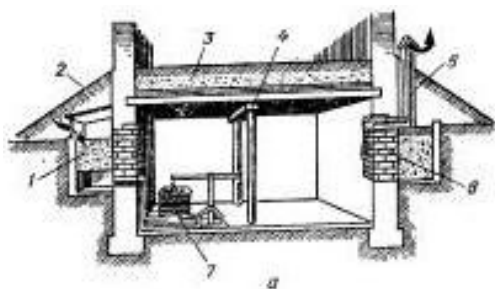


Рисунок 9 - Противорадиационные укрытия

Защитные свойства противорадиационных укрытий от радиоактивных излучений оцениваются коэффициентом защиты, который показывает, во сколько раз уровень радиации на открытой местности на высоте 1 м больше уровня радиации в укрытии. Иными словами, коэффициент защиты показывает, во сколько раз ПРУ ослабляет действие радиации, а следовательно, и дозу облучения людей.

Противорадиационные укрытия устраиваются так, чтобы коэффициент защиты их был наибольший. Они устраиваются прежде всего в подвальных этажах зданий и сооружений. Подвалы в деревянных домах ослабляют радиацию в 7-12 раз, в каменных зданиях - в 200-300 раз, а средняя часть подвала каменного здания в несколько этажей - в 500-1000 раз. Под ПРУ могут быть использованы также наземные этажи зданий и сооружений; наиболее пригодны для этого внутренние помещения каменных зданий.

Все щели, трещины и отверстия в стенах и потолках помещений тщательно заделывают, места вводов отопительных и водопроводных труб проконопачивают. На перекрытие насыпают слой грунта в 60-70 см; перекрытие при необходимости предварительно усиливается (дополнительными балками, стойками). Снаружи у стен, выступающих выше поверхности земли, делают грунтовую обсыпку.

Вентиляция заглубленных укрытий вместимостью до 50 человек осуществляется естественным проветриванием через приточный и вытяжной короба. Короба могут быть из досок или в виде асбестоцементных, керамических или металлических труб; внутреннее сечение их 200-300 см. Короба должны иметь сверху козырьки, а внизу (в помещении) - плотно пригнанные задвижки (поворачивающиеся заслонки). В приточном коробе ниже задвижки (заслонки) следует делать карман для осаждения пыли. Для обеспечения тяги вытяжной короб должен быть установлен на 1,5--2 м выше приточного. В домах вместо вытяжного короба можно использовать дымоходы, а в других зданиях капитального типа - имеющиеся вентиляционные каналы. В укрытиях вместимостью более 50 человек должна быть принудительная вентиляция хотя бы в виде вентиляционного устройства простейшего типа.

При оборудовании под ПРУ погреба предварительно усиливают его перекрытие, затем на перекрытие насыпают слой грунта в 60-70 см. Крышку люка (лаза) плотно подгоняют. Делают вытяжной вентиляционный короб.

При оборудовании под укрытие овощехранилища в стенах и перекрытии его тщательно заделывают отверстия и щели. Грунтовой слой перекрытия увеличивают до 60-70 см; возвышающуюся над поверхностью земли часть стен обсыпают грунтом. В хранилище оставляют только один вход, остальные входы закрывают, проемы их закладывают мешками с песком или кирпичом. В тамбуре оставленного входа устанавливают дополнительную дверь или подвешивают занавес. Оставляют несколько приточных и вытяжных каналов (по расчету), остальные наглухо закрывают.

В ряде случаев возможно возведение отдельно стоящих быстровозводимых противорадиационных укрытий. Для строительства их используют промышленные (сборные железобетонные элементы, кирпич, арматуру, трубы, прокат) или местные (лесоматериалы, камень, саман, хворост, камыш) строительные материалы. Зимой можно использовать промерзший грунт, лед или снег.

Отдельно стоящее ПРУ, как правило, является заглубленным сооружением. Для строительства его прежде всего роют котлован, в котором устанавливают остов укрытия; при установке деревянного остова используют различные конструкции: сплошную рамную, рамно-блочную, рамно-щитовую, безрубочную и т. д. После сборки остова и соединения его элементов между собой все щели в стенах и перекрытии тщательно заделывают паклей, ветошью, сухой травой; промежуток между стенами котлована и остовом засыпают грунтом, через каждые 20-30 см слон грунта трамбуют. Затем насыпают грунт в месте прилегания перекрытия к земле по всему периметру укрытия. Над перекрытием устраивают гидроизоляцию, используя рубероид, толь, полиэтиленовую пленку или укладывая слой

глины толщиной 10 см. Глину предварительно увлажняют и перемешивают до состояния густого теста; слой ее должен быть выпуклым, чтобы могла стекать вода. На гидроизолированные перекрытия насыпают слой грунта в 60- 70 см.

При устройстве противорадиационного укрытия, как и при строительстве убежища, большое внимание уделяют оборудованию входа в него. Вход, как правило, устраивают под углом 90° к основному помещению укрытия; делают его в виде герметичного тамбура, места примыкания опорных рам тамбура к стенам тщательно проконопачивают ветошью, паклей или мхом. На вход в тамбур и выход из него (на вход из тамбура в основное помещение укрытия) навешивают занавеси из плотного материала.

4. Средства индивидуальной и медицинской защиты

Средства индивидуальной защиты предназначены для защиты одного работающего. Они подразделяются на несколько видов (см. рисунок 10).

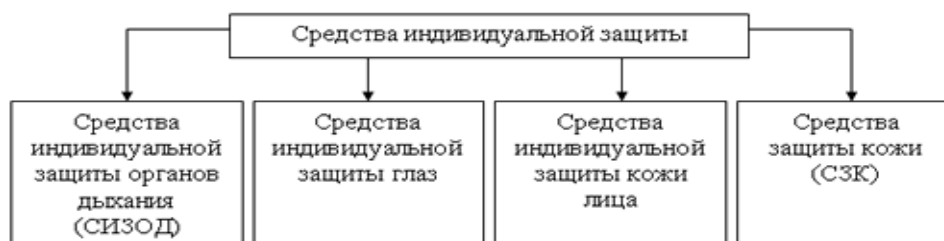


Рисунок 10 - Средства индивидуальной защиты

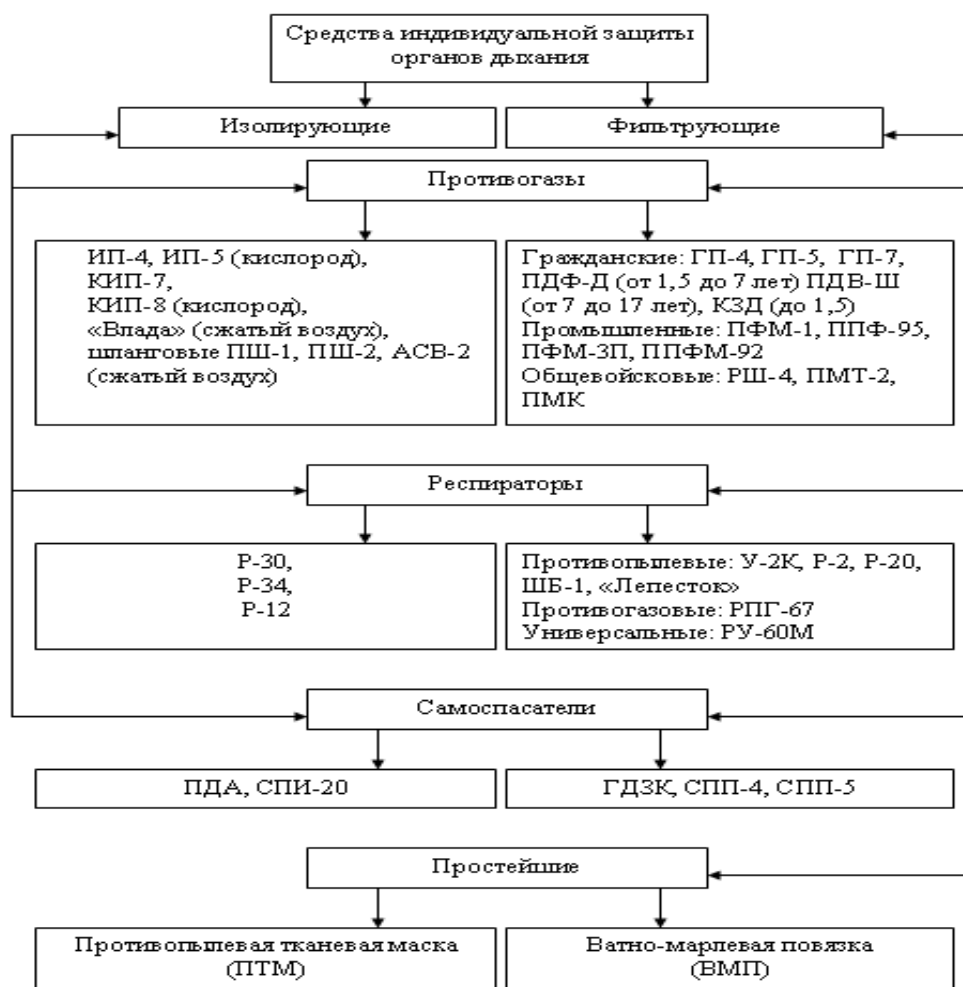


Рисунок 11 - Классификация СИЗОД

Средства защиты кожи - это специальная и приспособленная одежда (см. рисунок 12).

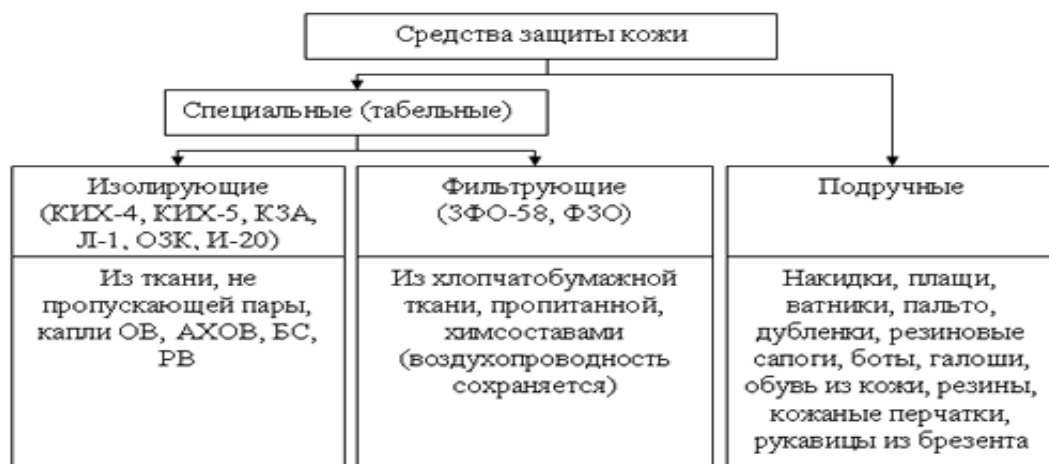


Рисунок 12 - Средства защиты кожи

Медицинские средства используются для оказания самопомощи, первой медпомощи и доврачебной помощи пострадавшим (см. рисунок 13).

Радиопротекторы - химические вещества, снижающие действие ионизирующих излучений на человека, повышающие защитные свойства организма (при переоблучении - снижающие тяжесть лучевой болезни). К ним относятся цистеин, цистомин, цистофос. При приеме до облучения эффективность облучения будет снижена в 1,5 раза.

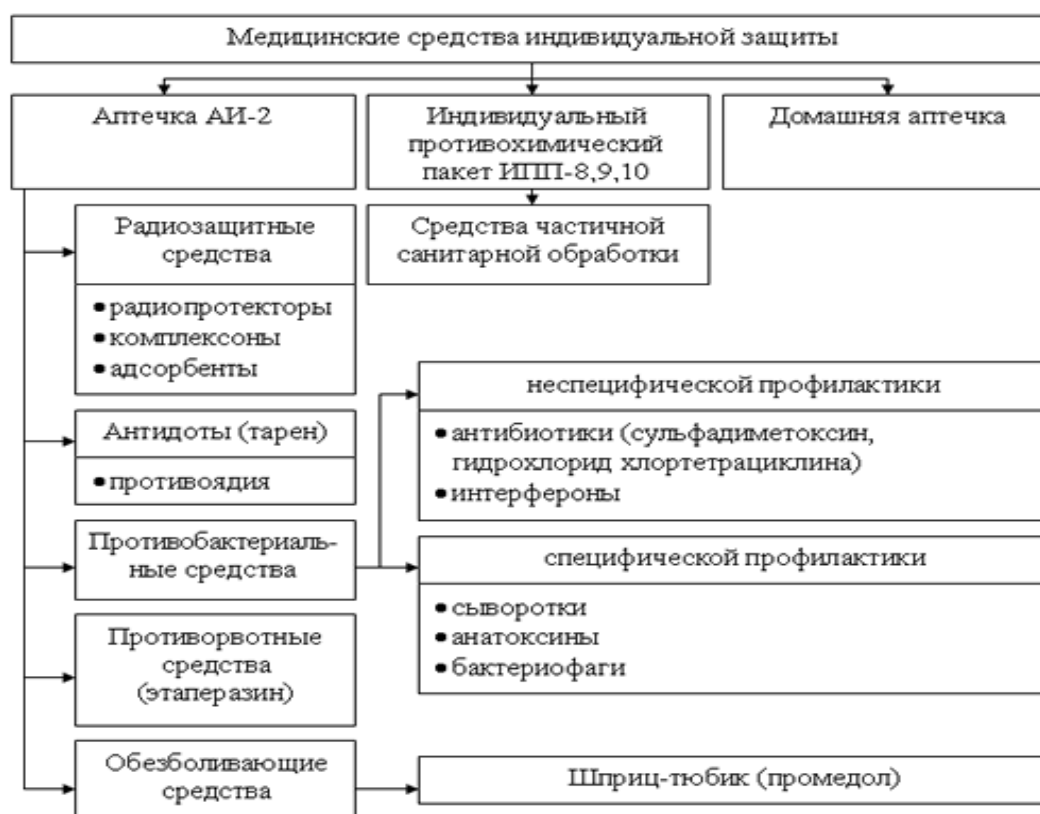


Рисунок 13 - Медицинские средства

Комплексоны - аминокполикарбоновые кислоты и их производные.

Адсорбенты - искусственные и природные тела с развитой поверхностью, которая хорошо поглощает (адсорбирует) вещества из газов, растворов (силикогели, алюмогели, активные угли). Широкое применение нашли кристаллические алюмосиликаты - цеолиты.

Индивидуальный противохимический пакет используется для удаления ОВ с поверхности кожи и средств защиты. Он имеет несколько исполнений (см. таблицу 2).

Таблица 2 - Индивидуальные противохимические пакеты

ИПП-8	ИПП-9	ИПП-10
В целлофановом пакете плоский стеклянный флакон емкостью 125-135 мл, заполненный дегазирующим раствором и 4 ватно-марлевых тампона.	Металлический сосуд цилиндрической формы с завинчивающейся крышкой и губкой вместо тампонов.	Металлический сосуд цилиндрической формы с крышкой-насадкой с упорами, которая крепится на ремешке, внутри крышки крепится пробойник
Порядок пользования		
Отвинтить пробку, смочить тампон, протереть пораженные места (кроме глаз). Кожу вокруг глаз промыть водой или 2% раствором соды	Утопить пробойник до упора, вскрыть сосуд, перевернуть и встряхнуть. Губкой протереть пораженные места. Вытянуть пробойник из сосуда, навинтить крышку	Крышку, поворачивая, сдвинуть с упоров и ударом по ней вскрыть сосуд. Снять крышку, налить 10 - 15 мл жидкости, обработать лицо, шею спереди. Затем обработать кисти рук, шею сзади

1.11 Лекция № 12 (2 часа).

Тема: «Правовые, нормативно-технические основы управления безопасностью жизнедеятельности»

1.11.1 Вопросы лекции:

1. Вопросы безопасности жизнедеятельности в законах и подзаконных актах.
2. Надзор и контроль за исполнением законодательства по охране труда.
3. Режимы труда и отдыха.
4. Система управления безопасностью жизнедеятельности и охраной труда.

1.11.2 Краткое содержание вопросов:

1. Вопросы безопасности жизнедеятельности в законах и подзаконных актах.

Основными направлениями государственной политики в области охраны труда являются:

- обеспечение приоритета сохранения жизни и здоровья работников;
- принятие и реализация федеральных законов и иных нормативных правовых актов Российской Федерации, законов и иных нормативных правовых актов субъектов Российской Федерации об охране труда, а также федеральных целевых, отраслевых, отраслевых целевых и территориальных целевых программ улучшения условий и охраны труда;
- государственное управление охраной труда;
- государственный надзор и контроль за соблюдением охраны труда;
- расследование и учет несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;
- установление компенсации за тяжелую работу и работу с вредными и (или) опасными условиями труда, неустраняемыми при современном техническом уровне производства и организации труда;
- защита законных интересов работников, пострадавших от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, а также членов их семей на основе

обязательного социального страхования работников от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний и т.п.

Государство гарантирует работникам защиту их прав на труд в условиях, соответствующих требованиям охраны труда.

При заключении трудового соглашения с одной стороны вступает администрация предприятия, а с другой - рабочие и служащие.

Права и обязанности сторон реализуются через коллективный договор, который является правовым актом, регулирующим социально - трудовые отношения в организации.

В соответствии с Основами законодательства коллективный договор содержит взаимные обязательства работника и работодателя, основные положения в области рабочего времени, времени отдыха, размера и оплаты труда, механизма регулирования оплаты труда с учетом роста цен, уровня инфляции, экологической безопасности и охраны здоровья работников на производстве, оздоровление и отдых работников и членов их семей, другие вопросы определяемые сторонами.

Статья 219 Трудового кодекса Российской Федерации «Право работника на труд, отвечающий требованиям безопасности и гигиены» гласит: Каждый работник имеет право на охрану труда, в том числе:

- на рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;
- получении достоверной информации от работодателя, соответствующих государственных органов и общественных организаций об условиях и охране труда на рабочем месте, о существующем риске повреждения здоровья, а также о мерах по защите от воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов;
- на отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности;
- на обеспечение средствами коллективной и индивидуальной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;
- обучение безопасным методам и приемам труда за счет средств работодателя;
- профессиональную переподготовку за счет средств работодателя в случае ликвидации рабочего места вследствие нарушения охраны труда;
- запрос о проведении проверки условий и охраны труда на его рабочем месте органами государственного надзора и контроля за соблюдением законодательства о труде и охраны труда, работниками, осуществляющими государственную экспертизу условий труда, а также органами профсоюзного контроля за соблюдением законодательства о труде и охране труда;
- обращение в органы государственной власти Российской Федерации, органы государственной власти субъектов Российской Федерации и органы местного самоуправления, к работодателю, в объединение работодателей, а также в профессиональные союзы, их объединения и иные уполномоченные работниками представительные органы по вопросам охраны труда;
- личное участие или участие через своих представителей в рассмотрении вопросов, связанных с обеспечением безопасных условий труда на его рабочем месте, и в расследовании происшедшего с ним несчастного случая на производстве или профессионального заболевания;
- внеочередной медицинский осмотр (обследование) в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра (обследования);
- компенсации, установленные законом, коллективным договором, соглашением, трудовым договором, если он занят на тяжелых работах и работах с вредными и (или) опасными условиями труда.

Согласно ст.213 работники, занятые на тяжелых работах и работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, связанных с движением транспорта,

проходят за счет средств работодателя обязательные предварительные (при поступлении на работу) и периодические (для лиц в возрасте до 21 года – ежегодные) медицинские осмотры (обследования для определения пригодности этих работников для выполнения поручаемой работы и предупреждения профессиональных заболеваний).

В соответствии с законодательством РФ, за нарушение нормативных требований по охране труда деятельность предприятия может быть приостановлена или закрыта.

2. Надзор и контроль за исполнением законодательства по охране труда

Государственный надзор и контроль за соблюдением трудового законодательства и иных нормативных правовых актов, содержащих нормы трудового права, во всех организациях на территории РФ осуществляют органы Федеральной инспекции труда.

Федеральная инспекция труда – единая централизованная система государственных органов, осуществляющих надзор и контроль за соблюдением трудового законодательства и иных нормативных правовых актов, содержащих нормы трудового права.

Основными задачами органов Федеральной инспекции труда являются:

- обеспечение соблюдения и защиты трудовых прав и свобод граждан, включая право на безопасные условия труда;
- обеспечение соблюдения работодателями трудового законодательства и иных нормативных правовых актов, содержащих нормы трудового права;
- обеспечение работников и работодателей информацией о наиболее эффективных средствах и методах соблюдения положения трудового законодательства и иных нормативных правовых актов, содержащих нормы трудового права;
- доведение до сведения соответствующих органов гос. власти фактов нарушений, действий (бездействия) или злоупотреблений, которые не подпадают под действие законов и иных нормативных правовых актов.

Внутриведомственный государственный контроль за соблюдением трудового законодательства и иных нормативных правовых актов, содержащих нормы трудового права, в подведомственных организациях осуществляют федеральные органы исполнительной власти, органы исполнительной власти субъектов РФ и органы местного самоуправления.

К федеральным органам исполнительной власти по надзору в установленной деятельности относят:

- федеральный горный и промышленный надзор России – осуществляет государственный надзор за безопасным ведением работ промышленности;
- федеральный надзор России по ядерной и радиационной безопасности – осуществляет государственный надзор за ядерной и радиационной безопасностью.

Государственный надзор за соблюдением правил по безопасному ведению работ в отдельных отраслях и на некоторых объектах промышленности осуществляют уполномоченные органы:

- государственный энергетический надзор;
- государственный санитарно-эпидемиологический надзор.

Государственный надзор за точным и единообразным исполнением трудового законодательства осуществляют Генеральный прокурор РФ и подчиненные ему прокуроры.

Большую роль в общественном контроле за охраной труда отводится профессиональным союзам.

Профсоюзные инспектора осуществляют надзор за соблюдением администрацией предприятия принятого законодательства по охране труда.

Профсоюзный инспектор имеет право беспрепятственно посещать организации независимо от форм собственности и подчиненности, в которых работают члены данного профсоюза, для проведения проверок соблюдения законодательства о труде и законодательства о профсоюзах, а также выполнения работодателями условий коллективного договора, соглашения. Если выявлены нарушения, угрожающие жизни и здоровью работников, профсоюзные инспектора имеют право потребовать от работодателя немедленного их устранения и одновременно обратиться в федеральную инспекцию труда для принятия неотложных мер. При невыполнении таких требований по устранению

нарушений, особенно в случаях непосредственной угрозы жизни и здоровью работников, профсоюзные органы, инспектора по охране труда вправе требовать от работодателя, органа управления организацией, должностного лица приостановления работ впредь до принятия окончательного решения федеральной инспекции труда. Работодатель, должностное лицо обязаны незамедлительно выполнить такое требование.

Административно-общественный, или трехступенчатый контроль по охране труда предусматривает два или три этапа (уровня), а в некоторых случаях может быть и на одном уровне: на участках, в отраслях и на предприятии в целом.

Если малое предприятие состоит из одной бригады, то достаточно одного уровня административно - общественного контроля, если на предприятии несколько бригад и участков и отсутствует цеховая структура, контроль проводится на двух уровнях, а если на предприятии имеются бригады, участки, цеха, то контроль необходим на трех уровнях.

Первый уровень административно - общественного контроля осуществляется руководителем соответствующего участка (мастером, начальником участка, начальником смены), а от работников - уполномоченным по охране труда, контроль проводится ежедневно в начале рабочего дня (смены), при необходимости (работа с повышенной опасностью), проверки могут проводиться несколько раз в течение рабочего дня (смены).

На первом уровне контроля рекомендуется проверять:

- состояние проходов, переходов, проездов;
- безопасность технологического оборудования, грузоподъемных транспортных средств;
- соблюдение работающими правил безопасности;
- соблюдение складирования различных материалов и заготовок;
- исправность вентиляции, местных отсосов;
- наличие и правильность использования работающими средств индивидуальной защиты;
- выполнение мероприятий по устранению нарушений, выявленных предыдущей проверкой и т.д.

Устранение выявленных нарушений, как правило, должно проводиться незамедлительно. Если нарушения не могут быть выполнены работниками участка, то об этом докладывается вышестоящему начальнику просьбой принять соответствующие меры.

Руководитель участка и уполномоченный по охране труда периодически информируют коллектив о выявленных нарушениях по охране труда и принятых мерах.

В случае необходимости замечания и предложения по охране труда, если они не выполняются немедленно, заносятся в специальный журнал (рисунок 1).

№ п/п	Дата проведения контроля	Выявленные нарушения по охране труда, необходимые меры	Отметка о выполнении (дата, подпись уполномоченного (доверенного) лица)

Рисунок 1 - Форма журнала первого уровня контроля

Примечание: На обложке журнала указывается наименование предприятия, цеха, участка, дата начала ведения журнала, ФИО уполномоченного лица по охране труда, мастера (начальника участка).

Второй уровень административно - общественного контроля осуществляется на тех предприятиях, где имеется цеховая структура, возглавляет комиссию начальник цеха, проверки проводятся не реже двух раз в месяц по графику, утвержденному начальником цеха и согласованному с профсоюзным комитетом или иным уполномоченным работниками органом.

В состав комиссии входят руководители (представители) технических служб, инженер отдела охраны труда предприятия, уполномоченные по охране труда цеха, участка, где осуществляется проверка.

3. Режимы труда и отдыха

Рабочее время - время, в течение которого работник в соответствии с правилами внутреннего трудового распорядка организации и условиями трудового договора должен исполнять трудовые обязанности, а также иные периоды времени, которые в соответствии с законами и иными нормативными и правовыми актами относятся к рабочему времени.

В соответствии с федеральным законом об основах охраны труда в РФ нормальная продолжительность рабочего времени на предприятиях установлена 40 часов в неделю, для лиц, занятых на работах с вредными условиями труда - 36 часов в неделю. В предпраздничные дни продолжительность рабочего дня сокращается на 1 час.

Работа с 22 час до 6 час утра считается ночной и её продолжительность сокращается на 1 час.

В организациях или при выполнении отдельных видов работ, где по условиям производства (работы) не может быть соблюдена установленная для данной категории работников ежедневная или еженедельная продолжительность рабочего времени, допускается введение суммированного учета рабочего времени с тем, чтобы продолжительность рабочего времени за учетный период (месяц, квартал и другие) не превышала нормативного числа рабочих часов.

При этом сменная продолжительность рабочего дня не может превышать 10 часов, а средняя недельная продолжительность рабочего времени за учетный период - 40 часов.

Работодателям дано право для рабочих, работавших в период напряженных полевых работ сверх нормального рабочего времени, соответственно сокращать продолжительность рабочего дня до 5 часов (а при согласии рабочих - и более) в ненапряженные периоды работы, обеспечивая среднюю продолжительность рабочего дня за год - 7 часов. При невозможности по производственным условиям сократить продолжительность рабочего дня рабочим предоставляются за переработанное время дополнительные дни отдыха (до 5 дней в месяц - без оплаты, а при согласии рабочих - и более).

В исключительных случаях разрешены сверхурочные работы:

- при производстве работ, необходимых для обороны страны;
- предотвращения бедствий, аварий или ликвидация их последствий;
- при производстве общественно необходимых работ по водоснабжению, газоснабжению, канализации, связи, отоплению, освещению и другие, приостановка которых повлечет за собой порчу или гибель государственного имущества;
- при производстве временных работ по ремонту и восстановлению механизмов или сооружений в тех случаях, когда неисправность их может вызвать прекращение работ для значительного числа работников;
- для продолжения работы при неявке сменяющего работника, если работа не допускает перерыва. В этих случаях работодатель обязан немедленно принять меры по замене сменщика другим работником.

Сверхурочная работа - работа, производимая работником по инициативе работодателя за пределами установленной продолжительности рабочего времени, ежедневной работы (смены), а также работа сверх нормального числа рабочих часов за учетный период.

Сверхурочные работы ограничены 120 часами в год и 4 часами за два дня подряд.

Кроме того, существует особый режим работы - ненормированный рабочий день, в соответствии с которым отдельные работники могут по распоряжению работодателя при необходимости эпизодически привлекаться к выполнению своих трудовых функций за пределами нормальной продолжительности рабочего времени. Перечень должностей работников с ненормированным рабочим днем устанавливается коллективным договором, соглашением или правилами внутреннего трудового распорядка организации.

При работе в режиме гибкого рабочего времени начало, окончание или общая продолжительность рабочего дня определяется по соглашению сторон.

Работа в выходные и праздничные дни разрешается лишь в следующих случаях:

- для предотвращения стихийных бедствий, аварий и ликвидация их последствий;
- с целью предупреждения гибели или порчи государственного или общественного имущества и предотвращения несчастных случаев;

- для выполнения заранее не предвиденных работ, от срочного выполнения которых зависит в дальнейшем нормальная работа организации в целом или ее отдельных подразделений.

За работу в выходные дни, по желанию работника предоставляется другой день отдыха. Работа в выходные и праздничные дни оплачивается не менее чем в двойном размере.

Работа в выходные дни допускается на непрерывно действующих предприятиях.

Законом предусмотрены для рабочих и служащих ежегодные отпуска продолжительностью не менее 28 календарных дней с сохранением места работы (должности) и среднего заработка.

Ежегодные дополнительные отпуска предоставляются рабочим и служащим, занятым на работах с вредными условиями труда, работникам с ненормированным рабочим днем и работающим в районах Крайнего Севера. Право на отпуск в первый год работы можно получить, проработав не менее 6 месяцев на данном предприятии.

4. Система управления охраной труда

Под управлением охраны труда понимают подготовку, принятие и реализацию мероприятий по осуществлению организационных, технических, санитарно-гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда.

Объектом управления является деятельность функциональных служб и структурных подразделений предприятия по обеспечению безопасных и здоровых условий труда.

Управление охраной труда на предприятии в целом осуществляет его руководитель, в цехах, отраслях, службах - главные специалисты, а в подразделениях - их руководители.

Координирует трудовую деятельность инженер по охране труда (организационно-методическая работа, подготовка управленческих решений, контроль за реализацией).

Управление охраной труда предусматривает реализацию следующих функций:

- организации и координации работ по охране труда, учета и анализа;
- планирования;
- контроля состояния охраны труда;
- стимулирования.

Задачи управления охраной труда - обучение работающих безопасности труда и пропаганда передового опыта, безопасность производственных процессов, оборудования, зданий и сооружений, нормализация санитарно-гигиенических условий труда, обеспечение работающих СИЗ, создание оптимальных режимов труда и отдыха работающих, организация лечебно-профилактического и санитарно-бытового обслуживания работающих, профессиональный отбор работающих.

Организация и координация работ в области охраны труда включают в себя формирование органов управления охраной труда, установление обязанностей и порядка взаимодействия лиц, а также принятие и реализацию управленческих решений.

Планирование работ по охране труда заключается в определении заданий подразделениям и службам, участвующим в решении задач управления. В него входит разработка перспективных комплексных планов улучшения условий, охраны труда и санитарно-оздоровительных мероприятий.

Контроль состояния охраны труда и функционирование системы управления охраны труда включает:

- проверку условий труда работающих;
- выявление отклонений от требований ССБТ, норм и правил органов государственного надзора и другой нормативной документации;
- контроль выполнения службами и подразделениями обязанностей в области охраны труда;
- применение эффективных мер по устранению выявленных недостатков.

Основные его виды - оперативный контроль руководителя работ и др. должностных лиц; административно-общественный (трехступенчатый контроль) контроль; контроль

осуществляемый службами охраны труда предприятия; ведомственный контроль вышестоящих органов; контроль, осуществляемый органами государственного надзора и Федеральной инспекцией труда.

В контроль состояния охраны труда входит также метрологическое обеспечение, включающее методы и средства измерений для проверки параметров условий труда, безопасности производственного оборудования и технологических процессов, качества средств защиты работающих, а также методы и средства проверки приборов контроля и измерений.

За внедрение мероприятий по охране труда предусматривается поощрение. Это создает заинтересованность работающих в обеспечении безопасных и здоровых условий труда. Виды и формы морального и материального стимулирования разрабатывает администрация совместно с профкомом.

1.12. Лекция № 13

Тема: Организационные основы обеспечения БЖД

1.12.1 Вопросы лекции

1. Служба охраны труда.
2. Обязанности по охране труда руководителей и специалистов
3. Обучение и проверка знаний по охране труда
4. Планирование и финансирование мероприятий по охране труда

1.12.2. Краткое содержание вопросов

1. Служба охраны труда.

Для проведения работы по охране труда на предприятиях и учреждениях сельского хозяйства установлена система органов и должностных лиц.

В соответствии со статьей 217 глава 35 ТК РФ, в целях обеспечения соблюдения требований охраны труда, осуществления контроля за их выполнением в каждой организации, осуществляющей производственную деятельность, с численностью персонала более 50 работников создается служба охраны труда или вводится должность специалиста по охране труда, имеющего соответствующую подготовку или опыт работы в этой области.

В организации с численностью 50 работников и менее решение о создании службы охраны труда или введении должности специалиста по охране труда принимается работодателем с учетом специфики деятельности данной организации.

При отсутствии в организации службы охраны труда (специалиста по охране труда) работодатель заключает договор со специалистами или организациями, оказывающими услуги в данной области.

Работа по охране труда может быть подразделена на четыре основных вида:

- организационная работа;
- совершенствование техники безопасности;
- улучшение условий труда;
- контроль состояния условий и безопасности труда на производстве.

Организационная работа включает в себя обучение рабочих безопасным методам труда, своевременное и качественное проведение инструктажа рабочих по технике безопасности, вывешивание инструкций по технике безопасности на рабочих местах, а также плакатов и предупреждающих надписей.

Большое значение имеет организация на предприятии кабинетов техники безопасности как агитационно-пропагандистского центра по охране труда, устройство на производственных участках уголков техники безопасности.

Эти мероприятия воспитывают в коллективе работающих дисциплинированность, внимательное и сознательное отношение к требованиям техники безопасности.

Совершенствование техники безопасности необходимо для снижения травматизма на производстве. Обеспечение безопасных условий работы на производстве должно

осуществляться не только конструктивными мерами (улучшение ограждений опасных зон и т.д.), но и рядом организационно - технических мероприятий.

К последним относятся следующие:

а) периодическое техническое освидетельствование сложных машин, механизмов, установок и т.д.;

б) организация планово-предупредительных ремонтов и технических обслуживаний машин;

в) организация непрерывно-сквозного контроля технического состояния электрооборудования, электросетей и электрозащитных устройств;

г) обеспечение производства исправным инструментом и техническими приспособлениями, введение системы выбраковки инструмента при его неисправности.

Улучшение условий труда достигается комплексом мероприятий, требуемых законодательством по охране труда.

В процессе работы на организм человека воздействуют различные неблагоприятные факторы. Они получили название производственных вредностей.

1. Производственные вредности могут быть вызваны особенностями самого технологического процесса (работа с.-х. машин создает запыленность в зоне дыхания работника).

2. Производственные вредности могут быть следствием плохой организации производства (неприспособленности помещения, отсутствие вентиляции, плохого отопления).

3. Производственные вредности могут вызываться природными условиями (осадки, отклонение температуры).

На все перечисленные вредности установлены предельно допустимые нормы. Задача администрации предприятий принимать меры к локализации производственных вредностей, созданию здоровых условий труда.

Контроль состояния охраны труда в производстве должен быть постоянным и систематическим.

Многие хозяйства применяют трехступенчатый контроль состояния охраны труда.

2. Обязанности по охране труда руководителей и специалистов

На сельскохозяйственных предприятиях работу по охране труда должны проводить четыре звена должностных лиц:

1) работодатель - руководитель предприятия.

2) руководители производственных отраслей на предприятии - главные специалисты.

3) руководители конкретных производственных служб и участков - бригадиры, заведующие.

4) инженер по охране труда.

Работодатель отвечает за состояние охраны труда в целом на предприятии и обязан обеспечивать:

- безопасность работников при эксплуатации зданий, сооружений, оборудования, осуществлении технологических процессов;

- применение средств индивидуальной и коллективной защиты работников;

- соответствующие требованиям охраны труда условия труда;

- режим труда и отдыха в соответствии с законодательством Российской Федерации;

- приобретение и выдачу за счет собственных средств спецодежды, спецобуви и других средств индивидуальной защиты, смывающих и обеззараживающих средств в соответствии с установленными нормами;

- обучение безопасным методам выполнения работ по охране труда и оказанию первой помощи при несчастных случаях на производстве, инструктаж по охране труда,

стажировку на рабочем месте и проверку знаний требований охраны труда, безопасных методов и приемов выполнения работ;

- недопущение к работе лиц, не прошедших в установленном порядке обучение и инструктаж по охране труда, стажировку и проверку знаний требований охраны труда;
- организацию контроля за состоянием условий труда на рабочих местах, а также правильностью применения работниками средств индивидуальной и коллективной защиты;
- проведение аттестации рабочих мест по условиям труда с последующей сертификацией работ по охране труда в организации;
- организовывать проведение за счет собственных средств обязательных предварительных (при поступлении на работу) и периодических медицинских осмотров;
- информирование работников об условиях и охране труда на рабочих местах и о существующем риске повреждения здоровья и полагающихся им компенсациях и средств индивидуальной защиты;
- расследование и учет несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;
- санитарно-бытовое и лечебно-профилактическое обслуживание работников в соответствии с требованиями охраны труда;
- обязательное социальное страхование работников от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний.

Главный специалист, на которого возлагается приказом работодателя ответственность за состояние охраны труда в производственных отраслях, обязан:

- обеспечивать здоровые и безопасные условия труда на рабочих местах и участках;
- разрабатывать мероприятия по улучшению условий и безопасности труда;
- направлять работу специалистов и руководителей участков по предупреждению травматизма и заболеваемости;
- составлять заявки на средства индивидуальной защиты и контролировать их выдачу;
- контролировать правильность их использования;
- запрещать производство работ на участках в случае возникновения угрозы жизни и здоровью работающих;
- обеспечивать санитарно-бытовое обслуживание работников в соответствии с нормами и правилами;
- совместно с руководителями подразделений организовывать своевременное испытание, техническое освидетельствование и регистрацию технологического оборудования, аппаратов и сосудов, работающих под давлением, грузоподъемных машин и механизмов, контрольно-измерительных приборов и другого оборудования;
- обеспечивать проведение паспортизации.

Главный специалист обязан не допускать в эксплуатацию неисправные машины, приборы, механизмы и т.д.

Главные специалисты обязаны изучать причины несчастных случаев, происшедших с рабочими в подчиненной области хозяйства, и разрабатывать меры по их предупреждению.

Руководители конкретных производственных служб (прорабы, бригадиры, мастера) несут ответственность за состояние охраны труда на руководимых участках и обязаны:

- обеспечивать здоровые и безопасные условия труда на рабочих местах;
- следить за своевременным испытанием, техническим освидетельствованием и регистрацией котельных установок и другого оборудования, подлежащего периодическому испытанию и освидетельствованию;
- приостанавливать работы в случаях возникновения угрозы жизни или здоровью людей;
- участвовать в проведении паспортизации санитарно-технического состояния объектов, цехов;

- совместно с главными специалистами составлять заявки на средства индивидуальной защиты;
- не допускать к работе лиц не прошедших аттестацию.

Основная обязанность этих руководителей - постоянная высокая требовательность к работникам в отношении выполнения ими правил техники безопасности.

Инженер по охране труда - главный организатор работы по охране труда.

Он подчиняется непосредственно руководителю предприятия, но не подменяет в области охраны труда ни руководителей производства, ни главных специалистов. Инженер по технике безопасности осуществляет контроль обеспечения охраны труда на каждом участке.

Его основной обязанностью является:

- организовывать работу по созданию здоровых и безопасных условий труда, предупреждать производственный травматизм, профессиональные заболевания и пожары на предприятии, а также соблюдение законодательства по охране труда;
- разрабатывать совместно со специалистами и профкомом план улучшения условий труда и санитарно-оздоровительных мероприятий;
- участвовать в подготовке коллективного договора по социальным вопросам и охране труда;
- осуществлять контроль за составлением заявок на средства индивидуальной защиты и выдачей работающим спецодежды, спецобуви и защитных приспособлений, мыла, молока, лечебно-профилактического питания, за финансированием мероприятий по охране труда и использованием средств по назначению;
- оказание помощи специалистам в разработке инструкций по охране труда на рабочих местах.

3. Обучение и проверка знаний по охране труда

Руководители и специалисты народного хозяйства, вновь поступившие на предприятие, должны пройти вводный инструктаж, кроме того, должны быть ознакомлены вышестоящим должностным лицом:

- с состоянием условий труда и производственной обстановкой на вверенном ему объекте;
- с состоянием средств защиты рабочих от воздействия опасных и вредных производственных факторов;
- с производственным травматизмом и профзаболеваемостью;
- с необходимыми мероприятиями по улучшению условий и охране труда, а также с руководящими материалами и должностными обязанностями по охране труда.

Не позднее одного месяца со дня вступления в должность они проходят проверку знаний.

Руководители и специалисты предприятий, связанные с организацией проведением работы непосредственно на производственных участках, а также осуществляющие контроль и технический надзор, подвергаются периодической проверке знаний по безопасности труда не реже одного раза в три года.

Перед очередной проверкой знаний руководителей и специалистов организуют семинары, лекции, беседы, консультации по вопросам охраны труда в соответствии с программами, разработанными на предприятии и утвержденными его руководителем или главным инженером.

Кроме того, проводят внеочередную проверку знаний руководителей и специалистов в случае:

- 1) при вводе в действие новых или переработанных нормативных документов по охране труда;
- 2) при вводе в эксплуатацию нового оборудования или внедрении новых технологических процессов;

3) при переводе работника на другое место работы или назначении его на другую должность, требующую дополнительных знаний по охране труда;

4) по требованию органов государственного надзора, технической инспекции труда профсоюзов, вышестоящих хозяйственных органов.

Для проведения проверки знаний по охране труда руководителей и специалистов в органах государственного управления и на предприятиях АПК приказом (распоряжением) их руководителей создаются комиссии по проверке знаний. Конкретный состав, порядок и форму работы комиссий по проверке знаний определяет руководитель органа управления (предприятия). В состав комиссии включают (по согласованию) представителей соответствующих государственных инспекций по охране труда.

Руководители и специалисты предприятий, не прошедшие проверку знаний по охране труда из-за неудовлетворительной подготовки, обязаны в срок не позднее одного месяца пройти повторную проверку знаний.

Работнику, успешно прошедшему проверку знаний требований охраны труда, выдается удостоверение за подписью председателя комиссии по проверке знаний требований охраны труда, заверенное печатью организации проводившей обучение по охране труда.

Финансовые затраты, связанные с обучением, проведением консультаций и аттестацией, предусматриваются в коллективных договорах (соглашениях по охране труда) предприятий и органов управления АПК.

В соответствии ГОСТ 12.0.004 – 90 и ОСТ 46.0.126. – 82 инструктажи работающих по характеру и времени проведения подразделяют на:

- вводный;
- первичный инструктаж на рабочем месте;
- повторный;
- внеплановый;
- целевой.

Вводный инструктаж по безопасности труда проводят со всеми вновь принимаемыми на работу независимо от их образования, стажа работы по данной профессии или должности, с временными работниками, командированными, учащимися и студентами, прибывшими на производственное обучение или практику, а также с учащимися в учебных заведениях перед началом лабораторных работ в учебных лабораториях, полигонах.

Вводный инструктаж на предприятии проводит с главными специалистами руководитель предприятия при участии инженера по охране труда, с остальной категорией работников - главный специалист отрасли, куда поступает работник при участии инженера по охране труда или лица, на которое приказом по предприятию или решением правления кооператива возложены эти обязанности, а с учащимися в учебных заведениях - преподаватель или мастер производственного обучения.

Вводной инструктаж проводят в кабинете охраны труда или специально оборудованном помещении с использованием современных технических средств обучения и наглядных пособий (плакатов, макетов, кино и диафильмов и т.д.).

Вводной инструктаж проводят по программе, разработанной отделом охраны труда с учетом требований стандартов ССБТ, правил, норм и инструкций по охране труда, а также всех особенностей производства, утвержденной руководителем (гл. инженером) предприятия.

О проведении вводного инструктажа делают запись в журнале регистрации вводного инструктажа с обязательной подписью инструктируемого и инструктирующего. Наряду с журналом может быть использована карточка прохождения обучения.

Первичный инструктаж на рабочем месте до начала производственной деятельности проводят:

-со всеми вновь принятыми на предприятие, переводимыми из одного подразделения в другое;

-с работниками, выполняющими новую для них работу, командированными, временными работниками;

-со строителями, выполняющими строительно-монтажные работы на территории действующего предприятия;

-со студентами и учащимися, прибывшими на производственное обучение или практику, перед выполнением новых видов работ, а также перед изучением каждой новой темы при проведении практических занятий в учебных лабораториях, классах и т.д.

Первичный инструктаж на рабочем месте проводят с каждым работником или учащимся индивидуально с практическим показом безопасных приемов и методов труда. Первичный инструктаж возможен с группой лиц, обслуживающих однотипное оборудование и в пределах общего рабочего места.

Все рабочие, после первичного инструктажа на рабочем месте должны в течение 2 - 14 смен (в зависимости от характера работы, квалификации работника) пройти стажировку под руководством лиц, назначенных приказом.

Рабочие допускаются к самостоятельной работе после стажировки, проверки теоретических знаний и приобретенных навыков безопасных способов работы.

Повторный инструктаж проходят все рабочие, за исключением лиц, указанных в примечании (к первичному инструктажу) независимо от квалификации, образования, стажа, характера выполняемых работ не реже одного раза в полугодие.

Предприятиями, организациями по согласованию с профсоюзными комитетами и соответствующими местными органами государственного надзора для некоторых категорий работников может быть установлен более продолжительный (до 1 года) срок проведения повторного инструктажа.

Повторный инструктаж проводят индивидуально или с группой работников, обслуживающих однотипное оборудование и в пределах общего рабочего места по программе первичного инструктажа на рабочем месте в полном объеме.

Внеплановый инструктаж проводят:

1) при введении в действие новых или переработанных стандартов, правил, инструкций по охране труда, а также изменений к ним;

2) при изменении технологического процесса, замене или модернизации оборудования, приспособлений и инструмента, исходного сырья, материалов и др. факторов, влияющих на безопасность труда;

3) при нарушении работающими требований безопасности труда, которые могут привести или привели к травме, аварии, взрыву или пожару, отравлению;

4) по требованию органов надзора;

5) при перерывах в работе - для работ, к которым предъявляются дополнительные (повышенные) требования безопасности труда более чем на 30 календарных дней, а для остальных работ- 60 дней.

Внеплановый инструктаж проводят индивидуально или с группой работников одной профессии. Объем и содержание инструктажа определяют в каждом конкретном случае в зависимости от причин и обстоятельств, вызвавших необходимость его проведения.

Целевой инструктаж проводят при выполнении разовых работ, не связанных с прямыми обязанностями по специальности (погрузка, выгрузка, уборка территории, разовые работы вне предприятия, цеха);

- при ликвидации последствий аварий, стихийных бедствий и катастроф, производстве работ, на которые оформляется наряд-допуск, разрешение и др. документы;

- проведении экскурсии на предприятии, организации массовых мероприятий с учащимися (экскурсия, походы, спортивные соревнования и др.).

Первичный инструктаж на рабочем месте, повторный, внеплановый и целевой проводит непосредственный руководитель работ (мастер, преподаватель).

Инструктажи на рабочем месте завершаются проверкой знаний устным опросом или с помощью технических средств обучения, а также проверкой приобретенных навыков безопасных способов работы. Знания проверяет работник, проводивший инструктаж.

О проведении первичного инструктажа на рабочем месте, повторного, внепланового, стажировки и допуске к работе, работник, проводивший инструктаж, делает запись в журнале регистрации инструктажа на рабочем месте и (или) в личной карточке с обязательной подписью инструктируемого и инструктирующего. При регистрации внепланового инструктажа указывают причину его проведения.

Целевой инструктаж с работниками, проводящими работы по наряду - допуску, разрешению и т.п. фиксируются в наряде-допуске или другой документации, разрешающей производство работ.

4. Планирование и финансирование мероприятий по охране труда

Постановлением Минтруда России от 27 февраля 1995 г. №11 утверждены Рекомендации по планированию мероприятий по охране труда, предназначенные для оказания помощи работодателям, профессиональным союзам и иным уполномоченным работникам по планированию мероприятий по охране труда на предприятии, в учреждении, организации, направленных на предупреждение несчастных случаев на производстве, профессиональных заболеваний, улучшения условий и охраны труда, санитарно-бытового обеспечения работников.

Комплексный план улучшения условий труда и санитарно-оздоровительных мероприятий разрабатывают на основе номенклатуры мероприятий по охране труда. Она определяет организационно-технические и санитарно-оздоровительные мероприятия, осуществляемые в плановом порядке для улучшения условий труда, предупреждения травматизма и заболеваний, санитарно-бытового обеспечения работающих на производстве.

Номенклатура предусматривает следующие мероприятия:

- внедрение автоматического и дистанционного управления оборудованием и процессами для обеспечения безопасности;
- внедрение технических устройств, защищающих работающих от поражения током и других травм;
- модернизацию производственного оборудования в соответствии с требованиями ССБТ;
- внедрение систем автоматического контроля и сигнализации о наличии и возникновении опасных и вредных факторов, а также блокирующих устройств и др.

Финансирование мероприятий по улучшению условий и охраны труда осуществляется за счет средств федерального бюджета, бюджета субъектов РФ, местных бюджетов, внебюджетных источников.

Финансирование мероприятий по улучшению условий и охраны труда может осуществляться также за счет средств от штрафов, взыскиваемых за нарушение трудового законодательства, добровольных взносов организаций и физических лиц.

Финансирование мероприятий по улучшению условий и охраны труда в организациях независимо от организационно-правовых форм осуществляется в размере не менее 0,1% суммы затрат на производство продукции (работ, услуг), а в организациях, занимающихся эксплуатационной деятельностью, - в размере не менее 0,7% суммы эксплуатационных расходов.

Работник не несет расходов на финансирование мероприятий по улучшению условий и охраны труда.

Порядок использования указанных средств определяется в коллективных договорах или соглашениях по охране труда, заключаемых между администрацией и соответствующим выборным профсоюзным органом предприятия. Трудовые коллективы контролируют использование средств, предназначенных на охрану труда.

1.13 Лекция № 14 (2 часа).

Тема: «Экономические последствия и материальные затраты на обеспечение БЖД»

1.13.1 Вопросы лекции:

1. Социально-экономическое значение, экономический механизм и источники финансирования охраны труда.
2. Экономические последствия от производственного травматизма.
3. Экономический эффект мероприятий по улучшению условий и охран труда.
4. Экономическая эффективность мероприятий по улучшению условий и охране труда.

1.13.2 Краткое содержание вопросов:

1. Социально-экономическое значение, экономический механизм и источники финансирования охраны труда

Социальное значение охраны труда заключается в содействии росту эффективности общественного производства путем непрерывного совершенствования и улучшения условий труда, повышения его безопасности, снижения производственного травматизма и заболеваемости. Социальное значение охраны труда проявляется во влиянии на изменение трех основных показателей, характеризующих уровень развития общественного производства.

Рост производительности труда в результате увеличения фонда рабочего времени за счет сокращения внутрисменных простоев путем предупреждения преждевременного утомления, снижения числа микротравм, уменьшения целодневных потерь рабочего времени по причинам временной нетрудоспособности из-за травматизма, профессиональной и общей заболеваемости.

Сохранение трудовых ресурсов и повышение профессиональной активности работающих за счет улучшения состояния здоровья, увеличения средней продолжительности жизни, что сопровождается увеличением трудового стажа; повышения профессионального уровня вследствие роста квалификации и мастерства в связи с увеличением трудового стажа; возможности использования остаточной трудовой активности, опыта и профессиональных знаний пенсионеров на доступных для них работах.

Увеличение совокупного национального продукта за счет улучшения указанных выше показателей.

Экономическое значение охраны труда определяется эффективностью мероприятий по улучшению условий и повышению безопасности труда и является экономическим выражением социального значения охраны труда. Экономическое значение охраны труда определяется результатами изменения социальных показателей, которые определяются следующими экономическими факторами.

Повышение производительности труда, а следовательно, и экономических результатов деятельности предприятия за счет создания комфортных условий для трудовой деятельности, например, путем обеспечения оптимальных параметров микроклимата, освещения и световой среды, учета психофизиологических и эргономических особенностей труда, формирования оптимальных режимов труда и отдыха, проведения лечебно-профилактических мероприятий.

Увеличение фонда рабочего времени за счет сокращения времени неявки на работу из-за травм и заболеваний. Следует обратить внимание на то, что условия труда существенно влияют не только на профессиональную заболеваемость, но и на возникновение и длительность общих заболеваний.

Экономия расходов на льготы и компенсации за работу в неблагоприятных условиях труда. Такие льготы и компенсации, как сокращенный рабочий день и дополнительный отпуск, связаны со значительными трудовыми потерями и сопровождаются выплатами больших денежных сумм за фактически не отработанное время. Такие разновидности льгот и компенсаций, как повышенные тарифные ставки, льготные пенсии, лечебно-профилактическое питание, бесплатная выдача молока, также требуют больших денежных средств.

Создание условий, соответствующих допустимым нормативным требованиям, позволяет частично или полностью сократить эти расходы.

Снижение затрат из-за текучести кадров по условиям труда. Тяжелый труд, неблагоприятные санитарно-гигиенические условия труда, монотонность работы и т. п. является немаловажной причиной увольнения работников по собственному желанию. Текучесть рабочей силы наносит существенный экономический ущерб предприятию, т. к. требуются затраты денежных средств на процесс увольнения-найма, процесс обучения и стажировки вновь поступившего на работу. При этом до приобретения необходимого опыта и навыков производительность труда вновь поступившего на работу невелика.

Экономический механизм управления охраной труда заключается в следующем:

- планирование и финансирование мероприятий по охране труда;
- обеспечение экономической заинтересованности работодателя в улучшении условий труда и внедрение более совершенных средств охраны труда;
- обеспечение экономической ответственности работодателя за опасные, вредные и тяжелые условия труда; за выпуск и сбыт продукции, не отвечающей требованиям охраны труда; за вред, причиненный работникам увечьем, профессиональным заболеванием либо иным повреждением здоровья, связанным с исполнением ими трудовых обязанностей;
- предоставление работникам компенсаций и льгот за тяжелые работы и работы с вредными и опасными условиями труда, которые неустраняемы при современном техническом уровне производства и организации труда.

Источники финансирования охраны труда. Финансирование мероприятий по улучшению условий и охраны труда осуществляется за счет средств федерального бюджета, бюджетов субъектов Российской Федерации, местных бюджетов, внебюджетных источников, средств организаций, фондов охраны труда. Финансирование мероприятий по улучшению условий и охраны труда может осуществляться также за счет добровольных взносов организаций и физических лиц.

Финансирование мероприятий по улучшению условий и охраны труда работодателями (за исключением государственных унитарных предприятий и федеральных учреждений) осуществляется в размере не менее 0,2 процента суммы затрат на производство продукции (работ, услуг).

В отраслях экономики, субъектах Российской Федерации, на территориях, а также у работодателей могут создаваться фонды охраны труда.

Фонды охраны труда формируются на трех уровнях: федеральный фонд охраны труда, территориальные фонды охраны труда, фонды охраны труда предприятий.

Федеральный фонд охраны труда формируется за счет целевых ассигнований, выделяемых Правительством РФ и правительствами субъектов РФ, части средств фонда охраны труда предприятий, суммы штрафов, налагаемых на должностные лица за нарушения законодательных и нормативных правовых актов по охране труда, отчислений из фонда государственного (обязательного) социального страхования, добровольных отчислений предприятий и прочих поступлений.

Территориальные фонды охраны труда формируются за счет ассигнований из бюджетов административно-территориальных образований РФ, части фондов охраны труда предприятий, расположенных на соответствующих территориях, добровольных отчислений предприятий и прочих поступлений.

Фонды охраны труда предприятий формируются за счет прибыли предприятий в размерах, определяемых коллективными договорами и соглашениями по охране труда между работодателем и трудовым коллективом.

Помимо перечисленных фондов могут создаваться общественные фонды охраны труда.

Средства фондов охраны труда могут использоваться только на оздоровление работников и на улучшение их условий труда. Предприятия, использующие средства фондов охраны труда не по назначению, полностью возмещают затраченные средства фондов и

уплачивают штраф в Федеральный фонд охраны труда в размере 100 % средств, затраченных не по назначению.

Состояние условий и охраны труда существенно влияют на технико-экономические показатели работы предприятий.

2. Экономические последствия (ущерб) от производственного травматизма и профессиональных заболеваний

Экономические последствия (экономический ущерб Y) в целом по предприятию, организации можно подсчитать по следующей формуле:

$$Y = \sum_{i=1}^6 Y_i + H_n, \text{ руб}$$

где $\sum_{i=1}^6 Y_i$ — сумма потерь возмещения в связи с несчастными случаями, травмами, профессиональными заболеваниями, руб., H_n — потери, связанные с недополучением продукции из-за отсутствия работника (стоимость недополученной продукции), руб. Потери возмещения (ущербы) складываются из следующих составляющих:

$$\sum_{i=1}^6 Y_i = Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5 + Y_6,$$

где Y_1 — возмещение бюджету государственного социального страхования расходов на выплату пособий по временной нетрудоспособности, если нетрудоспособность возникла по вине предприятия, организации, руб.;

Y_2 — возмещение органам социального обеспечения сумм пенсий (или части пенсии) инвалидам труда, если инвалидность наступила по вине предприятия, организации, руб.;

Y_3 — выплата пособий нетрудоспособным членам семьи в случае смерти работника от болезни или травмы, связанных с производством (за потерю кормильца), руб.;

Y_4 — выплата пособий при временном переводе работников на другую работу по состоянию здоровья (возмещение сократившегося заработка), руб.;

Y_5 — возмещение ущерба работающим при частичной потере трудоспособности (доплата до среднего заработка), если при временном переводе на другую работу или частичной утрате трудоспособности оплата пострадавшему производится по ранее занимаемой должности, то Y_4 и Y_5 из расчета исключаются, руб.;

Y_6 — затраты предприятия на профессиональную подготовку и переподготовку работающих, принимаемых на работу взамен выбывших по болезни и в связи с травмой, а также из-за неудовлетворенности условиями труда в силу их вредности и тяжести (возмещение потери трудового ресурса), руб.

$$Y_6 = Ч \cdot С,$$

где $Ч$ — число уволившихся из-за травм и профессиональных заболеваний (по данным отдела кадров), $С$ — стоимость обучения одного человека на данном предприятии, руб. (по данным бухгалтерии).

Источником получения данных по величинам Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5 является бухгалтерия предприятия. Прочие потери возмещения (ущербы) из-за их незначительности можно не учитывать.

Каждая из составляющих ущерба

$$Y_i = Y_{Ti} + Y_{3i}$$

где Y_{Ti} — потери возмещения (ущербы), обусловленные травмами, Y_{3i} — потери возмещения (ущербы), обусловленные профессиональными заболеваниями.

Экономические потери (ущерб) от производственного травматизма и профессиональных заболеваний определяются не только потерями возмещения, но и условной стоимостью недополученной продукции в связи с выбытием работающего из производственного процесса/

В общем виде условная стоимость недополученной продукции (условные потери прибавочного продукта) определяются произведением числа дней нетрудоспособности из-за травматизма и профессиональных заболеваний на среднюю стоимость продукции, вырабатываемой работающим за один день. Условная стоимость недополученной продукции в целом по предприятию может быть определена путем суммирования стоимости недополученной продукции на каждом рабочем месте, где отсутствовал работник по причине получения травмы или профессионального заболевания, по формуле

$$H_{\Pi} = \sum_{i=1}^n D_i C_i = \sum_{i=1}^n D_i Z_i \eta, \text{ руб}$$

где n - число рабочих мест на предприятии, на которых не выполнялась работа по причине отсутствия работника;

D - число потерянных на рабочем месте у трудовых дней по причине нетрудоспособности работника;

C_i - средняя стоимость продукции, вырабатываемой работником на рабочем месте у в день, руб.;

Z_i - среднедневная заработная плата одного работающего на рабочем месте у, руб.;

η - коэффициент стоимости прибавочного продукта, создаваемого в день на рабочем месте по отношению к среднедневной заработной плате, зависит от отрасли и вида предприятия, в среднем принимается 1,4...1,5.

Анализ размеров ущерба, наносимого предприятию производственным травматизмом и профессиональными заболеваниями, используется в практике управления охраной труда для планирования первоочередных мероприятий по созданию безопасных и безвредных условий труда, экономического обоснования принимаемых решений.

Расчет ущерба может проводиться за разные периоды времени, но, как правило, рассчитывается годовой ущерб. В этом случае все составляющие ущерба и количество дней нетрудоспособности рассчитываются за год.

3. Экономический эффект мероприятий по улучшению условий и охране труда

Экономический эффект (экономическая выгода B , руб.) в денежном выражении мероприятий по улучшению условий и охране труда определяется суммой предотвращенного ущерба (экономических последствий) ΔY от производственного травматизма и профессиональных заболеваний, руб.; увеличением прибыли $\Delta \Pi$ предприятия за счет прироста производительности труда, руб; сокращением расходов ΔJ на льготы и компенсации за работу в неблагоприятных условиях, руб.:

$$B = \Delta Y + \Delta \Pi + \Delta J.$$

Предотвращенный ущерб ΔY определяется разностью ущербов от травматизма и профессиональных заболеваний до (Y_1) и после (Y_2) мероприятий, подсчитываемых по формуле:

$$\Delta Y = Y_1 - Y_2.$$

Увеличение прибыли $\Delta \Pi$ (руб.) предприятия объясняется снижением себестоимости выпускаемой продукции вследствие роста производительности труда, обусловленного повышением работоспособности работников в более благоприятных условиях труда. Улучшение условий труда может быть достигнуто, например, за счет улучшения микроклиматических условий в рабочей зоне, повышения освещенности и улучшения характеристик световой среды, снижения напряженности труда, утомляемости за счет организации рабочего места в соответствии с эргономическими рекомендациями и т. п. Увеличение прибыли предприятия определяется суммированием увеличения прибыли (снижения себестоимости продукции) по каждому участку, рабочему месту, на которых проводились мероприятия по улучшению условий труда:

$$\Delta \Pi = \sum_i (\Pi_{2i} - \Pi_{1i}) = \sum_i (C_{1i} E_{1i} - C_{2i} E_{2i}),$$

где P_{1i}, P_{2i} - соответственно прибыль, полученная за счет работы на участке (рабочем месте) у до и после проведения мероприятия, руб.;

C_{1i}, C_{2i} - соответственно себестоимость единицы продукции на участке у до и после проведения мероприятия, руб./ед., руб./т, руб./кг, руб./м³ (размерность в зависимости от вида продукции);

E_{1i}, E_{2i} - соответственно количество единиц продукции, получаемой на участке у до и после проведения мероприятия, ед., т, м³ (размерность в зависимости от вида продукции).

Продукцией могут быть выпускаемые изделия, заготовки, число набранных на компьютере страниц текста, количество разработанных программ, выполненных технологических операций и т. п.

Сокращение расходов ΔL на льготы и компенсации обусловлено тем, что за счет мероприятий по улучшению условий труда снижается тяжесть или напряженность труда (был тяжелый — стал средней тяжести, был напряженный — стал напряженный средней степени), снижается класс вредности (были вредные условия — стали допустимые), а это позволяет снять льготы и компенсации или уменьшить их размер.

Снижение расходов на льготы и компенсации также определяется суммированием по отдельным участкам или видам работ, на которых за счет мероприятий по улучшению условий труда удалось достичь сокращения расходов:

$$\Delta L = \sum_i (L_{1i} - L_{2i})$$

где L_{1i}, L_{2i} — соответственно расходы на льготы и компенсации работающим на участке у до и после мероприятий.

4. Экономическая эффективность мероприятий по улучшению условий и охране труда

Экономическая эффективность мероприятий по улучшению условий и охране труда определяется соотношением полученного экономического эффекта (выгоды B , руб.) и понесенных для его получения затрат Z , руб.

Для оценки экономической эффективности используют показатели чистого и общего (абсолютного) экономического эффекта. Показатель чистого экономического эффекта (годового экономического эффекта $\mathcal{E}_r$) определяется по формуле

$$\mathcal{E}_r = B - Z, \text{ руб.}$$

Чем больше годовой экономический эффект $\mathcal{E}_r$, тем выше экономическая эффективность мероприятия.

Затраты Z на реализацию мероприятия рассчитываются по формуле

$$Z = E_n K + C,$$

где K - капитальные вложения в мероприятие, руб. (затраты на приобретение средств защиты, модернизацию оборудования, создание или улучшение систем вентиляции, очистки и кондиционирования воздуха и т. п.);

E_n - безразмерный нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений, для мероприятий по охране труда принимается равным 0,08;

C - затраты на обслуживание и эксплуатацию систем обеспечения условий и охраны труда в год, руб.

Общая (абсолютная) экономическая эффективность $\mathcal{E}_0$ мероприятия определяется выражением $\mathcal{E}_0 = B / Z$. Мероприятие считается экономически эффективным, если $\mathcal{E}_0 > 1$. Чем выше $\mathcal{E}_0$, тем эффективнее мероприятие.

Эффективность капитальных вложений $\mathcal{E}_k$ в мероприятия по охране труда оценивают по формуле

$$\mathcal{E}_k = (B - C) / K.$$

Если $\mathcal{E}_k \geq E_n = 0,08$, то капитальные вложения следует считать эффективными.

Срок окупаемости капитальных вложений $T = 1 / \mathcal{E}_k$. Если $T \leq 12,5$ лет, мероприятие считается окупаемым.

Экономический эффект мероприятий по охране труда не может и не должен являться единственным критерием целесообразности проведения мероприятий. Даже если экономические расчеты показывают неэффективность мероприятия, оно может быть реализовано, т. к. обладает большой социальной эффективностью. Предпочтение социального эффекта экономическому вовсе не означает второстепенность последнего, особенно в условиях рыночной экономики. Экономический эффект является не целью мероприятий, а лишь одним из аспектов их оценки. Имея представление не только о прямой и социальной, но и об экономической эффективности мероприятий, работодатель более планомерно может осуществлять затраты на их проведение и управлять социально-экономическими последствиями травматизма и профессиональных заболеваний.

Экономический эффект от вложения финансовых средств в системы безопасности достаточно часто выступает лишь в виде возможных экономических потерь от вероятной аварии или несчастного случая. Это является серьезным психологическим аспектом, побуждающим предприятия вкладывать свободные средства в мероприятия, дающие реальный доход, а не на повышение безопасности производства. Однако «экономия» на безопасности ложна и чревата для предприятия серьезными убытками.

1.14 Лекция № 15 (2 часа).

Тема: «Безопасность при пофазном ремонте воздушных линий электропередачи»

1.14.1 Вопросы лекции:

1. Особенности пофазного ремонта.
2. Электростатическое влияние.
3. Электромагнитное влияние.
4. Меры безопасности при ремонте.

1.14.2 Краткое содержание вопросов:

1. Особенности пофазного ремонта

В нашей стране нашел применение так называемый пофазный ремонт воздушных линий электропередачи (ВЛ), т. е. ремонт отключенной фазы, в то время как две другие фазы остаются в работе и обеспечивают электроснабжение потребителей. Таким методом выполняют различные виды работ как на ВЛ, так и на подстанциях, в том числе ремонт и замену опор, проводов, выключателей и оборудования, а также ревизии и профилактические испытания. Работы ведут обычными способами, т. е. так же, как и при отключении всех трех фаз линии, но лишь на одной (отключенной) фазе.

При пофазном ремонте персонал, выполняющий работы на отключенной фазе, находится в условиях повышенной опасности поражения током по следующим причинам: наличие на отключенном проводе значительного потенциала, обусловленного электростатическим и электромагнитным влиянием остающихся в работе проводов, близость проводов линии, находящихся под рабочим напряжением; возникновение электрической дуги, вызываемой емкостным током, при наложении и снятии временного заземления на отключенный провод и др.

Указанные обстоятельства определяют особенности пофазного ремонта и требуют принятия специальных мер, обеспечивающих безопасные и высокопроизводительные условия работы ремонтного персонала.

Главной из этих мер является снижение до безопасного для человека значения потенциала отключенного провода линии на месте производства работ путем соблюдения особых условий его заземления. Вместе с тем должна быть безошибочно определена протяженность участка линии, на котором ремонтному персоналу обеспечена безопасность прикосновения к отключенному проводу из условий допустимого напряжения прикосновения. Лица, выполняющие работы, обязаны соблюдать определенные безопасные расстояния до проводов линии, находящихся под напряжением. Наложение и снятие

переносного заземления с отключенного провода должны осуществляться с помощью специального дугогасящего устройства - штанги-гасителя.

Выполнение работ при пофазном ремонте ВЛ должно поручаться специально обученным лицам при постоянном надзоре производителя работ. Пофазный ремонт разрешается производить на ВЛ 35 - 220 кВ одноцепных и двухцепных с любым расположением проводов, но при условии, что расстояние от проводов, находящихся под напряжением, до оси стойки деревянной опоры или тела стойки металлической и железобетонной опор составляет не менее 1,5 м на линиях напряжением до 110 кВ включительно, 2,0 м на линиях 150 кВ и 2,5 м на линиях 220 кВ.

На ВЛ 35 кВ в тех случаях, когда указанное расстояние меньше 1,5 м, но не меньше 1,0 м, работы со стойки опоры можно производить лишь при условии применения съемных сплошных жестких ограждений из изоляционного материала, препятствующих приближению и прикосновению работающего к проводу и изоляторам.

В настоящей главе дан анализ электрических явлений, возникающих на отключенном проводе трехфазной ВЛ, и рассмотрены меры, обеспечивающие безопасность ремонтного персонала. При этом для упрощения излагаемых вопросов электростатическое и электромагнитное влияние описывается отдельно; с той же целью не учитывается сопротивление провода, которое в действительных условиях может заметно влиять на характер распределения, значение потенциала провода и на ток. Все вопросы рассматриваются применительно к воздушным линиям с горизонтальным расположением проводов, имеющим нормальное выполнение транспозиций.

2. Электростатическое влияние

а) Значение наведенного потенциала на отключенном проводе

Отключенный провод трехфазной воздушной линии электропередачи находится в электрическом поле оставшихся в работе проводов, вследствие чего на нем наводится электростатический потенциал ϕ_3 , В, значение которого можно определить следующим образом.

Пусть на линии отключена фаза С, что соответствует, например, проводу 3 (рисунок 1, а). Тогда наведенный на нем электрическим полем фазы А потенциал ϕ_a , В, найдем из следующего соотношения:

$$\frac{\phi_A}{-j/\omega C_{30}} = \frac{\dot{U}_A}{-j/\omega C_{13} - j/\omega C_{30}},$$

откуда

$$\phi_A = \dot{U}_A C_{13} / (C_{13} + C_{30}). \quad (1)$$

В этом случае мы пренебрегли активной проводимостью изоляции проводов, которая незначительна, и учли лишь емкостные проводимости.

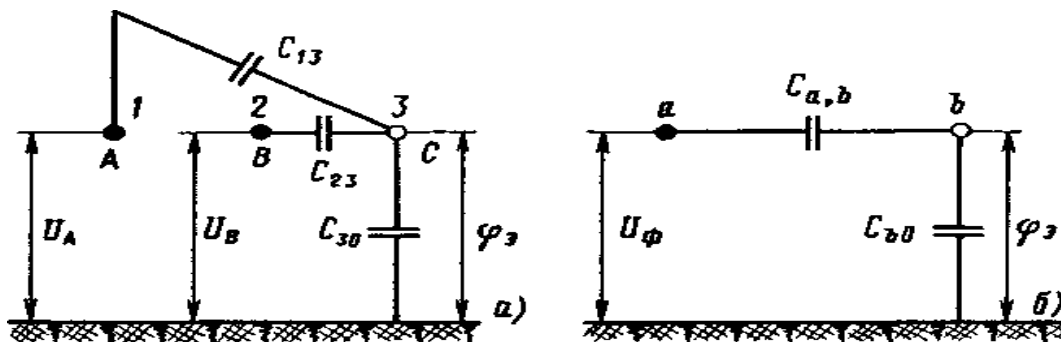


Рисунок 1 - Емкостные связи между рабочими проводами и отключенным проводом трехфазной линии (а) и проводами эквивалентной ей двухпроводной линии (б)

Таким же путем определим потенциал $\dot{\Phi}_B$, наводимый на этом же проводе полем фазы В:

$$\dot{\Phi}_B = \dot{U}_B C_{23} / (C_{23} + C_{30}).$$

Результирующий потенциал $\dot{\Phi}_3$, В, провода 3 будет равен согласно принципу наложения электрических полей алгебраической сумме потенциалов, наводимых полями обеих фаз:

$$\dot{\Phi}_3 = \dot{\Phi}_A + \dot{\Phi}_B = \dot{U}_A C_{13} / (C_{13} + C_{30}) + \dot{U}_B C_{23} / (C_{23} + C_{30}). \quad (2)$$

Если бы в качестве отключенного мы рассматривали провод 1 или 2, то получили бы аналогичные уравнения, но в них участвовали бы также $\dot{U}_C$, C_{12} , C_{10} , C_{20} .

В этих уравнениях $\dot{\Phi}_A$, $\dot{\Phi}_B$ - комплексные значения потенциалов, наведенных на отключенном проводе 3 (фаза С), оставшимися в работе фазами А и В соответственно, В; $\dot{U}_A$, $\dot{U}_B$, $\dot{U}_C$ - комплексные значения фазных напряжений, В; C_{10} , C_{20} , C_{30} - емкости проводов ВЛ относительно земли, Ф/км; C_{12} , C_{13} , C_{23} - взаимные емкости между проводами ВЛ, Ф/км; $\omega = 314$ - угловая частота, с⁻¹.

Уравнение (2) определяет потенциал отключенного провода лишь на участках ВЛ, где он числится под № 3.

Однако на транспонированной линии с целым числом циклов транспозиции* это уравнение справедливо для потенциала отключенного провода по всей его длине. При этих условиях можно считать равными емкости проводов относительно земли, а также взаимные емкости между проводами и приравнять их некоторым эквивалентным емкостям C_{b0} и C_{ab} :

$$C_{10} = C_{20} = C_{30} = C_{b0};$$

$$C_{12} = C_{13} = C_{23} = C_{a,b}.$$

Тогда после соответствующей подстановки (2) примет вид

$$\dot{\Phi}_3 = (\dot{U}_A + \dot{U}_B) C_{a,b} / (C_{a,b} + C_{b0}) = -\dot{U}_C C_{a,b} / (C_{a,b} + C_{b0}).$$

Это уравнение показывает, что $\dot{\Phi}_3$ находится в противофазе с напряжением $\dot{U}_C$, которое существовало на проводе до его отключения.

В действительной форме наведенный на отключенном проводе ВЛ электростатический потенциал, В,

$$\Phi_3 = U_\phi C_{a,b} / (C_{a,b} + C_{b0}). \quad (3)$$

Уравнение (3) показывает, что для определения электростатического потенциала, наводимого на отключенном проводе трехфазной ВЛ полями оставшихся в работе фаз, можно пользоваться эквивалентной двухпроводной линией (рисунок 1, б), у которой один из проводов *a* является влияющим и находится под потенциалом, равным фазному напряжению рассматриваемой линии U_ϕ , а другой провод *b* подвержен влиянию и на нем наводится искомый потенциал Φ . Частичные емкости этой линии эквивалентны частичным емкостям трехфазной линии и обозначены C_{b0} и C_{ab} .

* Транспозиция – изменение порядка расположения проводов воздушной линии путем кругового перемещения их перекрещения на опорах вдоль всей линии через равные расстояния, при котором каждый провод линии занимает поочередно одинаковое положение на опоре. Благодаря транспозиции уравниваются падения напряжения в фазах и емкости одной фазы относительно другой и относительно земли.

б) Потенциальная характеристика незаземленного провода

Потенциальная характеристика, т. е. линия, характеризующая распределение наведенного потенциала вдоль провода, определяется для незаземленного провода.

Поскольку правая часть этого уравнения - величина постоянная, оно является уравнением прямой линии, параллельной оси абсцисс (если по этой оси отложить длину провода). Иначе говоря, электростатический потенциал φ_3 одинаков по всей длине подверженного влиянию провода (рисунок 2).

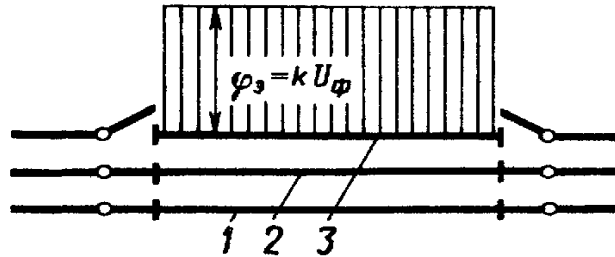


Рисунок 2 - Потенциальная характеристика отключенного и незаземленного провода, подверженного электростатическому влиянию: 1,2 - провода линии, оставшиеся в работе, 3 - отключенный провод

в) Опасность прикосновения к проводу

Прикосновение к проводу, находящемуся под электростатическим потенциалом, таит для человека опасность поражения током. При этом степень опасности зависит не от значения потенциала, а от значения тока, который будет проходить через человека, I_h , или напряжения прикосновения $U_{np} = I_h R_h$, где R_h - сопротивление тела человека, Ом.

Для случая прикосновения к незаземленному проводу (рисунок 4, а) можно написать

$$\frac{\dot{U}_\varphi}{1/j\omega C_{a,b}l + 1/(1/R_h + j\omega C_{b0}l)} = \frac{\dot{U}_{np}}{1/(1/R_h + j\omega C_{b0}l)},$$

откуда напряжение прикосновения U_{np} , В, т. е. напряжение, под которым окажется человек после прикосновения к проводу,

$$\dot{U}_{np} = \dot{U}_\varphi \frac{\omega C_{a,b} l R_h}{\omega (C_{a,b} + C_{b0}) l R_h - j}$$

или в действительной форме

$$U_{np} = U_\varphi \frac{\omega C_{a,b} l R_h}{\sqrt{[\omega (C_{a,b} + C_{b0}) l R_h]^2 + 1}}. \quad (4)$$

Ток, А, проходящий через человека, равен

$$I_h = U_\varphi \frac{\omega C_{a,b} l}{\sqrt{[\omega (C_{a,b} + C_{b0}) l R_h]^2 + 1}}. \quad (5)$$

В этих выражениях l - длина провода, км; R_h - сопротивление тела человека, Ом.

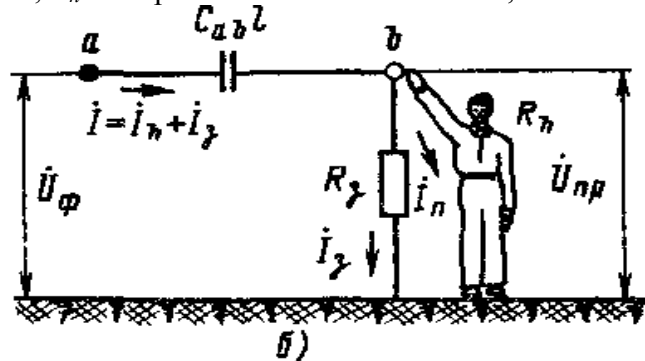
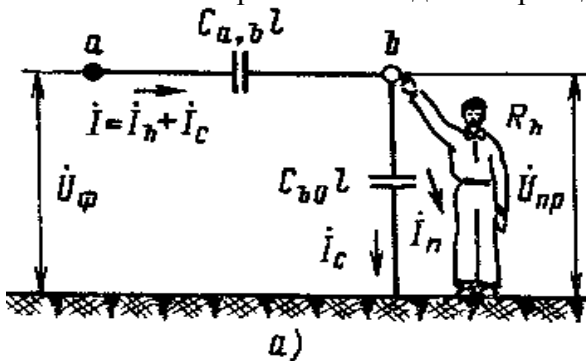


Рисунок 3 - Схема электрических связей при прикосновении человека к отключенному проводу: а - провод не заземлен, б - провод заземлен

3. Электромагнитное влияние

а) Значение наведенной ЭДС

Токи, проходящие по оставшимся в работе проводам ВЛ, образуют вокруг них переменное магнитное поле, часть силовых линий которого пересекает третий отключенный провод и наводит на нем ЭДС взаимной индукции.

Каждый из оставшихся в работе проводов можно рассматривать как первичную обмотку однофазного трансформатора тока, а отключенный провод - как разомкнутую вторичную обмотку (рисунок 4). Напряжение на концах вторичной обмотки, т. е. между началом и концом отключенного провода, есть наведенная ЭДС взаимной индукции, которую обычно называют продольной ЭДС.

Как известно из основ электротехники, мгновенное значение продольной ЭДС, наведенной магнитным полем одного из оставшихся в работе проводов, например провода 1 (фаза А), определяется выражением

$$e_A = -M_A l \frac{di}{dt}. \quad (6)$$

Поскольку влияющий ток - синусоидальный, взяв производную по времени от $i = I_{max} \sin \omega t$ и подставив ее в выражение (6), получим

$$e_A = \omega M_A l I_{max} \sin(\omega t - \pi/2),$$

откуда действующее значение ЭДС E_A , В, будет равно: в комплексной форме

$$\dot{E}_A = -j\omega M_A l \dot{I}_A;$$

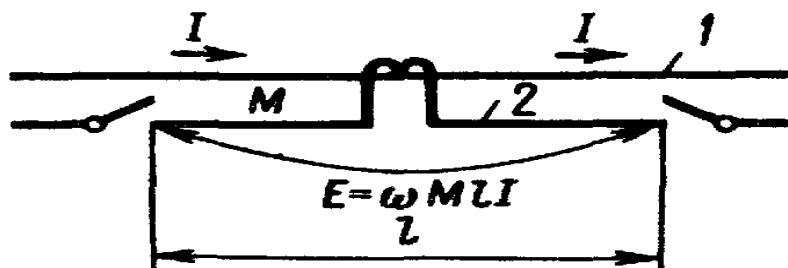


Рисунок 4 - Схема, имитирующая возникновение продольной ЭДС E на отключенном проводе как во вторичной обмотке трансформатора тока: 1 - работающий (не отключенный) провод - первичная обмотка трансформатора тока, 2 - отключенный провод - вторичная разомкнутая обмотка трансформатора тока

в действительной форме

$$E_A = \omega M_A l I_A, \quad (7)$$

где M_A - взаимная индуктивность между рабочим и отключенным проводами, Гн/км; l - длина подверженного влиянию, т. е. отключенного, провода, км; I_A - индуцирующий ток (ток в фазе А), А.

Продольная ЭДС $\dot{E}$, В, обусловленная влиянием обоих рабочих проводов, равна сумме ЭДС, наведенных полями этих проводов:

$$\dot{E} = \dot{E}_A + \dot{E}_B = -j\omega M l (\dot{I}_A + \dot{I}_B).$$

В данном случае считаем, что благодаря транспозиции проводов их взаимные индуктивности равны.

В действительной форме эта суммарная ЭДС, В,

$$E = \omega M I. \quad (8)$$

Значение продольной ЭДС на единицу длины провода E_0 , В/км, равно

$$E_0 = E/l = \omega M I. \quad (9)$$

В этих уравнениях I - действующее значение суммарного индуцирующего тока обоих работающих проводов, А. В рабочем режиме ВЛ, когда по оставшимся в работе проводам проходят токи нагрузки I_A и I_B (которые могут отличаться от токов нагрузки до отключения третьего провода), индуцирующий ток является суммой этих токов:

$$\dot{I} = \dot{I}_A + \dot{I}_B,$$

причем угол между векторами токов I_A и I_B , а следовательно, и значение I зависят от соотношения сопротивлений обратной и нулевой последовательностей. В аварийном режиме, т. е. при КЗ одной из работающих фаз на землю, индуцирующий ток будет равен току замыкания на землю: $I = I_3$

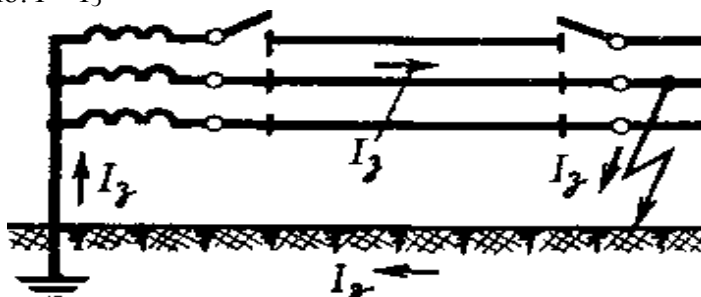


Рисунок 5 - Замыкание на землю одной из оставшихся в работе фаз ВЛ

Таким образом, значение E зависит от длины отключенного участка провода, взаимной индуктивности проводов и влияющего тока и не зависит от напряжения линии.

Длина отключенного провода определяется местными условиями - схемой сети, наличием на линии коммутационных аппаратов и т. п.

Взаимная индуктивность проводов зависит от расстояния между ними d , м, высоты подвеса проводов над землей и удельного сопротивления грунта ρ , Ом·м.

Для условий пофазного ремонта модуль взаимной индуктивности проводов, Гн/км, можно определить по следующей приближенной формуле:

$$M = 2 \cdot 10^{-4} \ln \frac{113\sqrt{\rho}}{d}. \quad (10)$$

б) Потенциальная характеристика незаземленного провода

Уравнение потенциальной характеристики, определяющее потенциал провода в разных его местах, находим следующим путем. Для упрощения принимаем, что продольная ЭДС E на проводе обусловлена работой генератора, включенного в рассечку провода, и что распределенные емкостные сопротивления провода относительно земли* сосредоточены по его концам $X_{C,н}$ и $X_{C,к}$ и имеют одинаковые значения (рисунок 6):

$$X_{C,н} = X_{C,к} = 2/\omega C_{bo} l, \quad (11)$$

где C_{bo} - емкость провода относительно земли, Ф/км; l - длина провода, км.

Тогда в замкнутом контуре провод - $X_{C,н}$ - земля - $X_{C,к}$ пойдет ток электромагнитной индукции, А,

$$I_k = \frac{E}{X_{C,н} + X_{C,к}} = \frac{E}{2X_{C,н}}. \quad (12)$$

Теперь можно найти выражение для потенциала φ_x , В, любой точки провода, например точки A , отстоящей от начала провода на расстоянии x (рисунок 7).

*Проводимостью изоляции провода относительно земли пренебрегаем за ее малостью. Приняв потенциал земли равным нулю, мы вправе написать

$$\varphi_x = I_k X_{C,н} - \frac{E}{l} x.$$

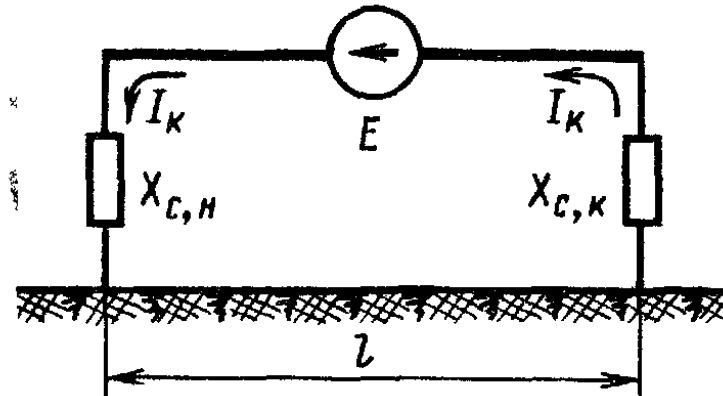


Рисунок 6 - Схема, имитирующая условия возникновения продольной ЭДС E в проводе с помощью генератора, включенного в рассечку провода и обладающего ЭДС, равной наводимой ЭДС E

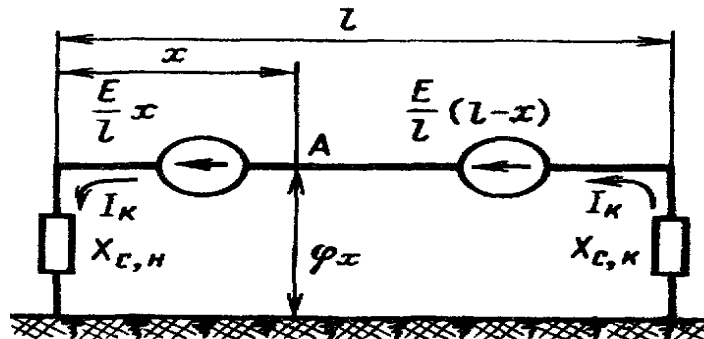


Рисунок 7 - К определению уравнения потенциальной характеристики незаземленного провода, подверженного электромагнитному влиянию

Заменив здесь I_k его значением из (12), получим искомое уравнение потенциальной кривой, позволяющее определить потенциал φ_x , В, любой точки провода:

$$\varphi_x = -\frac{E}{l} x + \frac{E}{2}. \quad (13)$$

в) Потенциальная характеристика заземленного провода

Уравнение потенциальной характеристики. Пусть отключенный провод, на котором в результате электромагнитного влияния наводится продольная ЭДС, заземлен в нескольких местах.

Потенциал провода φ_x , В, в какой-либо точке, например в точке A , отстоящей от крайнего заземления R_1 на расстоянии x , км,

$$\varphi_x = \varphi_n - \frac{E}{l}(x - L_k)$$

или после преобразования

$$\varphi_x = -\frac{E}{l}x + \left(\frac{E}{l}l_k + \varphi_k\right), \quad (14)$$

где φ_k - потенциал провода в точке B или, что одно и то же, падение напряжения в сопротивлении заземления R_k , В; l_k - расстояние от крайнего заземления до точки B (до заземления R_k), км.

Значение φ_k нам неизвестно, однако бесспорно, что этот потенциал не зависит от переменной x и поэтому в данной формуле является постоянной величиной, так же как E , l и l_k .

Отсюда следует, что выражение (14) является уравнением прямой линии, имеющей наклон к оси абсцисс, В/км:

$$\operatorname{tg} \alpha = E/l = E_0.$$

Таким образом, потенциал заземленного провода (при любом числе заземлений) меняется по закону прямой линии, так же как и изолированного от земли провода. Эти прямые имеют одинаковый наклон, но сдвинуты одна относительно другой, т. е. их точки нулевого потенциала расположены в разных местах по длине провода.

г) *Опасность прикосновения к проводу*

Опасность прикосновения к проводу, на котором наводится продольная ЭДС, оценивается током I_h , проходящим через человека, или напряжением прикосновения $U_{np} = I_h R_h$.

Прикосновение к незаземленному проводу можно рассматривать как заземление его через сопротивление тела человека R_h , Ом. При этом надо учесть, что провод, как мы условились ранее, имеет еще две связи с землей: через емкостные сопротивления $X_{C,n}$ и $X_{C,k}$, равные между собой и включенные на его концах.

Напряжение прикосновения U_{np} , В, т. е. напряжение, под которым окажется человек после прикосновения к проводу, можно определить методом узлового напряжения:

$$\dot{U}_{np} = \frac{\frac{\dot{E}}{l} l_{np} \underline{Y}_{C,n} + \frac{\dot{E}}{l} (l - l_{np}) \underline{Y}_{C,k}}{\underline{Y}_{C,n} + \underline{Y}_h + \underline{Y}_{C,k}},$$

где $\dot{U}_{np}$ - комплекс напряжения прикосновения, В; l_{np} - расстояние от начала провода до места прикосновения, км; $\underline{Y}_{C,n}$ и $\underline{Y}_{C,k}$ комплексы проводимостей на концах провода, См:

$$\underline{Y}_{C,n} = j/X_{C,n}; \quad \underline{Y}_{C,k} = j/X_{C,k};$$

$\underline{Y}_h = 1/R_h$ - проводимость тела человека, См.

4. Меры безопасности при ремонте

а) *Способы обеспечения безопасности прикосновения к проводу*

При рассмотрении электростатического влияния мы установили, что опасность поражения человека током, обусловленная наличием на проводе электростатического потенциала, устраняется при заземлении провода хотя бы в одной точке. При этом сопротивление заземления $R_{з,б}$ должно быть не выше определенного значения, благодаря чему остаточный потенциал провода не превышает допустимого напряжения прикосновения. Значение этого сопротивления определяется выражением

$$R_{3,6} = U_{\text{пр, доп}} / U_{\text{ф}} \omega C_{a,b} l.$$

При рассмотрении электромагнитного влияния нами установлено, что на проводе, как заземленном, так и незаземленном, имеются безопасные зоны - участки провода, к которым безопасно прикасаться (по условиям электромагнитного влияния).

У незаземленного провода указанная зона обычно в несколько раз длиннее. Однако она всегда находится в средней части провода и не может быть смещена в необходимое для ремонта место. Это обстоятельство и главным образом то, что незаземленный провод остается опасным по условиям электростатического влияния, исключают возможность производства работ на незаземленном проводе.

У заземленного провода длина безопасной зоны практически не зависит от числа заземлений, т.е. она одинакова как у провода, заземленного в одной точке, так и у многократно заземленного.

У провода, заземленного в одной точке, безопасная зона примыкает непосредственно к точке заземления и расположена по обе стороны от нее (рисунок 18).

У многократно заземленного провода указанная зона находится на участке между крайними заземлениями. Точное ее местоположение зависит от числа заземлений, их сопротивления и взаимного размещения.

Существенный недостаток многократного заземления провода - это то, что через заземления проходят токи, обусловленные продольной ЭДС. Например, при заземлении провода в двух точках (рисунок 8) через заземления R_1 и R_2 будет проходить ток электромагнитной индукции I_M , А:

$$I_M = E_0 l_{AB} / (R_1 + R_2),$$

где l_{AB} - расстояние между заземлениями, км.

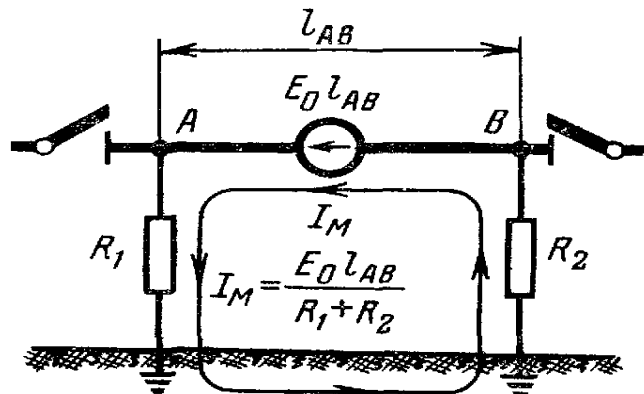


Рисунок 8 - Контур тока электромагнитной индукции при заземлении провода в двух точках

В нормальном режиме указанный ток относительно невелик, но он протекает непрерывно. В результате происходит высушивание почвы вокруг заземлителей, а следовательно, повышение их сопротивления. При коротком замыкании, когда вместе с E_0 резко возрастает и ток I_M , сопротивления заземлителей могут так измениться (по абсолютному значению или одно относительно другого), что произойдет смещение потенциальной характеристики провода, т. е. возникнет опасность поражения ремонтного персонала током. Вместе с тем большой ток I_M затрудняет устройство заземлений и может вызвать перегорание заземляющих проводов.

Поэтому для защиты от опасности поражения током, обусловленной электромагнитным влиянием, провод необходимо заземлять лишь в одном месте - месте производства работ. При этом на проводе по обе стороны от места заземления создается

безопасная зона $l_{\text{без}}$, в которой напряжение прикосновения не превышает некоторого заранее заданного значения $U_{\text{пр. доп}}$. Протяженность безопасной зоны практически не зависит

от сопротивления заземления провода $R_{з,б}$ (при условии, что оно мало по сравнению с сопротивлением тела человека) и определяется:

$$I'_{без} = U_{пр, доп} / E_0.$$

Таким образом, наиболее совершенным способом обеспечения безопасности прикосновения к проводу с учетом как электростатического, так и электромагнитного влияния является заземление его в одном месте.

Этот способ и принят действующими Правилами техники безопасности.

б) Подготовка провода к ремонту и производство работ

Отключение провода производят со всех сторон, откуда может быть подано напряжение. При этом с каждой стороны создают видимый разрыв.

При пофазном управлении провод отключают выключателями (отделителями) и линейными разъединителями. Приводы последних запирают на замки.

При отсутствии пофазного управления видимый разрыв создают путем демонтажа ошиновки на подстанции или разъединения провода в петле концевой опоры ВЛ.

На приводах разъединителей и выключателей вывешиваются плакаты «Не включать - работа на линии».

Заземление отключенного провода производят лишь в одном месте - месте выполнения работ. Заземлять провод в других местах, в том числе на подстанциях, где его отключали, запрещается.

Наложение и снятие с провода переносного заземления таит в себе опасность для человека в случае прикосновения его к незаземленному проводу. Кроме того, при этих операциях между проводом и зажимом переносного заземления возникает электрическая дуга, обусловленная емкостным током* и способная в ряде случаев причинить серьезные повреждения проводу и переносному заземлению. Для устранения этих опасностей провод до наложения на него (или снятия с него) обычного переносного заземления должен быть заземлен с помощью специальной изолирующей штанги и гасителя, которая надежно изолирует оператора от провода и гасит возникшую дугу в особой гасительной камере.

1.17 Лекция № 16 (2 часа).

Тема: «Безопасность при работах под напряжением на воздушных линиях электропередачи высокого напряжения»

1.17.1 Вопросы лекции:

1. Особенности и достоинства метода работ под напряжением.
2. Принцип, положенный в основу метода работ под напряжением.
3. Приспособления для выполнения работ под напряжением и порядок производства работ.

1.17.2 Краткое содержание вопросов:

1. Особенности и достоинства метода работ под напряжением

В период Великой Отечественной войны, когда бесперебойное снабжение электроэнергией промышленных предприятий приобрело особо важное значение, в Советском Союзе был разработан и начал применяться метод ремонта воздушных линий электропередачи (ВЛ) 35 и 110 кВ без их отключения, т. е. под напряжением.

Особенности указанного метода заключаются в следующем: 1) линия электропередачи при ремонте остается в работе, благодаря чему обеспечивается бесперебойность электроснабжения потребителей; 2) персонал, выполняющий ремонтные работы, будучи надежно изолирован от земли, может безопасно прикасаться неизолированным инструментом или голыми руками к проводам линии, находящимся под рабочим напряжением.

В последующие годы этот метод непрерывно совершенствовался в целях повышения производительности труда и безопасности работы. Вместе с тем расширялась и область применения его в сторону более высоких и более низких напряжений.

В настоящее время ремонт воздушных линий электропередачи под напряжением производится также в ряде зарубежных стран (ВНР, ГДР, США, Англии, Японии и др.), причем этот метод ремонта применяется на воздушных линиях практически любого напряжения - от 1 до 750 кВ включительно, а иногда и в открытых распределительных устройствах.

Под напряжением на ВЛ производятся: замена изоляторов и арматуры; снятие с проводов набросов; осмотр провода со вскрытием подвесных зажимов; замена провода на отдельных участках линии; ремонт провода в любом месте пролета - установка шунтов, бандажей и ремонтных муфт, вставка жил и небольших кусков провода; установка на проводе контрольно-измерительной аппаратуры и подобные им работы.

Кроме того, без отключения ВЛ выполняются и другие работы, не связанные с прикосновением к проводам: окраска металлических и антисептирование деревянных опор, выправка опор; замена отдельных деталей деревянных опор - пасынков, траверс, стоек и др., а также опор в целом; замена грозозащитных тросов и т. п.

Опыт энергосистем Советского Союза и зарубежный опыт показывает, что до 90% объема работ по ремонту линий можно выполнять под напряжением.

Достоинством метода ремонта ВЛ под напряжением является то, что он приносит народному хозяйству значительную экономию благодаря исключению недоотпуска электроэнергии потребителям и роста потерь энергии, неизбежных при ремонте с отключением линий. При этом методе ремонта сохраняется не только непрерывность, но и существующая надежность питания потребителей электроэнергии.

При ремонте неотключенных линий требуется меньше ремонтного персонала, так как работы на различных участках линии могут производиться в разное время, а не одновременно, как при ремонтах с отключением линий.

2. Принцип, положенный в основу метода работ под напряжением

а) Электрическая схема

В основу метода работы с непосредственным прикосновением человека к проводу, находящемуся под рабочим напряжением, положен принцип изоляции человека от земли и тел, имеющих иной, чем провод, потенциал. При опытах, проводившихся во время разработки этого метода, в качестве изоляции использовались обычные фарфоровые опорно-штыревые изоляторы ИШД-35, предназначенные для монтажа колонок разъединителей открытых распределительных устройств, на которых размещался человек (рисунки 1). При этом было установлено, что человек может касаться неизолированного провода, находящегося под напряжением до 500 В переменного тока (50 Гц), не испытывая неприятных ощущений. При большем напряжении до 1000 В прикосновение к проводу сопровождалось неприятным ощущением, а при напряжении 1000 - 4000 В - болезненным ощущением с явлением покалывания в месте касания от искры, возникающей между проводом и рукой.

С ростом напряжения мощность искры увеличивалась и болезненность ощущения усиливалась. При напряжении 8 - 10 кВ действие искры оказывалось настолько значительным, что исключало возможность прикосновения к проводу.

Указанные ощущения возникали в моменты прикосновения к проводу и отрыва руки от него, а при наложении руки на провод, т. е. при хорошем контакте между ними, эти ощущения исчезали. Однако при дальнейшем повышении напряжения в период неизменного контакта с проводом человек начинал ощущать прохождение через него тока. Повышение напряжения усиливало болезненность этого ощущения и могло при не котором значении напряжения вызвать поражение человека током.

Эти явления объясняются тем, что через человека проходили ток проводимости и емкостный ток изолирующего устройства i_a и i_c , а также емкостный ток человек - земля $i_{h,c}$, значения которых возрастают с ростом напряжения провода относительно земли (рисунок 1).

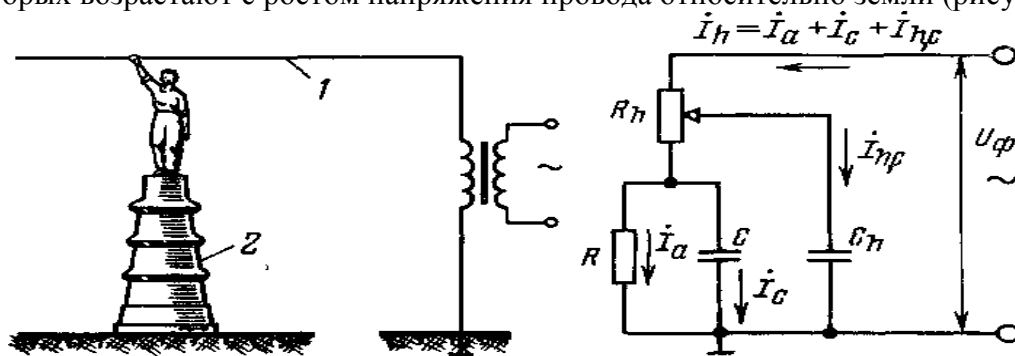


Рисунок 1 - Схема первых опытов прикосновения к проводу, находящемуся под напряжением: 1 - провод, находящийся под напряжением, 2 - изолирующее устройство, R - сопротивление изолирующего устройства, C - емкость изолирующего устройства, R_h - сопротивление тела человека, C_h - емкость человек - земля, I_a - ток проводимости изолирующего устройства, i_c - емкостный ток изолирующего устройства, $i_{h,c}$ - емкостный ток человек - земля, i_h - суммарный ток, проходящий через человека

Чтобы исключить воздействие на человека токов i_a и i_c , схема была изменена следующим образом: поверх изолирующего устройства укладывали металлический лист, на котором и располагался человек, после чего этот лист соединяли проводником с проводом линии. В результате тело человека шунтировалось этим проводником, т. е. ток проводимости и емкостный ток изолирующего устройства i_a и i_c проходили через шунтирующий проводник, минуя человека (рисунок 2). Эта схема положена в основу метода работы с непосредственным прикосновением человека к проводу, находящемуся под напряжением, хотя и она имеет недостаток: емкостный ток человек - земля $i_{h,c}$ и в этом случае проходит через человека.

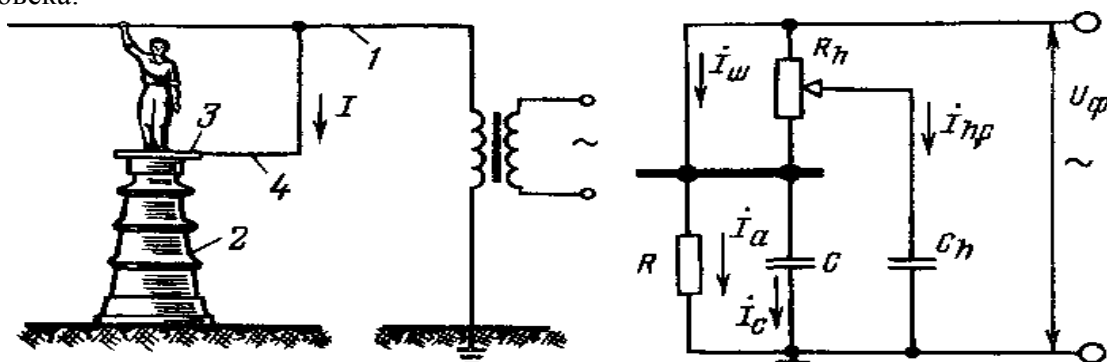


Рисунок 2 - Принятая схема работы под напряжением: 1 - провод, находящийся под напряжением, 2 - изолирующее устройство, 3 - металлический лист, 4 - провод, шунтирующий человека, R - сопротивление изолирующего устройства, C - емкость изолирующее устройство - земля, C_h - емкость человек - земля, $i_{ш}$ - ток, протекающий по шунтирующему проводнику, i_a - ток проводимости изолирующего устройства, i_c - емкостный ток изолирующее устройство - земля, $i_{h,c}$ - емкостный ток человек - земля

б) Емкостный ток человек - земля и его ограничение

Поскольку человек, работающий на изолирующем устройстве, подвержен воздействию тока $i_{h,c}$, вызванного наличием емкости C_h человек - земля (рисунок 2), возникает вопрос: каково значение этого тока, т. е. не опасен ли он для человека, и как устранить эту опасность, если она существует? Чтобы ответить на этот вопрос, определим предварительно значение емкости тела человека относительно земли.

Емкость человек - земля можно определить, заменив для упрощения тело человека цилиндром из проводящего материала, имеющим длину и объем, равные соответственно высоте и объему тела человека.

Приняв, что человек имеет средний рост 1,7 м и соответствующий этому росту объем тела 0,068 м³ (исходные данные: масса человека среднего роста 71,9 кг и средняя плотность тела 1,05 г/см³), получим размеры эквивалентного цилиндра: длина $l_h = 1,7$ м; диаметр основания $d_h = 0,226$ м. Разместим этот цилиндр в вертикальном положении на такой же высоте H , м, над землей, на которой находится человек, работающий с изолирующего устройства (рисунок 3).

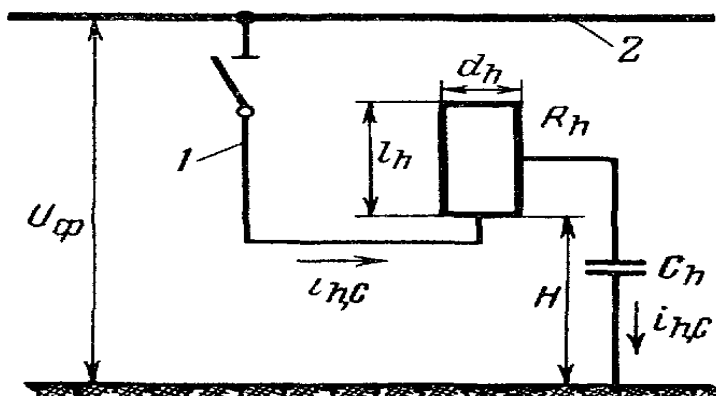


Рисунок 3 - Цепь емкостного тока человек - земля (момент присоединения шунтирующего проводника 1 к проводу линии 2)

Емкость цилиндра относительно земли можно приближенно определить по известной формуле, Φ ,

$$C = \frac{4\pi\epsilon_0 l_h}{\ln \frac{4l_h^2 (l_h + 4H)}{d_h^2 (3l_h + 4H)}}, \quad (1)$$

где $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м - электрическая постоянная.

При работе с изолирующего устройства человек находится над землей на высоте 5 - 7 м, поэтому, приняв $H = 6$ м, получим

$$C = \frac{4\pi \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 1,7}{\frac{4 \cdot 1,7^2 (1,7 + 4 \cdot 6)}{0,226^2 (3 \cdot 1,7 + 4 \cdot 6)}} = 36 \cdot 10^{-12} \text{ Ф.}$$

Это значение можно принять за емкость тела человек - земля, т. е. $C_h = 36$ пФ.

Ограничение емкостного тока. Емкостные токи, как возникающие в момент переноса потенциала на человека $i_{h,max}$, так и установившиеся I_h , не могут вызвать поражения человека и в этом смысле безопасны. Объясняется это тем, что ток $i_{h,max}$, достигая относительно большого значения, действует весьма кратковременно (1 - 1,5 мкс), а ток I_h , действующий длительно, имеет малое значение. Однако при работах на линиях выше 110 кВ под действием этих токов человек испытывает неприятные и даже болезненные ощущения. Такое воздействие тока отрицательно сказывается на здоровье человека и, кроме того, может явиться косвенной причиной несчастного случая, поскольку человек, почувствовав воздействие тока, теряет уверенность в своей безопасности и может допустить неправильные действия.

Чтобы исключить эти явления, необходимо уменьшить емкостные токи, как кратковременно, так и длительно проходящие через человека, до значения, при котором ток человеком не ощущается.

Для ограничения тока в момент переноса потенциала провода на рабочую площадку на ВЛ 330 - 500 кВ последовательно с шунтирующим проводником включают резистор сопротивлением 5 - 10 МОм. Благодаря этому активное сопротивление цепи резко возрастает

и ток $i_{h,max}$ уменьшается в несколько раз. Обычно этот резистор встраивают в штангу, с помощью которой шунтирующий проводник накладывают на провод линии. После переноса потенциала на рабочую площадку резистор шунтируется специальным устройством, т. е. ток через него не проходит.

Для защиты человека от воздействия электрического поля ВЛ, т. е. для ограничения установившегося тока, применяют экранирующий костюм, изготовленный из токопроводящей ткани, дополняемый специальной обувью*. Используют также металлические экраны, защищающие пространство, в котором находится человек, работающий с изолирующего устройства.

Защитный костюм электрически соединяют с металлической рабочей площадкой изолирующего устройства. Он экранирует все тело человека за исключением лица, кистей рук и ступней ног, благодаря чему емкостные токи уменьшаются в несколько раз и оказываются значительно ниже ощутимых токов. Применение экранирующих костюмов и других средств защиты от воздействия электрического поля обязательно при работах с изолирующих устройств на линиях 220 кВ и выше.

3. Приспособления для выполнения работ под напряжением и порядок производства работ

а) Изолирующие устройства и вспомогательные приспособления

Материалом для изготовления изолирующих устройств, предназначенных для изоляции человека от земли, а также вспомогательных изолирующих приспособлений для изоляции отдельных частей ВЛ с разными потенциалами ранее служили в основном бруски из электротехнического древеснослоистого пластика, а в настоящее время являются трубки и стержни из текстолита, стекловолокна с эпоксидной смолой, в том числе из стеклотекстолита, и подобные им электроизоляционные материалы, обладающие высокой электрической и механической прочностью.

Канаты, применяемые при работах под напряжением, должны быть изготовлены из капрона, дедерона и других синтетических полиамидных волокон, характеризующихся очень большой электрической и механической прочностью, а также повышенной стойкостью к ударным нагрузкам и истиранию.

Конструкция. Изолирующие устройства изготовляют в виде раздвижных лестниц (типа пожарных), смонтированных в кузове грузовой автомашины (рисунок 4), а также в виде подвесной легкой лестницы, состоящей из нескольких отдельных звеньев и навешиваемой на провод в непосредственной близости от гирлянды изоляторов (рисунок 5). Изолирующим устройством может служить обычная телескопическая вышка, верхнее звено которой изготовлено из изоляционного материала, например стеклотекстолита. Применяют также изолирующие устройства в виде кранов, гидравлических подъемников и других конструкций, снабженных изолирующим звеном и установленных на самоходных шасси или автомашинах (рисунок 6).

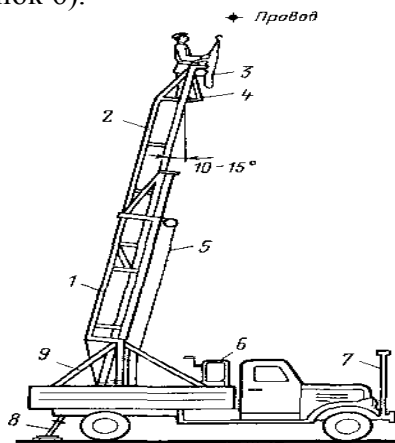


Рис 4

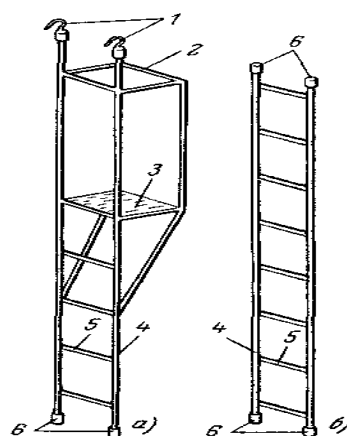


Рис 5

Рисунок 4 - Изолирующая двухзвенная лестница: 1 и 2 - нижнее и верхнее (выдвижное) звенья лестницы; 3 - шунтирующий проводник; 4-металлическая рабочая

площадка; 5 - трос выдвижения верхнего звена; 6 - лебедка подъема и выдвижения; 7 - упор на котором лежит лестница в сложенном виде; 8 - съемные домкраты; 9 – лафет.

Рисунок 5 - Подвесная изолирующая лестница: а - верхнее звено; б - промежуточное звено; 1 - зацепы - стальные крюки для навешивания лестницы на провод; 2 - корзина - рабочее место монтера; 3 - дно корзины; 4 - тетива - стеклопластиковая трубка; 5 - ступенька - коробчатый стеклопластик; 6 - гайки для соединения звеньев лестницы.

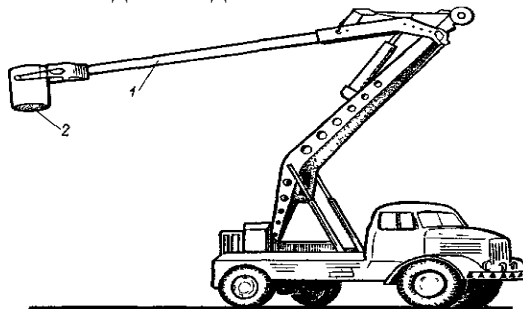


Рисунок 6 - Гидравлический подъемник с изолирующим звеном для работ под напряжением: 1 - изолирующее звено 2 - корзина - рабочее место монтера

Каждое изолирующее устройство, как правило, имеет металлическую рабочую площадку, на которой размещается монтер. К площадке присоединен гибкий медный проводник, оканчивающийся контактным зажимом, закрепленным на изолирующей штанге. Прежде чем прикоснуться к проводу ВЛ, монтер, находящийся на рабочей площадке, накладывает этот зажим на провод линии и закрепляет его, перенося тем самым потенциал провода на рабочую площадку, а следовательно, и на себя.

При работе в экранирующем костюме с изолирующего устройства, не имеющего металлической рабочей площадки, например с подвесной изолирующей лестницы, потенциал провода линии монтер переносит непосредственно на костюм, для чего конец шунтирующего проводника предварительно присоединяет к костюму (выводу на ботинке).

Вспомогательные изолирующие приспособления, к которым относятся в первую очередь тяги и захваты, имеют конструкцию, соответствующую их назначению.

Изолирующие тяги, служащие для удержания провода в рабочем положении и изоляции его от опоры (взамен гирлянды изоляторов), применяют на линиях выше 35 кВ при замене дефектных гирлянд, а также осмотре провода со вскрытием поддерживающего зажима.

Изолирующие захваты служат для удерживания натяжной гирлянды (дефектной, снимаемой с линии, и новой, устанавливаемой взамен дефектной) при переносе ее специальным так называемым поворотным краном.

б) Описание отдельных видов работ

Ниже в качестве примера кратко описываются два вида работ на неотключенных воздушных линиях.

Ремонт провода на линии 35-110 кВ путем замены поврежденного участка провода длиной до 2,5 м производится с применением изолирующей лестницы или телескопической автовышки с изолирующим звеном.

Для работы на проводе монтер поднимается на рабочую (металлическую) площадку изолирующего устройства, располагается на ней, т. е. занимает рабочее положение и прикрепляется предохранительным поясом. При этом рабочая часть изолирующего устройства должна находиться на расстоянии не менее 3 м от ближайшего провода ВЛ. Затем по указанию производителя работ изолирующее устройство перемещают вместе с монтером к проводу. Когда расстояние между монтером и проводом сократится до 0,5 - 1 м, монтер, не касаясь провода, накладывает на него с помощью штанги контактный зажим, в результате чего оказывается под потенциалом провода и может касаться его. После наложения контактного зажима монтера вместе с изолирующим устройством перемещают к проводу на расстояние, удобное для работы.

С помощью плашечных зажимов и обычного инструмента монтер закрепляет на проводе линии заранее подготовленную вставку - кусок провода необходимой длины, свернутый в кольцо. При этом вставку он располагает так, чтобы место повреждения провода приходилось на ее середину.

Убедившись в прочности крепления вставки и достаточности ее натяжения, монтер ножовкой разрезает провод и заводит его концы в овальные соединители, предварительно надетые на вставку. После обжима соединителей монтер снимает плашечные зажимы и обрезает лишние концы провода.

Замена гирлянды изоляторов на ВЛ 110 - 220 кВ с металлическими опорами производится с применением изолирующего устройства, изолирующей тяги и поворотного крана, которым перемещают старую и новую гирлянды

Вначале монтеры, поднявшись на опору, укрепляют на траверсе над сменяемой гирляндой изолирующую тягу и поворотный кран. Затем монтер, находящийся на изолирующем устройстве, укрепляет на проводе захваты тяг, с помощью натяжных винтов переводит нагрузку провода с гирлянды на тяги и отцепляет от гирлянды подвесной зажим, т. е. освобождает заменяемую гирлянду от провода. Монтер, находящийся на траверсе, закрепляет на верхнем изоляторе (заводит в зазор между шапкой и тарелкой изолятора) стальной хомут, укрепленный на конце каната поворотного крана. Краном приподнимают гирлянду, отцепляют ее от траверсы, а затем краном же переносят ее к опоре и с помощью каната опускают на землю.

Новую гирлянду подают к месту установки поворотным краном, сочленяют с подвесной арматурой и с помощью тех же натяжных винтов переносят на нее нагрузку провода, разгружая тяги.

1.16 Лекция № 17 (2 часа).

Тема: «Организация безопасной эксплуатации электроустановок»

1.16.1 Вопросы лекции:

1. Общие положения.
2. Оперативное обслуживание действующих электроустановок.
3. Производство работ в действующих электроустановках.

1.16.2 Краткое содержание вопросов:

1. Общие положения

Электроустановкой называется совокупность машин, аппаратов, линий электропередачи и вспомогательного оборудования (вместе с сооружениями и помещениями, в которых они установлены), предназначенных для производства, преобразования, трансформации, передачи, распределения электрической энергии и преобразования ее в другой вид энергии. Различают электроустановки открытые и закрытые.

Открытыми или наружными электроустановками называются электроустановки, не защищенные зданием от атмосферных воздействий и защищенные только навесами, сетчатыми ограждениями и т. п.

Закрытыми или внутренними электроустановками называются электроустановки, размещенные внутри зданий, защищающих их от атмосферных воздействий.

По условиям электробезопасности электроустановки разделяются на электроустановки напряжением до 1000 В и напряжением выше 1000 В. При этом имеется в виду действующее значение напряжения. Требования техники безопасности и технологические требования, предъявляемые к конструкции, устройству, размещению и эксплуатации электроустановок выше 1000 В, значительно более жесткие, нежели требования к электроустановкам до 1000 В.

Деление электроустановок на установки низкого и высокого напряжения в настоящее время не применяется.

Опыт эксплуатации показывает, что для обеспечения безопасной, безаварийной и высокопроизводительной работы электроустановок необходимо наряду с совершенным их исполнением и оснащением средствами защиты так организовать их эксплуатацию, чтобы была исключена всякая возможность ошибок со стороны обслуживающего персонала.

Структура такой организации эксплуатации разработана в результате длительного опыта работы множества электроустановок и изложена в виде «Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок» - ПТБ и «Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей» - ПТЭ.

а) Персонал, обслуживающий электроустановки

Персонал, обслуживающий электроустановки, в зависимости от возложенных на него обязанностей и исполняемой работы делится на административно-технический, оперативный, ремонтный, оперативно-ремонтный и неэлектротехнический.

Административно-технический персонал - руководители, начальники служб и отделов районных энергетических управлений (объединений), предприятий, цехов, лабораторий, районов и участков электросетей, заместители указанных лиц, инженеры, техники, мастера, занимающиеся эксплуатационно-ремонтным обслуживанием электроустановок.

Оперативный (дежурный) персонал - лица, имеющие электротехническую квалификацию, несущие дежурство в смене в электроустановках непосредственно или на дому. Обязанностью его является оперативное обслуживание действующих электроустановок*.

К дежурному персоналу относятся также допущенные к оперативному управлению и оперативным переключениям диспетчеры, дежурные инженеры и техники, начальники смен, лица из состава оперативно-выездных бригад (т. е. бригад, обслуживающих электроустановки без местного дежурного персонала, воздушные и кабельные линии)

Ремонтный персонал - инженеры, техники, мастера, рабочие, занимающиеся ремонтно-эксплуатационным обслуживанием силового электрооборудования, релейной защиты, автоматики, грозозащиты и изоляции, средств диспетчерского и технологического управления, персонал электролабораторий.

Оперативно-ремонтный персонал - лица, имеющие электротехническую квалификацию из числа ремонтного персонала, на которых возложена обязанность оперативного и ремонтно-эксплуатационного обслуживания закрепленных за ними электроустановок, не имеющих дежурного персонала, в том числе воздушных и кабельных линий электропередачи. Таким образом, эти лица могут выполнять функции оперативного и ремонтного персонала в закрепленных за ними электроустановках за исключением дежурства, которое в этих установках не ведется.

Неэлектротехнический персонал - лица, не имеющие электротехнических специальностей, привлекаемые к работе в электроустановках, - строительные рабочие, уборщики, водители машин и механизмов, лица, работающие с электроинструментом, и др.

б) Медицинские освидетельствования персонала

Лица, обслуживающие электроустановки, не должны иметь увечий или болезней, мешающих производственной работе и усиливающих опасность воздействия тока на организм.

Персонал, несущий дежурство в электроустановках, принимающий непосредственное участие в оперативных переключениях, а также выполняющий ремонтные, монтажные, наладочные и другие работы в действующих электроустановках, подвергается медицинскому освидетельствованию при приеме на работу, а затем периодически 1 раз в 2 года; лица, работающие с ртутными выпрямителями и преобразователями, выполняющие работы на высоте или связанные с подъемом на высоту (верхолазы)*, а также обслуживающие подъемные сооружения, проходят медицинские освидетельствования ежегодно.

в) Обучение персонала

Все вновь принятые на работу лица до получения разрешения на посещение ими данного предприятия должны пройти вводный инструктаж, а затем до получения разрешения на посещение рабочего места - первичный инструктаж.

Лица из числа дежурного и оперативно-ремонтного персонала до назначения на самостоятельную работу обязаны, кроме того, пройти необходимую теоретическую подготовку (курсовое или индивидуальное обучение); обучение на рабочем месте; проверку знаний ПТБ и ПТЭ, производственных и должностных инструкций в объеме, обязательном для данной должности; дублирование, т. е. исполнение обязанностей дежурного по месту работы. Остальной вновь принятый производственный персонал, включая ремонтный, а также руководящие и инженерно-технические работники допускаются к самостоятельной работе после первичной проверки знаний ПТБ, ПТЭ и производственных должностных инструкций.

Установлены следующие обязательные формы производственно-технического обучения и повышения квалификации:

для дежурного и оперативно-ремонтного персонала - периодический инструктаж, курсовое обучение, противоаварийные тренировки, противопожарные тренировки;

для ремонтного производственного персонала - периодический инструктаж, курсовое обучение, техническая учеба на объекте, противопожарные тренировки;

для рабочих различных профессий, не участвующих в обслуживании и ремонте технологического оборудования (грузчики, плотники, столяры, работники механических мастерских и т. п.), - периодический инструктаж, техническая учеба на объекте.

Для инженерно-технических работников (в том числе дежурных) должны проводиться тематические курсы, семинары, лекции и доклады по отдельным вопросам техники и экономики производства.

Вводный инструктаж проводит инженер-инспектор по технике безопасности данного предприятия.

Первичный инструктаж проводит начальник цеха, района, участка или его заместитель, а в отдельных случаях по письменному распоряжению начальника цеха - инженерно-технический работник цеха.

Периодический (плановый) инструктаж заключается в обучении работника правильным и безопасным методам труда, уходу за оборудованием, применению правил и инструкций непосредственно в рабочей обстановке. Периодический инструктаж проводят руководители цехов, районов, подстанций, лабораторий, смен, участков, мастера и дежурные инженеры. Инструктаж проводится не реже 1 раза в месяц с дежурным, оперативно-ремонтным персоналом и не реже 1 раза в 3 мес с персоналом (рабочими) вспомогательных цехов.

О проведении планового инструктажа делается запись в специальном журнале.

г) Квалификационные группы по электробезопасности

Существует пять групп по электробезопасности (I - V), которые присваивают лицам, обслуживающим электроустановки

Группа I присваивается лицам, не имеющим стажа работы в обслуживаемых ими либо аналогичных электроустановках или имеющим стаж менее 1 мес (для неэлектротехнического персонала - менее 2 мес) Для получения группы I достаточно пройти инструктаж по электробезопасности в данной электроустановке с оформлением в журнале инструктажа Выдача удостоверений о проверке знаний лицам с группой I не требуется

Группа II присваивается лицам, имеющим стаж работы в обслуживаемых ими либо аналогичных электроустановках не менее 1 мес, за исключением лиц из дежурного, оперативно-ремонтного и ремонтного персонала со специальным средним и высшим техническим образованием, которым группу II присваивают независимо от стажа работы Для получения группы II персонал должен иметь отчетливое представление об опасности, связанной с работой в электроустановках, знать и уметь применять на практике правила

техники безопасности в объеме соответствующем выполняемой работе, знать устройство и оборудование электроустановок, уметь практически оказать доврачебную помощь пострадавшим при несчастных случаях, в том числе применять способы искусственного дыхания и наружного массажа сердца

Группа III присваивается лицам со стажем работы в обслуживаемых ими либо аналогичных электроустановках для неэлектротехнического персонала - 12 мес, для дежурного, оперативно-ремонтного и ремонтного персонала, имеющего группу II - 2 мес и для практикантов институтов и техникумов, имеющих группу II, - 3 мес. Для получения группы III персонал должен обладать знаниями в объеме, указанном для группы II. Кроме того, он должен иметь познания в области электротехники в соответствии с его образованием, лица, не имеющие среднего образования, должны иметь элементарные знания электротехники. Лицам моложе 18 лет и практикантам профтехучилищ группы III - V не присваиваются

Группа IV присваивается лицам из дежурного, оперативно-ремонтного и ремонтного персонала, имеющего группу III, со стажем работы в обслуживаемых ими либо аналогичных электроустановках не менее 3 мес, а не имеющим среднего образования - не менее 6 мес.

Практикантам и неэлектротехническому персоналу группы IV и V не присваиваются. Для получения группы IV персонал должен обладать знаниями в объеме указанном для группы III, при этом лица, не имеющие среднего образования должны знать электротехнику в объеме программы профтехучилища. Кроме того, лица IV группы должны знать компоновку электроустановок и уметь организовать безопасное производство работ.

Группа V присваивается лицам из дежурного, оперативно-ремонтного и ремонтного персонала, имеющим стаж работы в группе IV в обслуживаемых ими либо аналогичных электроустановках не менее 24 мес. для лиц, не имеющих среднего образования, 12 мес для лиц со средним образованием и 6 мес. для лиц, имеющих специальное среднее или высшее техническое образование. Для получения группы V персонал должен обладать знаниями в объеме, указанном для группы IV, кроме того, он должен знать, чем вызваны требования того или иного пункта правил техники безопасности

2. Оперативное обслуживание действующих электроустановок.

а) Дежурство в электроустановках

Дежурство производится по графику, который составляется в соответствии с законодательством о труде и утверждается должностным лицом. Дежурство в течение двух смен подряд не разрешается. На дежурстве могут находиться один или несколько человек. В последнем случае назначается старший дежурный в смене.

В электроустановках выше 1000 В лица из числа дежурного или оперативно-ремонтного персонала, единолично обслуживающие электроустановки, и старшие по смене должны иметь группу IV, остальные - группу III.

В электроустановках до 1000 В лица из числа дежурного или оперативно-ремонтного персонала, единолично обслуживающие электроустановку, должны иметь группу не ниже III.

б) Осмотры электроустановок

Назначение осмотров - своевременное выявление недостатков и ненормальностей в работе оборудования; выявление неисправностей оборудования и сооружений, в том числе строительной части; проверка наличия и исправности вспомогательных устройств, средств защиты, противопожарных средств и т. п.

Осмотры могут производить как одно лицо, так и группа лиц. В последнем случае выделяется старший или руководитель группы.

Объем осмотров, т. е. перечень устройств и оборудования, подлежащих осмотру, порядок и сроки проведения осмотров регулируются местной инструкцией с учетом видов оборудования, его состояния, условий эксплуатации, среды, в которой работает установка, и т. п.

в) Оперативные переключения

Переключения в электроустановках производятся в следующих случаях: при изменении схемы электрических соединений в целях соблюдения определенного режима ее работы; при подготовке рабочего места для производства работ в действующей электроустановке - ремонтных, монтажных и т. п.; при ликвидации аварий, пожаров в электроустановке и иных подобных случаях.

3. Производство работ в действующих электроустановках

а) Категории работ

Ремонтные, монтажные, наладочные, и другие работы, выполняемые в действующих электроустановках, в том числе на воздушных и кабельных линиях, в отношении мер безопасности делятся на три категории: работы со снятием напряжения; работы без снятия напряжения; работы под напряжением.

Работы со снятием напряжения выполняют при полном или частичном отключении электроустановки.

Работы без снятия напряжения выполняют без отключения электроустановки. При этом работать разрешается за постоянными и временными ограждениями токоведущих частей, на корпусах оборудования, на поверхности оболочек кабелей, а также на расстояниях от неогражденных токоведущих частей.

Электрозащитные средства, применяемые при этих работах (изолирующие штанги и клещи, диэлектрические перчатки и т. п.), используют для изоляции человека от токоведущих частей, находящихся под напряжением, либо от земли (диэлектрические ковры, боты и галоши, изолирующие подставки, специальные изолирующие устройства* и т. п.).

б) Условия производства работ

В электроустановках все работы необходимо производить при обязательном соблюдении следующих условий:

1) работу можно выполнять только с разрешения уполномоченного на это официального лица в соответствии с заданием, оформленным в виде наряда или распоряжения;

2) работу должны вести, как правило, не меньше чем два лица;

3) должны быть выполнены организационные и технические мероприятия обеспечивающие персоналу безопасные условия работ.

Организационные мероприятия имеют целью обеспечить безупречную организацию выполнения работ в электроустановках для исключения несчастных случаев с людьми при высокой производительности труда и хорошем качестве работ. Такими мероприятиями являются:

а) выдача нарядов и распоряжений на производство работ;

б) допуск бригады к работе;

в) надзор за бригадой во время работы;

г) оформление перерывов в работе и окончания работ.

Технические мероприятия имеют целью обеспечить безопасность персонала при выполнении работ с полным или частичным снятием напряжения с электроустановки. Такими мероприятиями являются:

а) производство необходимых отключений и принятие мер для предотвращения ошибочного или самопроизвольного включения коммутационной аппаратуры (блокирование, механический запор приводов, снятие предохранителей и т. п.);

б) вывешивание переносных плакатов по технике безопасности и при необходимости установка временных ограждений;

в) проверка отсутствия напряжения на токоведущих частях установки, предназначенной для работы;

г) наложение временных заземлений.

в) Лица, ответственные за безопасность производства работ

Ответственным за организацию и выполнение высокопроизводительного и безопасного процесса работ в действующих электроустановках является:

- 1) лицо, выдающее наряд или отдающее распоряжение на производство работ в действующей электроустановке;
- 2) руководитель работ, выполняемых по наряду;
- 3) лицо, дающее разрешение на подготовку рабочего места и допуск бригады к работе;
- 4) лицо, подготавливающее рабочее место;
- 5) лицо, допускающее бригаду к работе;
- 6) производитель работ (наблюдающий).

г) Выдача нарядов и распоряжений на производство работ

Наряд - это составленное на специальном бланке задание на безопасное производство работы, определяющее ее содержание, место, время начала и окончания, необходимые меры безопасности, состав бригады и лиц, ответственных за безопасность выполнения работы.

Распоряжение - это задание на безопасное производство работы, определяющее ее содержание, место, время, меры безопасности (если они требуются) и лиц, которым поручено ее выполнение. Распоряжение может быть устным либо письменным произвольной формы.

д) Отключение токоведущих частей

В электроустановках выше 1000 В при работах со снятием напряжения на месте производства работ должны быть отключены:

- а) токоведущие части, на которых будут производиться работы;
- б) неогражденные токоведущие части.

Отключение должно производиться так, чтобы выделяемые для выполнения работы часть электроустановки или электрооборудование были отделены со всех сторон от токоведущих частей, находящихся под напряжением. При этом с каждой стороны, откуда коммутационным аппаратом может быть подано напряжение на рабочее место, должен быть видимый разрыв, образованный отключением разъединителей, снятием предохранителей, отсоединением либо снятием шин и проводов. Видимый разрыв может быть создан также отключением отделителей и выключателей нагрузки, кроме тех, у которых автоматическое включение осуществляется пружинами, установленными на самих аппаратах.

е) Вывешивание переносных плакатов по технике безопасности и ограждение места работ

Плакаты по технике безопасности вывешивает персонал, производящий отключение, сразу после отключения соответствующего аппарата, а также при подготовке рабочего места.

Плакаты необходимо вывешивать в соответствии со следующими указаниями:

а) на приводах разъединителей, отделителей и выключателей нагрузки, на ключах и кнопках дистанционного управления ими, на коммутационной аппаратуре до 1000 В (автоматы, рубильники, выключатели), отключенных при подготовке рабочего места в электроустановках электростанций, подстанций и РУ, вывешивают плакаты «Не включать - работают люди», а отключенных для производства работ на воздушных или кабельных линиях - плакаты «Не включать - работа на линии»;

в) на присоединениях до 1000 В, не имеющих автоматов, выключателей или рубильников, плакаты «Не включать - работают люди» или «Не включать - работа на линии» вывешивают у снятых предохранителей;

г) на вентилях, закрывающих доступ сжатого воздуха в пневматические приводы разъединителей, которыми произведено отключение, вывешивают плакаты «Не открывать - работают люди»;

д) в закрытых электроустановках на сетчатых или сплошных ограждениях (дверях) ячеек, соседних с местом работ и противоположных, вывешивают плакаты «Стоять - напряжение»;

е) в ОРУ на веревочных ограждениях вывешивают плакаты «Стой - напряжение». При этом надписи должны быть обращены внутрь огражденного пространства;

ж) на подготовленных рабочих местах после наложения переносных заземлений вывешивают плакат «Работать здесь».

Это требование не относится к воздушным линиям электропередачи, где плакат не вывешивают;

з) при работе на верху конструкции ОРУ, где возможен проход от места работы к соседним находящимся под напряжением ячейкам, устанавливают хорошо видимые плакаты «Стой - напряжение». Внизу на конструкции или лестнице, по которой должен происходить подъем работающих наверх, вывешивают плакат «Влезать здесь», а на соседних конструкциях - плакаты «Не влезай - убьет!».

ж) Проверка отсутствия напряжения на отключенных токоведущих частях

Отсутствие напряжения проверяют указателем напряжения, исправность которого перед применением должна быть установлена с помощью предназначенных для этой цели специальных приборов или приближением к токоведущим частям, расположенным поблизости и заведомо находящимся под напряжением. Отсутствие напряжения следует проверять на всех зажимах отключенного оборудования: на шинных спусках - на трех фазах; у разъединителя - на трех ножах и трех губках; у выключателя - на всех шести вводах; у выключателя горшкового типа - на трех его баках и трех шинах выше проходных изоляторов и пр.

з) Наложение временных заземлений

Отключенные для работы токоведущие части должны быть временно заземлены со всех сторон, откуда может быть подано напряжение, а провода воздушных линий электропередачи, кроме того, - на месте производства работ. Дополнительно заземлить отключенные токоведущие части, т. е. на рабочем месте, необходимо и в других электроустановках, если возможно возникновение на этих частях наведенного потенциала от влияния соседних частей, остающихся под напряжением.

и) Допуск бригады к работе

Бригада может приступить к работе лишь после допуска ее к работе специальным лицом - допускающим

Перед допуском бригады к работе допускающий обязан получить на это разрешение дежурного, в оперативном управлении которого находится данная электроустановка. Затем он должен путем личного осмотра, а также по записям в оперативном журнале, по оперативной схеме, по сообщениям дежурных, оперативно-ремонтного персонала и персонала потребителей убедиться, что технические мероприятия по подготовке рабочего места выполнены. Производитель работ также проверяет подготовку рабочего места.

к) Надзор во время работы

В цепях предупреждения нарушений членами бригады правил техники безопасности надзор за бригадой с момента ее допуска к работе возлагается на производителя работ или наблюдающего. Для этого производитель работ (или наблюдающий) должен так организовать работу, чтобы вести контроль за членами бригады, находясь по возможности на том участке рабочего места, где выполняется наиболее ответственная работа.

л) Перерывы в работе и окончание работ

При перерывах в работе на протяжении рабочего дня (на обед, по условиям производства работ) бригада удаляется из помещения электроустановки и двери помещения запираются на замок. Наряд остается на руках у производителя работ (наблюдающего). Плакаты, ограждения и заземления остаются на месте. Ни один из членов бригады не имеет права после перерыва войти в помещение или на территорию электроустановки в отсутствие производителя работ или наблюдающего. Допуск после такого перерыва выполняется производителем работ (наблюдающим) без оформления в наряде.

Включать электроустановку в работу можно только после получения на это разрешения (распоряжения) лица, выдавшего разрешение на подготовку рабочих мест и

допуск бригады к работе, или лица, его сменившего. Перед включением должны быть восстановлены постоянные ограждения и сняты установленные дежурным или оперативно-ремонтным персоналом при подготовке рабочих мест временные ограждения, переносные плакаты по технике безопасности и временные заземления.

1.17. Лекция № 18 (2 часа)

Тема: Основы пожарной безопасности

1.17.1. Вопросы лекции

1. Пожарная безопасность

1.1. Причины возникновения пожаров

1.2. Процесс и виды горения

1.3. Условия прекращения горения

1.4. Пожарная характеристика строительных материалов и конструкций

1.5. Огнестойкость зданий и сооружений

1.6. Категории производств по пожарной опасности

2. Пожарная профилактика

2.1. Противопожарные требования при организации отдельных производств

2.2. Средства тушения пожаров

2.2.1. Огнегасительные вещества

2.2.2. Технические средства тушения пожаров

2.3. Организация работы пожарной охраны по тушению пожаров

2.4. Особенности тушения пожаров на различных сельскохозяйственных объектах

1.17.2. Краткое содержание вопросов:

1. Пожарная безопасность

Первые летописные упоминания о нормативных актах в области пожарной безопасности на Руси отмечены в 1472 году в период царствования Ивана 3.

В период царствования Ивана 4 (Грозного) в 1549 году вышел царский указ о мерах пожарной безопасности и обязательных первичных средствах пожаротушения в каждом доме.

В 1649 году вышло «Соборное уложение или Свод законов царя Алексея Михайловича». Его статьи строго регламентировали соблюдение правил пожарной безопасности в городах, селениях, лесах, предусматривая меры наказания людей, по оплошности которых возникали пожары. Увидел свет царский «Наказ о гражданском благочинии». По сути дела Наказ от апреля 1649 года содержит все основные положения, присущие пожарной охране: определялся ее штатный состав, техника, содержащаяся за счет Земского приказа, устанавливается постоянное дежурство – объезды города, объезжие наделяются правом наказания жителей столицы за нарушение правил обращения с огнем. Существенно и то, что все эти положения распространялись на все города России. 1649 год считается годом основания пожарной охраны России.

8 августа 1817 года была основана пожарная охрана города Оренбурга.

Пожарная охрана – совокупность созданных в установленном порядке органов управления, сил и средств, в том числе противопожарных формирований, предназначенных для организации предупреждения пожаров и их тушения, проведения связанных с ними первоочередных аварийно-спасательных работ.

Противопожарная защита народного хозяйства страны является составной частью общей системы мер государства по охране государственной и личной собственности, жизни и здоровья граждан. Пожары наносят огромный вред обществу и окружающей среде, т.е. биосфере Земли в целом. Ежегодно при пожарах на планете погибает 60...70 тыс. человек, не менее 0,3...0,5 млн. человек получают травмы, сгорают жилища, предприятия, резервуары, автомобили, корабли, самолеты, леса и пр. При пожарах существенно загрязняется

окружающая среда, что приводит, в частности, к массовым заболеваниям и преждевременной смерти людей. Все это снижает качество жизни людей на планете.

1.1. Причины возникновения пожаров

Причин возникновения пожаров не мало, но из каждых 10 пожаров 8 возникают по вине человека (табл. 1).

В большинстве указанных стран в приведенную статистику не входят лесные пожары.

По оценкам специалистов, виновниками лесных пожаров, которых на Земле ежегодно бывает 350...400 тыс., примерно 80% всех случаев оказываются люди, а в оставшихся 20% случаев – грозы.

Наряду с неосторожным, а иногда просто небрежным обращением с огнем, различными нагревательными приборами, чаще всего пожары являются следствием незнания человеком элементарных правил пожарной безопасности.

Таблица 1.

Причины пожаров в ряде стран мира в 90-е годы

Причины пожаров, (%)	Россия (1999)	Новая Зеландия (1998)	Чехия (1997)	США (1994)	ФРГ (1992)	Китай (1990)
Неосторожное обращение с огнем	51,6	10,5	25,6	11,6	37,0	39,9
Поджоги	5,2	35,4	7,9	27,9	10,0	10,0
Итого (человеческий фактор)	56,8	45,9	33,5	39,5	47,0	49,9
Электрооборудование	23,6	5,7	16,4	19,3	13,0	23,8
Прочие	19,6	48,4	51,5	41,2	40,0	26,3
Всего	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Неосторожное обращение с открытым огнем (брошенные по небрежности непотушенные окурки или спички) может привести к воспламенению сгораемого материала и пожару.

Стоимостью сгоревшего имущества не исчерпывается ущерб, причиненный пожарами хозяйству страны. Огромны так называемые косвенные убытки – приостановка хозяйственной деятельности, отвлечение рабочих рук на восстановление, потеря здоровья населения.

Поэтому, категорически запрещается курить в животноводческих помещениях, на складах (зерна, сена, соломы), нефтебазах, в гаражах, местах массового пребывания людей и на всех объектах, опасных в пожарном отношении.

Для курения следует отводить пожаробезопасные места, где должны быть урны, бочки с водой или ящики с песком для окурков и спичек.

Часто причиной пожаров служит применение факелов и паяльных ламп для отогревания замерзших труб отопления и водопровода. Замерзшие трубопроводы следует отогревать горячей водой или паром.

Пожары могут возникнуть от сельскохозяйственных палов (сжигание стерни).

Разводить костры и сжигать мусор необходимо под надзором, на расстоянии не ближе 100 м от строений и хлебных массивов и в безветренную погоду.

Пожары от электросетей в большинстве случаев происходят при коротком замыкании, вызванном нарушением изоляции электропроводов, а также при перегрузках и больших переходных сопротивлениях.

Неисправность печей и дымоходов, перегрев печей в результате протопки- все это ведет к пожарам.

В особую группу следует выделить пожары, происходящие при эксплуатации и ремонте сельскохозяйственных машин и механизмов. Часто загорание происходит от искр, вылетающих из выпускных труб двигателей, которые не оборудованы искрогасителями, или

искр, вылетающих через не плотности в местах соединения фланцев коллектора с блоком двигателя и фланцем выпускной трубы;

- от соломистой массы, попавшей на нагретый коллектор двигателя;
- от трения деталей о различные части машин при неправильной регулировке рабочих механизмов;
- от течи бензина в системе питания.

В связи с этим следует обращать особое внимание на подготовленность к работе сельскохозяйственных машин и механизмов в противопожарном отношении.

На основе статистического анализа основными причинами возгорания и пожаров являются:

1. Неосторожное обращение с огнем- 25,8 %;
2. Игра детей с огнем- 14,1 %;
3. Нарушение правил эксплуатации электрооборудования.....- 13,4 %;
4. Неправильная установка печей и дымоходов.....- 8,4 %;
5. Нарушение правил эксплуатации печей и поражение молнией.....- 8,3 %;
6. Нарушение правил монтажа и электроустановок.....- 5 %;
7. Нарушение правил при выполнении сварочных работ.....- 2,3 %;
8. Нарушение правил эксплуатации технологического оборудования (котлы).....- 1,2 %;
9. Прочие причины.....- 15,8 %.

1.2. Процесс и виды горения

Горение представляет собой сложный физико-химический процесс превращения горючих веществ и материалов в продукты горения, сопровождающаяся выделением значительного количества тепла и излучением света.

Обычно под горением понимают быстро протекающий процесс, т.е. реакцию соединения горючего материала с кислородом воздуха или другим окислителем.

Для возникновения горения необходимо наличие трех объединенных факторов: горючего материала; окислителя; источника зажигания. Причем эти факторы должны сочетаться в определенных количественных соотношениях

Если нарушить этот контакт, или соотношение - горение прекращается.

Окислителями в процессе горения могут быть кислород, хлор, бром и некоторые другие вещества, в том числе сложные, такие, как азотная кислота, бертолетова соль и перекись натрия. Наиболее часто встречаемым окислителем является кислород, содержание которого более 14% в воздухе. При снижении содержания кислорода до 10% процесс горения переходит в процесс тления.

Источники зажигания при возникновении пожара принято делить на открытые (пламя, искры, накалинные предметы, световое излучение) и скрытые (тепло теплехимических реакций, адсорбции микробиологических процессов, адиабатического сжатия, трения, удара и т.п.).

Пламя – это видимая зона горения, характеризующаяся свечением и излучением тепла. Возникшее в результате воспламенения (зажигания) или самовоспламенения пламя само становится источником непрерывного потока тепла и химически активных частиц в прилегающие слои свежей горючей смеси.

Под горючим веществом понимают всякое твердое, жидкое и газообразное вещество, которое способно окисляться с выделением теплоты и излучением света.

Всякое горючее вещество характеризуется параметрами, определяющими его в зависимости от агрегатного состояния горючих веществ.

Основные характеристики горения и огнеопасности вытекают из способа возгорания веществ или физических форм загорания (вспышки, воспламенения, самовозгорания и самовоспламенения).

Вспышка представляет собой процесс горения паровой фазы жидкого или твердого вещества, которая образуется над поверхностью горячего тела, при воздействии на вещество открытого огня или раскаленного тела. На вспышке горения прекращается, так как успевают сгореть только пары.

По температуре вспышки различают легко воспламеняемые (до 45 °С) и горючие (свыше 45 °С) материалы.

Температурой вспышки называется самая низкая температура горячего вещества, при которой над его поверхностью образуются пары и газы, способные вспыхивать в воздухе от источника зажигания. Но скорость их образования еще недостаточна для последующего горения.

К легко воспламеняемым материалам относятся: ацетон, бензин, керосин, скипидар, сероуглерод, дизтопливо и т.д.

К горючим относятся: минеральные смазки, гидротормозная жидкость, растительные масла и др.

Воспламенение - процесс, при котором вещество, нагреваясь до температуры кипения, продолжает гореть до тех пор, пока происходит парообразование этого вещества или происходит выделение летучих углеводородов и других горючих соединений. Температура воспламенения выше температуры вспышки для легко воспламеняемых материалов на 2...5 °С и горючих на 5...30 °С.

Температура, при которой горючее вещество воспламеняется и продолжает гореть без источника открытого огня, называется температурой воспламенения. При этой температуре горючее вещество выделяет пары и газы с такой скоростью, что после воспламенения их от источника зажигания возникает устойчивое горение.

Самовоспламенение - процесс, когда вещество нагревается от постороннего источника теплоты, постоянно переходя в самонагревание. Температура, при которой начинается процесс самонагревания, колеблется для различных веществ в следующих пределах: для твердых веществ 150...700 °С, жидких горючих 300...700 °С, сероуглерода 112...150 °С, скипидара 252 °С, серного эфира 175 °С.

Температура самовоспламенения - это минимальная температура вещества, при которой происходит резкое увеличение скорости экзотермических реакций, которые приводят к загоранию.

Самовоспламеняются такие материалы, как: жиры животного происхождения, масла, уголь, сено, солома, опилки, пылеобразный цинк, алюминий; под действием воды загорается калий, натрий, карбид, негашеная известь.

Самовозгорание- процесс самовоспламенения, который возбуждается теплотой, накопленной в веществе от внутренних экзотермических процессов. Самовозгорание объясняется физико-химическими или биологическими процессами, происходящими в массе самого вещества.

Способностью к самовозгоранию обладают растительные и животные масла, скипидар, зерно, щепа, уголь, торф, сажа, сульфид железа и др.

Самовозгорание является частным случаем самовоспламенения.

Взрыв (взрывное горение)- горение вещества, сопровождающееся крайне быстрым выделением большого количества энергии и резким повышением давления расширяющихся газов. Такой вид горения, как правило, сопровождается значительными разрушениями.

Взрыв от открытого источника огня может произойти при определенной концентрации смеси.

Процесс горения - возможно изобразить графически, изменением температуры в горящем веществе (Рис.1)

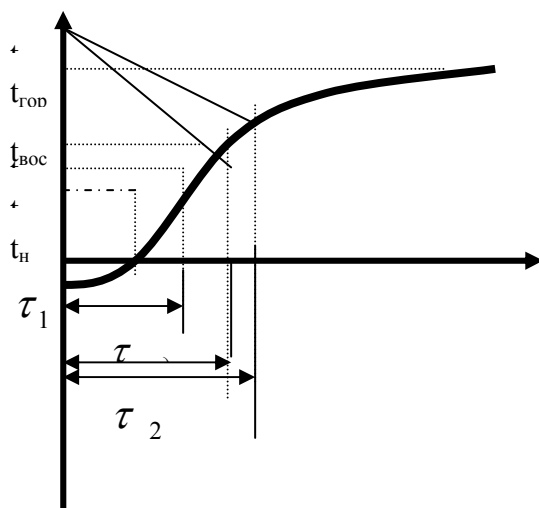


Рис.1. График изменения температур в горящем веществе

t_n - температура вещества при первичном (начальном) контакте с источником тепла;

t_n - температура плавления;

$t_{вс}$ - температура вспышки;

$t_{вос}$ - температура воспламенения;

$t_{гор}$ - температура горения;

$t_{иск}$ -температура искры (источник горения);

ϕ_1 - промежуток времени от начальной температуры вещества до начала вспышки;

$\tau_{инд}$ - период индукции; промежуток времени от начальной температуры до

температуры воспламенения;

ϕ_2 - промежуток времени от начальной температуры до устойчивого горения.

В интервале температур $t_n...t_n$ происходит плавление, разложение и испарение горючего вещества. При температуре более t_n начинается окисление горючего вещества, и за счет теплоты реакции окисления температура горючей смеси начинает быстро возрастать. В точке $t_{вс}$ может произойти вспышка без воспламенения всего горючего вещества. Наконец, в точке $t_{вос}$ происходит воспламенение, и вещество начинает устойчиво гореть, повышая свою температуру горения.

1.3. Условия прекращения горения

Пожар - неконтролируемое горение вне специального очага, наносящее моральный и материальный ущерб.

Устойчивое горение возможно тогда, когда в зону горения непрерывно и в достаточном количестве поступают окислитель и имеется в наличии горючий материал.

Основным видом действий по тушению пожаров является прекращение горения.

Основное внимание необходимо обратить на параметры и условия, за пределами которых горение не может протекать. К этим параметрам относят:

- концентрационные пределы распространения пламени;
- температурные пределы распространения пламени.

На основе этих параметров можно сформулировать основные направления и способы прекращения горения: снижение скорости тепловыделения или увеличение скорости теплоотвода от зоны горения. Основой является снижение температуры зоны горения до значений ниже температуры потухания.

Достигнуть этого можно на основании четырех известных принципов прекращения горения:

- охлаждением реагирующих веществ водой, растворами смачивателей, углекислотой и другими огнетушащими веществами, которые отнимают часть тепла, идущего на продолжение горения;

- изоляцией реагирующих веществ от зоны горения пенами, порошками, песком, покрывалами и другими средствами, прекращающими поступление горючих веществ или воздуха в зону горения;

- разбавлением реагирующих в процессе горения веществ водяным паром, углекислым газом, азотом и другими, не поддерживающими горение газами;

- химическими торможениями реакции горения галоидированными углеводородами (бромэтил, фреоны).

Выбор способов и приемов прекращения горения зависит от условий и обстановки на пожаре, а также от наличия тех или иных технических средств подачи огнетушащих веществ.

Например, для тушения развившихся наружных пожаров твердых материалов применяется охлаждение, для тушения жидкости в резервуарах - изоляция. Способы разбавления и химического торможения используются при тушении небольших пожаров.

В отдельных случаях для прекращения горения применяют сочетание перечисленных способов.

1.4. Пожарная характеристика строительных материалов и конструкций

Пожарные свойства материалов и веществ характеризуются склонностью к возгоранию, особенностями или характером горения, свойством поддаваться тушению теми или иными средствами и способами пожаротушения.

По возгораемости строительные материалы и конструкции подразделяются на три группы:

- негоряемые;
- трудногоряемые;
- горяемые.

Негоряемые материалы под воздействием огня или высокой температуры не воспламеняются, не тлеют и не обугливаются.

Эти материалы природного происхождения (гранит, известняк, песок и др.) И искусственные (кирпич красный и силикатный, бетонные и железобетонные конструкции, сталь и др.).

Трудногоряемые материалы и конструкции под воздействием огня или высокой температуры воспламеняются, тлеют, обугливаются. Они продолжают гореть или тлеть только при наличии источника огня, а после его удаления горения и тления прекращается.

К трудногоряемым материалам относятся гипсовая сухая штукатурка, фибролитовые плиты, минерала - ватные плиты на битумной связке при содержании ее от 7 до 15%, асфальтобетон, войлок, вымоченный в глиняном растворе, глино-соломенные материалы объемной массой не менее 900 кг/м^3 , ксилобетон, пенопласт марки ПСБ-6; ФРП-1 и др.

Горяемые материалы и конструкции под воздействием огня или высокой температуры воспламеняются, тлеют и продолжают гореть или тлеть даже после удаления источника огня.

К этой группе относятся древесина, асфальт, битум, линолеум, войлок, пробковые плиты и некоторые, изоляционные и кровельные материалы органического происхождения.

1.5. Огнестойкость зданий и сооружений

Способность конструкции сохранять свою несущую или ограждающую функцию во время пожара называется огнестойкостью.

Предел огнестойкости строительной конструкции исчисляется временем в часах от начала испытания конструкции на огнестойкость до возникновения трещин, через которые пламя может распространяться в смежные помещения.

Степень огнестойкости зданий и сооружений определяется в зависимости от группы возгораемости и предела огнестойкости основных строительных конструкций.

Пределы огнестойкости строительных конструкций определяются экспериментальным или расчетным методом.

Все здания и сооружения в зависимости от группы возгораемости и предела огнестойкости их конструктивных элементов подразделяются на пять степеней.

Нужную степень огнестойкости устанавливают в зависимости от их конструкций и назначения, числа этажей, площади, пожарной опасности технологических процессов и наличия автоматических средств пожаротушения.

1.6. Категории производств по пожарной опасности

При проектировании производственного оборудования, электрических установок, вентиляционных систем учитывается категория пожарной опасности производства.

В зависимости от характера технологических процессов и пожаровзрывоопасности веществ и материалов все производства, а также помещения по степени их взрывопожарной и пожарной опасности подразделяются на категории А, Б, В1-В4, Г и Д, а здания - на категории А, Б, В, Г и Д.

К категории А взрыво-пожаро-опасных помещений относят помещения где используются или находятся горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28° С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа. Вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа.

К категории Б взрывопожароопасных помещений относят помещения где используются или находятся горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28° С, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа.

К категории В1 – В4 пожароопасных помещений относят помещения где используются или находятся горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категориям А и Б.

К категории Г относят помещения где используются или находятся негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном и расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени; горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива.

К категории Д относят помещения где используются или находятся негорючие вещества и материалы в холодном состоянии.

Распределение производств по категориям пожарной опасности имеет большое значение для создания безопасных условий труда.

В зависимости от категории вырабатываются требования к огнестойкости зданий и сооружений, их конструкции, противопожарным разрывам системам отопления и вентиляции, эвакуационным выходам и другим факторам пожарной профилактики.

2. Пожарная профилактика

2.1. Противопожарные требования при организации отдельных производств

Планировка и размещение на местности производственных зданий должны производиться в соответствии с требованиями СНиП 21-01-97 «Пожарная безопасность

зданий и сооружений», с соблюдением противопожарных разрывов между зданиями и сооружениями.

В случае пожара эти разрывы предотвращают распространение огня с одного здания на другое, дают возможность пожарным машинам подъехать к горящему зданию, облегчают эвакуацию людей, животных и материальных ценностей.

На противопожарных разрывах не допускается строительство и размещение каких-либо материалов.

При складировании материалов под навесами разрывы могут быть уменьшены в два раза, а для построек, имеющих сгораемую кровлю, они должны быть увеличены на 30%.

Противопожарные разрывы между жилыми зданиями и детскими учреждениями, больницами и клубами увеличивают в 2,5 раза.

Важное мероприятие по предотвращению распространения загорания - устройство противопожарных преград.

К ним относятся огнестойкие потолочные и междуэтажные перекрытия и противопожарные стены - брандмауэры.

Противопожарные стены должны опираться на фундаменты или фундаментные балки, возводиться на всю высоту здания или сооружения и разделять сгораемые и трудносгораемые конструкции.

При этом противопожарные стены должны быть выше кровли при сгораемом покрытии, при несгораемом и трудносгораемом покрытии и сгораемом покрытии и сгораемом утеплителе - на 60 см, а при несгораемом и трудносгораемом покрытии и трудносгораемом утеплителе - 30 см.

Предел огнестойкости противопожарной стены должны быть не менее 2,5 часов.

Сооружение противопожарной стены обязательно в следующих случаях:

- между двумя соседними зданиями нет нормированного противопожарного разрыва (противопожарная стена должна быть без оконных проемов и устанавливаться с торцевой стороны более высокого здания - наружная преграда);

- площадь производственного или складского помещения превышает предельно допустимую по нормам (противопожарная стена должна разделять помещение на отдельные секции - внутренняя противопожарная преграда);

- в одном здании расположены производства разных категорий пожарной опасности технологического процесса или же складские, административно-санитарно-гигиенические и производственные помещения.

Несгораемые перекрытия с пределом огнестойкости не менее 1,5 час подлежат устраивать над подвальными помещениями в зданиях I, II и III степени огнестойкости.

Распространению пожаров от одного здания к другому хорошо препятствуют древонасаждения.

При их отсутствии необходимо предусматривать озеленение лиственными деревьями жилых кварталов, приусадебных участков, межквартальных противопожарных разрывов и участков, свободных от застройки производственно - хозяйственными комплексами.

Сельские населенные места, усадьбы хозяйств в районах, подверженных воздействию сильных ветров или суховеев, должны иметь ветрозащитные полосы зеленых, лиственных насаждений со стороны господствующих ветров. Ширина этих полос устанавливается в зависимости от местных условий, но не менее 20 м.

Наибольшую пожарную опасность представляет собой местное огневое и газовое отопление, при котором постоянные или временные печи для сжигания топлива устанавливаются непосредственно в помещении, а нагрев их наружной поверхности колеблется от 50 до 400 °С.

Для защиты сгораемых и трудносгораемых частей зданий (перегородок, перекрытий, балок) устанавливаются противопожарные разделки и отступки.

Противопожарные разделки - это утолщения в кирпичной кладке труб и стен в местах примыкания сгораемых частей зданий (перегородок, балок и т.д.) к дымовым каналам печей.

Ничем не защищенные воздушные промежутки называют противопожарными отступками. При устройстве производственных отопительных и нагревательных приборов продолжительного действия (котла кормокухни или дымохода центрального отопления) расстояние от разделки до конструкций, незащищенных от возгорания, должно составлять 70 см, до защищенных - 50 см.

Дымоход должен быть прямым, с толщиной стенок 123 см.

Устройство горизонтальных дымоходов на чердаках, а также отверстий для чистки в дымоходах не допускается.

Для систем центрального отопления с применением радиаторов, конвекторов, ребристых труб необходимо не превышать установленные противопожарными нормами предельные температуры нагрева поверхностей нагревательных приборов:

- для помещений здравпунктов, пунктов питания, административно-конторских помещений и других, которые размещены в отдельно стоящих зданиях предприятий, -95 °С;
- для производственных помещений различного назначения в зависимости от количества выделяющихся пыли и различных газов 110...150 °С.

Электрический ток тоже может привести к пожару или взрыву не только в результате неисправности электрических сетей, оборудования, установок и предохранительных устройств, но и при неправильной эксплуатации их, а также несоответствии электроустановок требованиям пожаробезопасности.

При прохождении электрического тока по проводам выделяется тепло. При прохождении тока большой силы, недопустимого для данного сечения проводника, его температура может значительно повыситься и привести к загоранию изоляции или к преждевременному её старению, что вызовет опасность короткого замыкания электропроводов.

Для предупреждения коротких замыканий на распределительном щите устанавливают предохранители (плавкие вставки), которые сразу отключают те участки электросети, на которых произошло короткое замыкание.

Перегрев до опасных температур может быть не только при перегрузке, но и в случае плохого контакта в соединениях проводов.

Строительство нефтехозяйств должно вестись по типовым проектам, предусматривающим систему мероприятий по борьбе с возникновением и распространением пожаров на складах нефтепродуктов, в хранилищах, на заправочных станциях.

Склады нефтепродуктов по противопожарным требованиям делят на два разряда.

К первому разряду относятся склады с общей емкостью ЛВЖ от 10 до 250 м³, ко второму - от 251 до 600 м³.

Одним из основных мероприятий, исключающих возникновение и распространение пожара, является соблюдение обязательных противопожарных разрывов между строениями жилого и производственного сектора хозяйства с одной стороны и территорией склада нефтепродуктов с другой, а также соблюдение разрывов между зданиями и сооружениями внутри склада нефтепродуктов.

Все резервуары нужно устанавливать на фундаментах из несгораемых материалов.

Для отвода статического электричества резервуары должны быть тщательно заземлены.

Наземные резервуары для предохранения их от нагревания лучами солнца окрашиваются белой алюминиевой краской, а подземные во избежание коррозии металла - двумя слоями разогретого битума.

Вокруг хранилища на расстоянии 10 м устанавливают ограждение высотой не менее 1,75 м и делают листовые насаждения. За ограждениями вспахивают полосу шириной 3м.

Территорию нефтесклада надлежит систематически очищать от сухой травы и мусора и содержать в постоянной чистоте, а случайно разлитое на землю горючее следует засыпать песком или землей.

Склад должен быть обеспечен средствами пожаротушения: песком, пожарными щитами с огнетушителями и инвентарем, мотопомпой.

Пожароопасность зерновых складов связана в первую очередь с большим количеством зерновой пыли, выделяющейся при загрузке, перемещении и выгрузке зерна.

Причиной её возгорания могут быть искры от электроустановок, тепло трения не имеющих смази подшипников транспортеров, шкивов при буксовке ленты, короткое замыкание электропроводов и т.д.

Зерносклады размещают, как правило, в отдельно стоящих зданиях.

При загрузке их зерном насыпью от верха насыпи до сгораемых конструкций покрытия, светильников и электропроводов оставляют расстояние не менее 0,5 м.

На зерноскладах также оставляют около 10% свободной площадки для обеспечения возможности перелопачивания зерна при его самовозгорании.

Через каждые 18 м по фронту здания склада устраивают ворота, открывающиеся наружу.

На зерноскладах не разрешается хранить совместно с зерном пожароопасные материалы, какое либо оборудование, применять технику с двигателями внутреннего сгорания, работать на неисправных механизмах.

Для предупреждения искрообразования, воспламенения и взрыва пыли, светильники и другая электроаппаратура на складах должна быть пыленепроницаемой, а двигатели механизмов - закрытыми, обдуваемыми.

Пожарная профилактика в гаражах и мастерских заключается в следующем.

Хранение автомобилей, тракторов и других СХМ под навесами и на складах совместно с соломой и другими легковоспламеняющимися материалами запрещается.

Для временных стоянок в полевых условиях автомобили, тракторы, комбайны и другие самоходные машины необходимо устанавливать на очищенных от стерни и сухой травы площадках, расположенных на расстоянии не ближе 100 м от построек, стогов соломы, сена или хлебных массивов. Эти площадки должны быть опаханы полосой шириной не менее 1 м.

Воспрещается заправлять горючим автомобили, тракторы, комбайны в тех помещениях, где они стоят или ремонтируются. Нельзя ставить машины в помещение при наличии в них течи горючего.

В помещениях гаражей и местах, предназначенных для стоянки и обслуживания автомобилей и другой техники, воспрещается:

- курить и проводить работы с переносными кузнечными горнами, сварочными аппаратами, паяльными лампами;
- разогревать открытым огнем двигатели;
- оставлять открытыми горловины бензобаков;
- заряжать аккумуляторы;
- хранить горючие жидкости;
- загромождать ворота и т.д.

Сухие грубые корма легко воспламеняются. Сосредоточение их в больших количествах всегда пожароопасное.

Противопожарные мероприятия на складах грубых кормов направлены в основном на предотвращение контакта кормов с источниками зажигания и локализацию возможного пожара. Сухие корма могут загореться: от искр выхлопных труб или попадая на коллекторы двигателей, от искр, возникающих в электрорубильниках, искр от соударяющихся частей (вентилятор), при использовании открытого огня, курении, ударе молнии и т.д.

Корма укладывают в скирды, штабелями или под навесы с разрывами между ними не менее 20 м и с площадью основания одной скирды не более 150 м², штабеля прессованного сена - 500 м².

Площадку для хранения грубых кормов выбирают так, чтобы расстояние от скирд до линий электропередачи было не менее 15 м, дорог - 20 м, зданий и сооружений - 50 м.

Эту площадку опахивают полосой шириной не менее 4м на расстоянии 15 м от скирд.

При производстве уборочных работ необходимо помнить, что созревающие зерновые культуры очень пожароопасные.

Температура воспламенения стеблей пшеницы при влажности 6,55% составляет всего 200 °С, а самовоспламенение -300 °С.

Возникший огонь распространяется по хлебному полю со скоростью 15-18 м/мин, а в сухую ветреную погоду скорость может достигать 500 м/мин и более.

Принимая во внимание, что пожарная профилактика - это комплекс мероприятий, направленных на предупреждение пожаров, предотвращение распространения огня, создания условий для быстрой ликвидации пожара и устройства путей эвакуации людей и материальных ценностей, оговоримся о вынужденной эвакуации людей из помещений.

На случай возникновения пожара должна быть обеспечена возможность безопасной эвакуации людей, находящихся в здании, через эвакуационные выходы.

Согласно требованиям СНиП 21-01-97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений», суммарная ширина маршей лестничных клеток в зависимости от количества людей, находящихся на наиболее населенном этаже, кроме первого, а также ширина дверей, коридоров во всех этажах должны приниматься из расчета не менее 0,6 м на 100 человек.

Количество путей эвакуации рассчитывают по формуле:

$$K = \frac{0,6N}{100C},$$

где N - количество людей, находящихся в помещении;

C - ширина одного пути эвакуации (коридора, двери, лестничного марша), м.

Минимальная ширина эвакуационных дверей должна быть не менее 0,8 м, а высота дверей и проходов на путях эвакуации - не менее 2 м.

Ширина лестничной площадки должна быть не менее ширины марша, а перед входом в лифт с распашными дверями - не менее 1,6 м.

Количество эвакуационных выходов из зданий предусматривается не менее двух. Устройство раздвижных и подъемных дверей на путях эвакуации не допускается; при этом двери должны открываться по направлению выхода из здания.

2.2. Средства тушения пожаров

2.2.1. Огнетушительные вещества

Огнетушащие вещества - это такие вещества, которые при введении в зону сгорания прекращают процесс горения. Таких веществ в природе много, но для тушения пожаров применяют только те, которые обладают высоким эффектом тушения при минимальном расходе, безвредны для человека при использовании и хранении и просты в употреблении.

Современными основными огнетушащими веществами, применяемыми в практике пожаротушения, является вода, поверхностно-активные вещества, пены, порошки, углекислота, инертные газы и др.

Вода - наиболее распространенное огнетушащее вещество в силу своей доступности. Она обладает высоким охлаждающим эффектом, а также способностью смачивать горящие поверхности, благодаря чему понижается или полностью устраняется вероятность их возгорания.

Наибольший огнетушащий эффект достигается при подаче воды на тушение в распыленном состоянии. При этом снижается расход воды, минимально увлажняются и портятся материалы, снижается температура и осаждается дым в помещении. Вода обладает высокой теплоемкостью, значительным увеличением объема при парообразовании (1 л воды образует при испарении свыше 1700 л пара).

Расчетный расход воды на наружное пожаротушение для сельских населенных пунктов принимают: при числе жителей до 500 человек – 5 л/с, от 500 до 10000 – 10 л/с, более 10000 – 20 л/с. При расчете допускают, что на территории предприятия площадью более 150 га может возникнуть одновременно два пожара. Во всех случаях расчетная продолжительность тушения пожара принимается равной три часа.

Количество воды Q_v (m^3) определяют по зависимости:

$$Q_v = 3,6 \cdot q \cdot t \cdot z,$$

где q - расход воды, л/с;

t - расчетная продолжительность пожаротушения, ч;

z - число одновременно возможных пожаров.

Максимальный срок восстановления неприкосновенного противопожарного запаса воды для предприятий с производствами категории А, Б, В и населенных мест должен быть не более 24 часов. Для производств категории Г и Д не более 36 часов.

На пожарах воду подают в виде сплошных и распыленных струй.

Сплошные струи используют при тушении развившихся пожаров как наружных, так и внутренних, когда требуется подача большого количества воды.

Недостатками сплошных струй являются:

- низкий коэффициент использования теплостойкости воды (вследствие короткого времени контакта ее с зоной горения);
- образование взрывоопасных концентраций при воздействии сплошной струи на слои угольной, мучной и другой пыли;
- механическое повреждение предметов;
- травмирование людей;
- превращение сплошной струи в проводник электрического тока.

К преимуществам сплошных струй относят:

- дальность полета;
- маневренность;
- механический эффект действия (разрушение горящих сводов).

Распыление струи получают с помощью стволов - распылителей. Они покрывают большую поверхность, чем сплошные струи и поэтому при одинаковом расходе воды отводят из зоны горения в единицу времени тепла значительно больше.

Распыленные струи рекомендуется применять при тушении небольших пожаров, охлаждения конструкций, веществ и материалов, находящихся в зоне теплового воздействия.

Вода как огнегасящее вещество не может применяться для тушения:

- металлического натрия, калия, магния (по причине разбрасывания горячих частиц и увеличения размера пожара);
- материалов, хранящихся совместно с карбидом кальция и негашеной известью;
- электроустановок и аппаратов, находящихся под напряжением.

Не дает эффекта тушение водой легковоспламеняющихся жидкостей (бензин, керосин и т.д.) в связи с высокой ее плотностью.

Огнетушащие пены являются универсальным и достаточно эффективным средством тушения.

Широко применяется воздушно-механическая пена. Ею можно тушить жидкие и твердые горючие вещества, за исключением тех, которые взаимодействуют с водой.

Воздушно-механическая пена – коллоидная система, состоящая из пузырьков газа, окруженных пленками жидкости. Ее получают смешиванием воды и пенообразователя с одновременным промешиванием с воздухом.

Химическую пену получают результате реакции между щелочью и кислотой в присутствии пенообразователя.

Огнетушащий эффект ее достигается изоляцией горючего вещества от зоны горения слоем пены, а также снижением концентрации кислорода воздуха в зоне горения.

Широко применяются огнетушащие порошки.

Огнетушащая эффективность порошков зависит от химической природы компонентов, а также от гранулометрического состава, влажности, текучести, распыляемости и т.д.

Порошки, как правило, не токсичны, не электропроводны.

Тушение пожара порошками общего назначения достигается созданием плотного облака порошка в зоне очага пламени.

Недостатком сухих огнетушащих порошков является их низкая охлаждающая способность.

Газовые составы применяют для тушения большинства горючих жидкостей, газов, твердых веществ (кроме тлеющих материалов).

Углекислый газ (CO_2) применяют для тушения огня в закрытом помещении или труднодоступных местах.

При тушении открытых пожаров и электроустановок под напряжением применяют твердую (снегообразную) углекислоту.

Инертные газы (азот, аргон, гелий), дымовые и отработавшие газы применяют для тушения пожаров в резервуарах и закрытых помещениях.

За счет снижения концентрации кислорода в очаге горения газы тормозят интенсивность горения.

Галоидированные углеводороды (газы и легкоиспаряющиеся жидкости) являются высокоэффективными средствами.

Огнетушащее действие их основано на торможении химических реакций горения. Их применяют для тушения твердых и жидких горючих материалов.

Большинство галоидированных углеводородов обладают смачивающими свойствами и хорошо тушат тлеющие материалы.

Бишофит - минерал природного происхождения в виде кристаллического порошка.

Водный раствор бишофита 5 %-ной концентрации, предназначается в основном для создания широких заградительных полос длительного действия перед кромкой лесных пожаров непосредственно с воздуха.

Горючие материалы, обработанные раствором бишофита, теряют способность гореть на длительное время.

Для тушения небольших очагов горения применяют покрывала (кошма, брезент), песок, землю, другие грунты.

Их огнетушащий эффект основан на изолировании горючих веществ от кислорода воздуха.

2.2.2. Технические средства тушения пожаров

Огнетушители - надежное средство при тушении загораний и небольших пожаров.

Огнетушители бывают ручные, ранцевые и передвижные.

По виду огнетушащего состава огнетушители подразделяются на: пенные, химические пенные, воздушно-пенные, газовые и углекислотные, аэрозольные и углекислотно-бромэтиловые, порошковые.

Пенные огнетушители предназначены для тушения загораний различных материалов и горючих жидкостей за исключением щелочных металлов, веществ горящих без доступа воздуха, и электроустановок, находящихся под напряжением.

Химические пенные огнетушители (ОХП – 10, ОП – М и ОП – 9ММ) предназначены для тушения очагов пожара твердых материалов, а также различных горючих жидкостей, за исключением электроустановок, находящихся под напряжением, а также щелочных материалов.

Воздушно-пенные огнетушители (ОВП – 5, ОВП -10-01, ОВП – 250, ОВП - 100) предназначены для тушения загораний различных веществ и материалов (кроме щелочных металлов и веществ горящих без доступа воздуха), а также электроустановок, находящихся под напряжением.

Углекислотные огнетушители (ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8) предназначены для тушения загораний углекислотой в газо- и снегообразном виде.

Ручные порошковые огнетушители предназначены для тушения небольших загораний на автомобилях, тракторах, сельскохозяйственных и других машинах.

Ручные углекислотно-бромэтиловые огнетушители (ОУБ-3А, ОУБ-7А) предназначены для тушения небольших очагов пожаров различных горючих веществ, тлеющих твердых материалов (хлопок, текстиль, изоляционные материалы), а также электроустановок, находящихся под напряжением.

Порошковые огнетушители (ОП-1Б, ОПС-6, ОП-5, ОП-10, ОПС-10) предназначены для тушения легковоспламеняющихся жидкостей, а также электроустановок под напряжением.

Кроме того, в состав технических средств пожаротушения входят пожарные мотопомпы.

Пожарные мотопомпы предназначены для подачи воды из водоисточника к месту тушения пожара или заполнения различных емкостей.

Мотопомпы подразделяются на переносные и прицепные. Они состоят из бензинового двигателя внутреннего сгорания и центробежного насоса. На сельскохозяйственных предприятиях нашли применение переносные мотопомпы МП-600А, МП-800Б и прицепные МП-1200, МП-1400, и МП-1600. Цифра в маркировке указывает подачу воды в л/мин.

Мотопомпа МП-1600, кроме водяного насоса, оборудована устройством для получения воздушно-механической пены.

Также, к основным средствам, предназначенным для подачи на пожар огнегасительных веществ (воды, пены, порошков, углекислого газа, газодыхательных и других составов) относят пожарные автомобили.

Автоцистерны в общем выпуске пожарных автомобилей составляет 80 %. Благодаря таким универсальным качествам, как возможность тушения пожара водой и воздушно-механической пеной, осуществление подвоза воды, пожарные автоцистерны широко применяются в подразделениях пожарной охраны.

Основными узлами конструкции автоцистерн являются пожарный насос, вакуумная система, привод пожарного насоса, система дополнительного охлаждения, емкость для воды и пенообразователя, система обогрева кабины и цистерны, система управления водопенными коммуникациями.

Кроме пожарных машин, мотопомп и другой специальной техники для тушения пожаров широко применяют разнообразные сельскохозяйственные машины, такие как: дождевальные установки (ДДН90, ДДН-100), жиже-разбрасователи (РЖ-1,7А), разбрасыватели жидких удобрений (РЖУ-3,6, РЖТ-8, РЖТ-16), водораздатчики и передвижные автопоилки (ВР-3М, ПАП-10А, АО-3), аммиачные автоцистерны (АЦА-3), ассенизаторские насосные машины (АНМ-53), поливочные машины (ПМ-130Б), транспортные автоцистерны (АЦ-600, АЦ-4,2-130, АЦ-10) и др.

По назначению в условиях пожара их можно подразделить на машины:

- обеспечивающие подвоз и подачу в емкости пожарных машин или в зону горения огнетушащих веществ;

- транспортировку воды от водоисточника к месту пожара по системе напорных рукавов;

- выполнение вспомогательных работ.

Кроме всего, существуют установки автоматического пожаротушения.

Установки автоматического пожаротушения предназначены для автоматического обнаружения и тушения пожара в его начальной стадии с одновременной подачей сигнала пожарной тревоги.

Ими защищают помещения, здания, в которых хранят или используют легковоспламеняющиеся и горючие вещества, ценное оборудование, сырье.

По виду используемого огнетушащего вещества установки автоматического пожаротушения подразделяют на водяные, паровые, пенные, углекислотные, азотные, хладоновые и порошковые.

Наибольшее распространение получили спринклерные (англ. sprinkle -брызгать, моросить) и дренчерные (англ. drench -мочить, орошать) установки водяного пожаротушения.

Спринклерная установка состоит из разветвленной системы труб, расположенных под потолком и заполненных водой под давлением.

В трубы через каждые 3-4 м ввернуты спринклеры, выходные отверстия которых закрыты стеклянными или металлическими легкоплавкими замками. При возникновении пожара, когда температура воздуха в помещении достигает определенной величины (для различных спринклеров это 72, 93, 141, 182, 240 °С), замки разрушаются и вода, распыляясь, поступает в зону горения.

Дренчеры в отличие от спринклеров не имеют легкоплавких замков и их выходные отверстия постоянно открыты, а сама водопроводная сеть закрыта клапаном группового действия, который открывается автоматически при определенной температуре.

Спринклерные установки орошают только ту часть помещения, в которой вскрылись спринклеры, а дренчерная - сразу всю расчетную площадь.

2.3. Организация работы пожарной охраны по тушению пожаров

Для проведения профилактической работы, а также для тушения пожаров в городах и на крупных предприятиях существуют военизированные или профессиональные пожарные части, а также ведомственная пожарная охрана.

На всех предприятиях независимо от их размеров, в том числе в АО и крестьянских хозяйствах, должны быть организованы добровольные пожарные дружины (ДПД) или команды (ДПК).

Количественный состав каждой пожарной дружины определяется руководителем предприятия по согласованию с местным инспектором Госпожнадзора в зависимости от размеров предприятия.

В члены добровольной пожарной дружины (ДПД) принимают рабочих и служащих по их личному заявлению.

Члены ДПД получают ряд льгот: их жизнь страхуется за счет предприятия, участие в тушении пожара, в проведении учебных тревог оплачивают, как их обычную работу, бесплатно выдают спецодежду пожарных.

В ведение ДПД передаются технические средства пожаротушения. В ДПД организуется систематическое изучение пожарной техники, средств и способов тушения пожаров на различных объектах, регулярно проводятся практические занятия.

Главная задача ДПД состоит в том, чтобы организованно, с наименьшими материальными убытками и без человеческих жертв провести тушение пожара.

В сельской местности создают также добровольные пожарные команды (ДПК), состоящие из ДПД и 3-4 штатных шоферов пожарных автомобилей.

В некоторых хозяйствах создают пожарно-сторожевые охраны (ПСО). В них входят штатные работники (начальник ПСО, шоферы, мотористы, сторожа-пожарные) и члены ДПД.

ДПД, ПСО, ДПК в сельской местности выполняют большую работу по предупреждению и тушению пожаров. С их помощью тушат около 50% всех пожаров.

2.4. Особенности тушения пожаров на различных сельскохозяйственных объектах

Многие животноводческие здания весьма опасны с точки зрения возникновения и распространения пожаров:

- наличие сгораемых покрытий большой площади;
- применение совмещенных покрытий по металлическим фермам и утеплителей из пенополистирола;
- устройство деревянных полов и применение деревянной подстилки внутри помещений.

Вблизи животноводческих помещений обычно размещают стога сена или соломы, силосные башни, цеха для приготовления кормов и т.п.

Наличие этих объектов рядом с животноводческими помещениями создает дополнительную пожарную опасность для них.

Основная задача при тушении пожара в животноводческом комплексе наряду с ликвидацией пожара заключается в предотвращении гибели животных.

Для быстроты эвакуации животных используют все выходы - основные и запасные.

Вместе с тем необходимо иметь в виду, что при открытии ворот и дверей увеличивается тяга воздуха в помещение и увеличивается горение, а это может повлиять на ход эвакуации животных.

Особенно быстро следует эвакуировать животных из зданий, не имеющих чердачных перекрытий, так как в таких зданиях огонь и дым распространяются очень быстро.

Эвакуацию животных можно проводить несколькими способами:

- самостоятельный выход животных;
- вывод каждого животного отдельно;
- массовый выгон животных;
- вынос животных.

Применения того или иного способа зависит от вида животных и создавшейся обстановки.

Для обеспечения эвакуации овец целесообразно вывести вожака и тогда остальные, как правило, выходят за вожаком. Маленьких поросят необходимо выносить в корзинах, мешках и другой таре. Корову, если она упирается, выводят, закрыв ей глаза мешком. Лошадь легче вывести, если надеть на нее узду или седло.

В горящих помещениях надо своевременно производить обесточивание электросети.

Свои особенности имеет тушение пожаров в складах ядохимикатов и удобрений. Здания для складов ядохимикатов и удобрений строятся одноэтажными, безчердачными I и II степени огнестойкости, за пределами населенных пунктов. Склады разделяются противопожарными стенками на отсеки. Характерной особенностью этих складов является то, что в одном помещении могут находиться пожара - и взрывоопасные, отравляющие и другие вещества, для тушения которых необходимы различные огнетушащие средства.

Внутри горящих помещений и в зоне опасного загазовывания за пределами, личный состав должен работать в кислородных изолирующих противогазах, предназначенных для данной среды.

При образовании движущегося в сторону жилых строений и животноводческих построек газопарового облака с подветренной стороны, необходимо эвакуировать людей и животных из опасной зоны.

1.18. Лекция № 19 (2 часа)

Тема: «Герметические системы, находящиеся под давлением»

1.18.1 Вопросы лекции:

1. Классификация герметичных систем
2. Установка сосудов
3. Особенности эксплуатации объектов котлонадзора и организация надзора за ними
4. Транспортировка баллонов
5. Причины возникновения опасности герметичных систем

1.18.2. Краткое содержание вопросов:

1. Классификация герметичных систем

Герметизированные системы, в которых под давлением находятся сжатые газы и жидкости (нередко токсичные, пожаровзрывоопасные или имеющие высокую температуру), широко применяются в современном производстве. Такие системы являются источником повышенной

опасности, и поэтому при их проектировании, изготовлении, эксплуатации и ремонте должны строго соблюдаться установленные правила и нормы. К рассматриваемым установкам, сосудам и системам относят паровые и водогрейные котлы, экономайзеры и пароперегреватели; трубопроводы пара, горячей воды и сжатого воздуха; сосуды, цистерны, бочки; баллоны; компрессорные установки; установки газоснабжения.

Одним из основных требований, предъявляемых к системам, находящимся под давлением, является их герметичность.

Герметичность — это непроницаемость жидкостями и газами стенок и соединений, ограничивающих внутренние объемы устройств и установок.

Принцип герметичности, т. е. непроницаемость, используется во всех устройствах и установках, в которых в качестве рабочего тела применяется жидкость или газ. Этот принцип является также обязательным для вакуумных установок.

Любые системы повышенного давления всегда представляют собой потенциальную опасность.

Принцип герметичности, используемый при организации рабочего процесса ряда устройств и установок, является важным с точки зрения безопасности их эксплуатации. Из множества герметичных устройств и установок можно выделить те, которые наиболее широко применяются в промышленности. К ним следует отнести:

- трубопроводы;
- баллоны для хранения и перевозки сжатых, сжиженных и растворенных газов при температурах 223...333 °K (-50...+60 °C);
- сосуды для сжиженных газов;
- газгольдеры.

1. *Трубопроводы.* Жидкости и газы, транспортируемые по трубопроводам, разбиты на следующие десять укрупненных групп, в соответствии с которыми установлена опознавательная окраска трубопроводов (табл. 19.1).

Таблица .19.1. Окраска трубопроводов

Транспортируемая по трубопроводу среда	Цвет окраски
Вода	Зеленый
Пар	Красный
Воздух	Синий
Газы горючие и негорючие	Желтый
Кислоты	Оранжевый
Щелочи	Фиолетовый
Жидкости горючие и негорючие	Коричневый
Прочие вещества	Серый

Чтобы выделить вид опасности, на трубопроводы наносят предупреждающие (сигнальные) цветные кольца (табл. 19.2.).

Таблица 19.2. Сигнальные цветные кольца, наносимые на трубопроводы

Характеристика опасности	Цвет колец
Взрывоопасные, огнеопасные, легко воспламеняющиеся вещества	Красный
Безопасные и нейтральные вещества	Зеленый
Вещества токсичные	Желтый
Глубокий вакуум, высокое давление, радиация и т.д.	Желтый

При нанесении колец желтого цвета на трубопроводы с опознавательной окраской газов и кислот, а также при нанесении колец зеленого цвета на трубопроводы с опознавательной окраской воды кольца имеют соответственно черные или белые каемки шириной не менее 10

мм. Число предупреждающих колец какого-либо цвета должно соответствовать степени опасности транспортируемого вещества.

Кроме цветных сигнальных колец применяют также предупреждающие знаки, маркировочные щитки и надписи на трубопроводах (цифровое обозначение вещества, слово «вакуум» для вакуум-проводов, стрелки, указывающие направление движения жидкости, и др.), которые располагаются на наиболее ответственных местах коммуникаций.

2. Баллоны для хранения и перевозки сжатых, сжиженных и растворенных газов при температурах 223...333 °K (-50...+60 °C). Баллоны изготавливают малой вместимости 0,4—12 л, средней — 20—50 л и большой вместимости 80—500 л. Баллоны малой и средней вместимости изготавливают на рабочие давления 30, 15 и 20 МПа из углеродистой стали и на рабочие давления 15 и 20 МПа из легированной стали.

Для того чтобы легко и быстро распознать баллоны, предназначенные для определенных газов, предупреждать их ошибочное наполнение и предохранять наружную поверхность от коррозии, на заводах-изготовителях баллоны окрашивают в установленные стандартом цвета, наносят соответствующие надписи и отличительные полосы (табл. 19.3).

Таблица 19.3. Окраска баллонов, надписей и полос на них

Наименование газа	Окраска баллонов	Текст надписи	Цвет надписи	Цвет полосы
Азот	Черная	Азот	Желтый	Коричневый
Аммиак	Желтая	Аммиак	Черный	То же
Аргон сырой	Черная	Аргон сырой	Белый	Белый
Аргон технический	Черная	Аргон технический	Синий	Синий
Аргон чистый	Серая	Аргон чистый	Зеленый	Зеленый
Ацетилен	Белая	Ацетилен	Красный	-
Бутилен	Красная	Бутилен	Желтый	Черный
Нефтегаз	Серая	Нефтегаз	Красный	-
Бутан	Красная	Бутан	Белый	-
Водород	Темно-зеленая	Водород	Красный	-
Воздух	Черная	Сжатый воздух	Белый	-
Гелий	Коричневая	Гелий	Белый	-
Закись азота	Серая	Закись азота	Черный	-
Кислород	Голубая	Кислород	Черный	-
Кислород медицинский	Голубая	Кислород медицинский	Черный	-
Сероводород	Белая	Сероводород	Красный	Красный
Сернистый ангидрид	Черная	Сернистый ангидрид	Белый	Желтый
Углекислота	Черная	Углекислота	Желтый	-
Фосген	Защитная	То же	-	Красный
Фреон -11	Алюминиевая	Фреон -11	Черный	Синий
Фреон -12	Алюминиевая	Фреон -12	Черный	-
Фреон -13	Алюминиевая	Фреон -13	Черный	2 красные полосы
Фреон -22	Алюминиевая	Фреон -22	Черный	2 желтые полосы
Хлор	защитная	-	-	Зеленый

Циклопропан	Оранжевая	Циклопропан	Черный	-
Этилен	Фиолетовая	Этилен	Красный	-
Другие горючие газы	Красная	Наименование газа	Белый	-
Другие негорючие газы	Черная	Наименование газа	Желтый	-

Кроме того, на баллоне указывают наименование газа, а у горловины каждого баллона на сферической части отчетливо должны быть выбиты следующие данные: товарный знак предприятия-изготовителя, дата (месяц, год) изготовления (испытания) и год следующего испытания в соответствии с правилами Госгортехнадзора (например, при изготовлении баллонов в марте 1999 г. и последующем их испытании в марте 2004 г. ставят клеймо 3—99—04); вид термообработки, рабочее и пробное гидравлическое давление (МПа); емкость баллона (л); массу баллона (кг); клеймо ОТК; обозначение действующего стандарта.

Баллоны для сжатых, сжиженных и растворенных газов вместимостью более 100 л должны быть снабжены паспортом по форме, установленной для сосудов, работающих под давлением.

Баллоны для сжатых газов, принимаемые заводами-наполнителями от потребителей, должны иметь остаточное давление не менее 0,05 МПа, а баллоны для растворенного ацетилена — не менее 0,05 и не более 0,1 МПа. Остаточное давление позволяет определить, какой газ находится в баллонах, проверить герметичность баллона и его арматуры и гарантировать не проникновение в баллон другого газа или жидкости. Кроме того, остаточное давление в баллонах для ацетилена препятствует уносу ацетона-растворителя ацетилена (при меньшем давлении унос ацетона увеличивается, а уменьшение количества ацетона в баллоне повышает взрывоопасность ацетилена).

3. *Сосуды для сжиженных газов.* Сжиженные газы хранят и перевозят в стационарных и транспортных сосудах (цистернах), снабженных высокоэффективной тепловой изоляцией.

Для хранения и транспортирования криогенных продуктов (азота, аргона, кислорода и воздуха) изготавливают специальные криогенные сосуды.

Транспортные сосуды (цистерны) обычно имеют объем до 35 тыс. л. Наружную поверхность резервуаров окрашивают эмалью, масляной или алюминиевой красками в светлосерый цвет. На транспортных сосудах наносят надписи и отличительные полосы (табл. 19.4).

Таблица 19.4. Маркировка транспортных сосудов (резервуаров)

Газ	Надпись	Цвет надписи	Цвет полосы
Аммиак	Аммиак, ядовитый сжиженный газ	Черный	Желтый
Хлор	Хлор, ядовитый сжиженный газ	Зеленый	Защитный
Фосген	Ядовитый сжиженный газ	Красный	Защитный
Кислород	Опасно	Черный	Голубой
Все остальные газы			
Негорючие	Наименование газа и слово «Опасно»	Желтый	Черный
Горючие	Наименование газа и слово «Огнеопасно»	Черный	Красный

4. *Газгольдеры.* Они могут быть низкого (постоянного) и высокого (переменного) давления. Газгольдеры высокого давления служат для создания запаса газа высокого давления. Расходуемый из него газ проходит через редуктор, который понижает давление и поддерживает его постоянным в течение всего процесса подачи газа потребителю. Обычно такие газгольдеры собирают из баллонов большого объема, изготавливаемых на рабочее давление меньше 25, 32 и 40 МПа.

Газгольдеры низкого давления имеют большой объем 10^5 — $3 \cdot 10^7$ л и применяются для хранения запаса газа, сглаживания пульсаций, выдачи газов, отделения механических примесей и других целей.

Кроме герметичных устройств и установок, рассмотренных выше, в промышленности широко применяют сосуды, предназначенные для ведения химических и тепловых процессов, компрессоры, котлы.

2. Установка сосудов

Сосуды различных видов и конструкций эксплуатируются во многих организациях и у индивидуальных предпринимателей, независимо от форм собственности и организационно-правовой формы.

Установка сосудов допускается:

- в помещениях, примыкающих к производственным зданиям, при условии отделения их от здания капитальной стеной;
- с заглублением в грунт при условии обеспечения доступа к арматуре и защиты стенок сосуда от почвенной коррозии и коррозии блуждающими токами;
- в производственных помещениях в случаях, предусмотренных отраслевыми правилами безопасности.

Не разрешается установка регистрируемых в органах Ростехнадзора России сосудов в жилых, общественных и бытовых зданиях, а также в примыкающих к ним помещениях.

Места установки сосудов и контрольно-измерительных приборов должны быть обеспечены достаточным естественным освещением, а в ночное время – электрическим освещением.

Установка сосудов должна исключать возможность их опрокидывания, а также обеспечить возможность осмотра их с внутренней и наружной сторон.

Для удобства обслуживания сосудов должны быть устроены постоянные площадки и лестницы с перилами высотой не менее 0,9 м со сплошной обшивкой перил по низу не менее 100 мм.

Площадки и ступени лестниц могут быть выполнены:

- из просечно-вытяжного листа;
- из рифленой листовой стали или из листа с негладкой поверхностью, полученной наплавкой или другим способом;
- из сотовой или полосовой (на ребро) стали с площадью просвета ячеек не более 12 см^2 .

Применение гладких площадок и ступеней лестниц, а также выполнение их из прутковой (круглой) стали запрещается.

Лестницы должны иметь ширину не менее 60 мм, высоту между ступенями не более 200 мм, ширину ступеней не менее 80 мм.

Лестницы высотой более 1,5 м должны иметь угол наклона к горизонтали не более 50°.

Ширина свободного прохода площадок должна быть не менее 600 мм, а для измерительных приборов – не менее 800 мм.

Свободная высота над полом площадок и ступеней должна быть не менее 2 м.

Для осмотра и ремонта сосудов могут применяться люльки и другие приспособления.

3. Особенности эксплуатации объектов котлонадзора и организация надзора за ними

Эксплуатация паровых и водогрейных котлов, сосудов, работающих под давлением, и трубопроводов пара и горячей воды связана с повышенной опасностью. Особенно опасны взрывы котлов, трубопроводов пара и горячей воды и сосудов, так как они вызывают большие разрушения, несчастные случаи и наносят большой материальный ущерб. Правила устройства и безопасной эксплуатации котлов, сосудов, работающих под

давлением, трубопроводов пара и горячей воды обязательны для всех организаций, эксплуатирующих данные объекты. Эти Правила принято называть Правилами котлонадзора, а объекты, на которые они распространяются, - объектами котлонадзора.

В Правилах установлены требования к проектированию, устройству, изготовлению, реконструкции, наладке, монтажу, ремонту, техническому диагностированию и эксплуатации объектов котлонадзора.

Правила обязательны для исполнения всеми должностными лицами, специалистами, работниками, занятыми проектированием, изготовлением, реконструкцией, монтажом, наладкой, ремонтом, техническим диагностированием и эксплуатацией.

Лица, допустившие нарушение Правил, несут ответственность в соответствии с действующим законодательством.

Контроль за соблюдением Правил осуществляют органы госнадзора – Ростехнадзор России.

В организациях контроль за соблюдением правил осуществляется инспектором Ростехнадзора России.

Инспекторам котлонадзора представлено право приостанавливать работу объектов котлонадзора при выявлении нарушений правил, норм и инструкций по технике безопасности, которые угрожают жизни людей или могут привести к аварии. Им предоставляются также право оформлять материалы для наложения штрафа на должностных лиц, виновных в неоднократном нарушении правил, норм и инструкций по котлонадзору.

Организации, эксплуатирующие объекты котлонадзора, обязаны немедленно в установленном порядке сообщить органам Ростехнадзора о происшедших авариях, случаях производственного травматизма с тяжелым смертельным исходом, а также о групповых несчастных случаях.

Расследование аварий и несчастных случаев должно производиться в порядке, установленном Ростехнадзором России.

До начала расследования аварии или несчастного случая должна сохраняться обстановка на рабочем месте и состояния оборудования таким, какими они были в момент происшествия, если это не угрожает жизни и здоровью окружающих работников и не вызывает дальнейшего развития аварии.

Аварии на объектах котлонадзора бывают редко, но они вызывают, как правило, большие разрушения, приводят к несчастным случаям (в том числе и с летальным исходом), причиняют неоправданный материальный и моральный ущерб.

Так, основными причинами аварий сосудов, работающих под давлением, являются:

а) значительное повышение давления из-за неисправности предохранительных клапанов, нарушение технологического процесса или воспламенение паров масла в воздухохраниках, отсутствие (неисправность) редуцирующих устройств;

б) неисправность или отсутствие предохранительных устройств сосудов с быстросъемными крышками;

в) дефекты при изготовлении, монтаже и ремонте сосудов;

г) переполнение сосудов сжиженными газами;

д) износ стенок сосудов;

е) обслуживание сосудов необученным персоналом, нарушения технологической и трудовой дисциплины;

ж) нарушение администрацией организаций требований Правил из-за незнания их;

з) выдача должностными лицами указаний или распоряжений, принуждающих подчиненных нарушать Правила и инструкции по технике безопасности; самовольное возобновление работ, остановленных органами Ростехнадзора, а также непринятие мер по устранению нарушений Правил, норм и инструкций по технике безопасности, которые допускаются подчиненными лицами в присутствии должностных лиц.

4. Транспортировка баллонов

Транспортирование наполненных газом баллонов допускается на автомашинах, автокарах в горизонтальном положении и обязательно с прокладками между баллонами. В качестве прокладок могут применяться деревянные бруски с гнездами, вырезанными для баллонов и обитыми войлоком, а также веревочные или резиновые кольца толщиной не менее 25мм (по два кольца на баллон) или другие мягкие материалы, предохраняющие баллоны от ударов друг о друга.

Разрешается перевозка баллонов в специальных контейнерах в вертикальном положении обязательно с прокладками между ними и ограждением от возможного падения.

При транспортировании на автомашине баллоны укладываются на специальные ложементы не более трех рядов с тем расчетом, чтобы баллоны не выступали за пределы высоты борта, при этом укладываются они поперек кузова автомашины.

При транспортировании баллонов на автокаре они также укладываются поперек площадки на специальные ложементы и только в один ряд.

Категорически запрещается совместная транспортировка баллонов с различными газами, а также совместная транспортировка пустых и наполненных баллонов.

Транспортирование кислородного и ацетиленового баллонов допускается одновременно к рабочему месту на специальных тележках сварщиков на рессорах, резиновом ходу, оборудованных ложементами и имеющими хомуты крепления баллонов.

Запрещается совместное хранение кислородных и ацетиленовых баллонов. В летний период баллоны при транспортировании должны быть защищены от воздействия солнечных лучей светлым брезентом или асбестовым полотном.

Транспортирование баллонов для углеродных газов производится в соответствии с Правилами безопасности в газовом хозяйстве, утвержденным Гостехнадзором России.

Перемещение баллонов в пределах рабочего места разрешается производить кантовкой на башмаке в наклонном положении, а также на специальных ручных тележках или носилках.

На рабочих местах баллоны должны быть прочно закреплены в вертикальном положении.

Погрузка, выгрузка, транспортирование и обслуживание баллонов должны производиться рабочими, прошедшими соответствующее обучение и инструктаж.

5. Причины возникновения опасности герметичных систем

Анализ показывает, что разгерметизация устройств и установок происходит в результате действия целого ряда факторов, которые можно условно разделить на две группы — эксплуатационные и технологические.

Первые обусловлены физико-химическими свойствами рабочего тела, параметрами его состояния, условиями эксплуатации и т. д. К ним, например, относят: протекание побочных процессов в устройствах и установках, приводящих к ослаблению прочности конструкции; образование взрывчатых смесей; неправильную эксплуатацию и др.

Вторые связаны с дефектами при изготовлении, монтаже, транспортировании и хранении устройств.

Основными причинами разрушения или разгерметизации систем повышенного давления являются:

- внешние механические воздействия;
- снижение механической прочности;
- нарушения технологического режима;
- конструкторские ошибки;
- изменение состояния герметизируемой среды;
- неисправности в контрольно-измерительных и предохранительных устройствах;
- ошибки обслуживающего персонала.

В ряде случаев нарушение герметичности, т. е. разгерметизация устройств и установок, не только нежелательна с технической точки зрения, но и опасна для обслуживающего персонала и производства в целом.

Во-первых, нарушение герметичности может быть связано с взрывом. Здесь следует различать две причины. С одной стороны, взрыв может являться следствием нарушения герметичности, например, воспламенение взрывчатой смеси внутри установки. С другой, нарушение герметичности может стать причиной взрыва, например, при нарушении герметичности ацетиленового трубопровода вблизи участков нарушения образуется ацетиленовоздушная смесь, которая может воспламениться самыми слабыми тепловыми импульсами. Незамеченное длительное горение приводит к такому сильному разогреву трубопровода, что ацетилен в нем самовоспламеняется.

Во-вторых, при разгерметизации создаются опасные и вредные производственные факторы, зависящие от физико-химических свойств рабочей среды, т. е. возникает опасность:

- получения ожогов под воздействием высоких или, наоборот, низких температур (термические ожоги) и из-за агрессивности среды (химические ожоги);
- травматизма, связанного с высоким давлением газа в системе, например, нарушение герметичности баллона с газом при давлении 20 МПа с образованием отверстия диаметром 15 мм приведет к появлению начальной реактивной тяги около 3,5 кН; при массе баллона 70 кг он может приобрести ускорение и переместиться на некоторое расстояние;
- радиационная, возникающая, например, при использовании в установках в качестве теплоносителя жидких радиоактивных металлов, обладающих высоким уровнем ионизирующего излучения;
- отравления, связанные с применением инертных и токсичных газов и др.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

2.1 Лабораторная работа № ЛР-1 (2 часа).

Тема: «Оценка тяжести и напряженности труда на рабочем месте»

2.1.1 Цель работы: Ознакомиться с основными характеристиками и условиями труда;

Оценить тяжесть труда на рабочем месте по варианту задания

2.1.2 Задачи работы:

1. Изучить основные положения и методику. Подготовить форму таблицы и занести в нее исходные данные согласно данным варианта;
2. Определить интегральную балльную оценку тяжести труда по формуле (1.1.) с учетом формулы (1.2.);
3. Определить категорию тяжести труда и дать ее определение;

2.1.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

Методические и справочные материалы

2.1.4 Описание (ход) работы:

Рабочая среда человек - оператор представляет собой совокупность физических, химических, биологических, социально-психологических и эстетических факторов внешней среды, воздействующих на оператора.

Различают четыре уровня воздействия факторов рабочей среды на человека, необходимые для их учета и нормирования:

- комфортная среда обеспечивает оптимальную динамику работоспособности оператора, хорошее самочувствие и сохранение его здоровья;
- относительно дискомфортная рабочая среда обеспечивает при воздействии в течение определенного интервала времени заданную работоспособность и сохранение здоровья, но вызывает у человека субъективные ощущения и функциональные изменения, не

выходящие за пределы нормы;

- экстремальная рабочая среда приводит к снижению работоспособности оператора и вызывает функциональные изменения, выходящие за пределы нормы, но не ведущие к патологическим изменениям или невозможности выполнения работы;

- сверхэкстремальная среда приводит к возникновению в организме человека патологических изменений или невозможности выполнения работы.

Комплексную оценку факторов рабочей среды проводят на основе методики физиологической классификации тяжести работ.

Тяжесть труда – характеристика трудового процесса, отражающая преимущественную нагрузку на опорно-двигательный аппарат и функциональные системы организма (сердечно-сосудистую, дыхательную и др.), обеспечивающие жизнедеятельность.

Тяжесть труда характеризуется:

- физической динамической нагрузкой;
- массой поднимаемого и перемещаемого груза;
- общим числом стереотипных рабочих движений;
- величиной статической нагрузки;
- формой рабочей позы;
- степенью наклона корпуса;
- перемещениями в пространстве.

Напряженность труда – характеристика трудового процесса отражающая нагрузку преимущественно на центральную нервную систему, органы чувств, эмоциональную сферу работника.

К факторам, характеризующим напряженность труда, относятся:

- интеллектуальные;
- сенсорные;
- эмоциональные нагрузки;
- степень монотонности нагрузок;
- режим работы.

Опасный производственный фактор – фактор среды и трудового процесса, который может быть причиной острого заболевания или внезапного ухудшения здоровья и смерти.

В зависимости от количественной характеристики и продолжительности действия отдельные вредные производственные факторы могут стать опасными.

Профессиональный риск – это величина вероятности нарушения (повреждения) здоровья с учетом тяжести последствий в результате неблагоприятного влияния факторов производственной среды и трудового процесса.

Оценка профессионального риска проводится с учетом величины экспозиции последних, показателей состояния здоровья и утраты работоспособности последних.

Защита временем – уменьшение вредного воздействия неблагоприятных факторов производственной среды и трудового процесса на работающих на счет снижения времени их действия:

- введение внутрисменных перерывов;
- сокращенного рабочего дня;
- увеличение продолжительности отпуска;
- ограничение стажа работы в данных условиях.

Принципы классификации условий труда:

Оптимальные условия труда (1 класс) – такие условия, при которых сохраняются здоровье работающих и создаются предпосылки для поддержания высокого уровня работоспособности. Оптимальные нормативы производственных факторов установлены для микроклиматических параметров и факторов трудового процесса. Для других факторов условно за оптимальные принимаются такие условия труда, при которых неблагоприятные

факторы отсутствуют либо не превышают уровни, принятые в качестве безопасных для населения.

Допустимые условия труда (2 класс) характеризуются такими уровнями факторов среды и трудового процесса, которые не превышают установленных гигиенических нормативов для рабочих мест, а возможные изменения функционального состояния организма восстанавливаются во время регламентированного отдыха или к началу следующей смены и не должны оказывать неблагоприятного действия в ближайшем и отдаленном периоде на состояние здоровья работающих и их потомство. Допустимые условия труда относят к безопасным.

Вредные условия труда (3 класс) характеризуются наличием вредных производственных факторов, превышающих гигиенические нормативы и оказывающих неблагоприятное воздействие на организм работающего и/или его потомство. По степени превышения гигиенических нормативов и выраженности изменений в организме работающих подразделяются 4 степени вредности:

— 1 степень 3 класса (3.1) – условия труда характеризуются такими отклонениями уровней вредных факторов от гигиенических нормативов, которые вызывают функциональные изменения, восстанавливающиеся, как правило, при более длительном, чем к началу следующей смены) прерывании контакта с вредными факторами и увеличивают риск повреждения здоровья;

— 2 степень 3 класса (3.2) – уровни вредных факторов, вызывающих стойкие функциональные изменения, приводящие в большинстве случаев к увеличению производственно обусловленной заболеваемости (что проявляется повышением уровня заболеваемости с временной утратой трудоспособности и, в первую очередь, теми болезнями, которые отражают состояние наиболее уязвимых органов и систем для данных вредных факторов), появлению начальных признаков или легких (без потери профессиональной трудоспособности) форм профессиональных заболеваний, возникающих после продолжительной экспозиции (часто после 15 лет и более);

— 3 степень 3 класса (3.3.) – условия труда, характеризующиеся такими уровнями вредных факторов, воздействия которых приводит к развитию, как правило, профессиональных болезней легкой и средней степени тяжести (с потерей профессиональной трудоспособности) в периоде трудовой деятельности, росту хронической (производственно-обусловленной) патологии, включая повышенные уровни заболеваемости с временной утратой трудоспособности;

— 4 степень 3 класса (3.4) – условия труда, при которых могут возникать тяжелые формы профессиональных заболеваний (с потерей общей трудоспособности), отмечая значительный рост числа хронических заболеваний и высокие уровни заболеваемости с временной утратой трудоспособности;

Опасные (экстремальные) условия труда (4 класс) характеризуются уровнями производственных факторов, воздействие которых в течение рабочей смены (или ее части) создает угрозу для жизни, высокий риск развития острых профессиональных поражений, в т.ч. и тяжелых форм.

2. Методика расчета

Для определения категории тяжести работ каждый из факторов рабочей среды, реально действующий на человека (см. табл. 1.1.), оценивают по балльной шкале и определяют интегральную балльную оценку тяжести и напряженности труда.

Таблица 1.1. Критерии для балльной оценки факторов рабочей среды.

Фактор рабочей среды	Оценка, баллы					
	1	2	3	4	5	6
Температура воздуха на рабочем месте, °С: теплый период холодный период	18...20 20...22	21...22 17...19	23...28 15...16	29...32 7...14	33...35 Ниже +7	>35 -
Токсичное вещество, кратность превышения ПДК, раз	-	≤ 1	1,0...2,5	2,6...4,0	4,0...6,0	>6
Промышленная пыль, кратность превышения ПДК, раз.	-	≤ 1,0	1...5	6...10	11...30	> 30
Вибрация, превышение ПДУ, дБ	Ниже ПДУ	На уровне ПДУ	1...3	4...6	7...9	> 9
Промышленный шум, превышение ПДУ, дБ	< 1	Равно ПДУ	1...5	6...10	> 10	> 10 с вибрацией
Ультразвук, превышение ПДУ, дБ	< 1	Равно ПДУ	1...5	6...10	11...20	> 20
Интенсивность теплового излучения Вт/м ²	≤ 140	141...1000	1001-1500	1501-2000	2001...2500	>2500
Освещенность рабочего места, лк: Мин. объект различ., мм	> 1	1,0...0,3	< 0,3	> 0,5	< 0,5	-
Физическая динамическая нагрузка, Дж: Общая x10 ⁵ Региональная x10 ⁵	4,2 2,1	4,3...8,3 2,2...4,2	8,4...12 4,3...6,2	13...17 6,3...8,3	18...20 8,4...10	> 20

Физическая статическая нагрузка, Н · с: На одну руку $\times 10^4$ На две руки $\times 10^4$ На мышцы корпуса $\times 10^4$	< 18 < 43 < 61	18...36 43...86 61...123	37...70 87...144 124...210	71...97 145...220 211...300	> 97 > 220 > 300	- - -
Рабочее место (РМ), поза и перемещение в пространстве	РМ стационарное, поза свободная, масса перемещаемого груза до	РМ стационарное, поза свободная, масса перемещаемого груза	РМ стационарное, поза несвободная, до 25% времени – в	РМ стационарное, поза вынужденная, – свыше 50%	РМ стационарное, поза вынужденная, неудобная – свыше	РМ стационарное, поза вынужденная, наклоны
Сменность	Утренняя смена	Две смены	Три смены	Нерегулярн. смены	-	-
Продолжительность непрерывной работы в течение суток, ч	-	< 8	< 12	> 12	-	-
Длительность сосредоточенного наблюдения, % от продолжительности рабочей смены	< 25	25...50	51...75	76...90	> 90	-
Число важных объектов наблюдения	< 5	5...10	11...25	> 25	-	-
Темп (число движений в час): Мелких (кисти) Крупных (руки)	< 360 < 250	361...720 251...500	721...1080 501...750	1081...3000 751...1600	> 3000 > 1600	- -
Число сигналов в час	< 75	76...175	176...300	> 300	-	-
Монотонность: Число приемов в операции Длительность	> 10 > 100	6...10 31...100	3...5 20...30	3...5 10...19	2...1 5...9	2...1 1...4
Режим труда и отдыха	Обоснованный, с включением музыки и гимнастики	Обоснованный без включения музыки и	Отсутствует обоснованный режим труда и	-	-	-

Нервно-эмоциональная нагрузка	Простые действия по индивидуальному плану	Простые действия по заданному плану	Сложные действия по заданному плану с возможно	Сложные действия по заданному плану при	Ответстве н. за безопасность людей. Личный	-

Интегральная балльная оценка тяжести и напряженности труда

$$T = x_{\max} + [(6 - x_{\max}) \sum_{i=1}^n x_i] / [6(N - 1)], \quad (1.1.)$$

где $x_{\max}$ – наивысшая из полученных частных балльных оценок; N – общее число факторов; x_i – балльная оценка по i – му из учитываемых факторов (частная балльная оценка); n – число учитываемых факторов без учета одного фактора $x_{\max}$.

Данная формула справедлива, если каждый из учитываемых факторов действует в течение всего рабочего дня, т.е. 8 ч (480 мин). Если какой-либо из факторов действует менее 8 ч, то его фактическая оценка

$$x_{\phi i} = x_i t_{\text{уд}i} = x_i (t_i / 480), \quad (1.2.)$$

где $t_{\text{уд}i}$ – удельный вес времени действия i -го фактора в общей продолжительности рабочего дня; t – продолжительность действия фактора, мин.

Таким образом, если по варианту работ окажется, что какой-то фактор действует меньше 480 мин, то в формулу (1.1.) в качестве значения x по данному фактору следует подставлять значение x_{ϕ} , определяемое по формуле (1.2.).

Для удобства выполнения задания все промежуточные расчеты следует заносить в табл. 1.2. в следующей последовательности (по каждой строке):

- записать фактор среды из варианта (графа 1);
- обозначить этот фактор как X_i (графа 2);
- выписать значение фактора из варианта (графа 3);
- определить, используя данные табл. 1.1, величину фактора X_i в баллах и занести результат в графу 4.
- Исходные данные из варианта (табл. 1.3), данные X_i в баллах (из табл. 1.1.) и результаты оценки удельной тяжести фактора рабочей среды, $X_{\phi i}$ сводят в таблицу 1.2.

Таблица 1.2. Расчет интегральной балльной оценки тяжести труда.

Фактор рабочей среды и условия труда (см. табл. 1.3.)	Показатель	Значение показателя (см. табл. 1.3.)	Балльная оценка фактора (см. табл. 1.1.)	Продолжительность действия фактора t_p , мин	Удельный вес времени действия фактора $t_{\text{уд}i}$ (см. формулу 1.2.)	Оценка удельной тяжести фактора рабочей среды X_{ϕ}
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
	X_i					
	...					
	X_n					

После расчета интегральной балльной оценки по формуле (1.1) определяют категорию тяжести и напряженности выполняемой работы.

Интегральная оценка, баллы	Категория тяжести
До 1,8	1
1,8...3,3	2
3,4...4,5	3
4,6...5,3	4
5,4...5,9	5
более 5,9	6

Если на рабочем месте фактические значения уровня вредных факторов находятся в пределах оптимальных или допустимых величин, условия труда на этом рабочем месте отвечают гигиеническим требованиям и относятся соответственно к 1 или 2 классу. Если уровень хотя бы одного фактора превышает допустимую величину, то условия труда на таком рабочем месте, в зависимости от величины превышения и в соответствии с настоящими гигиеническими критериями, как по отдельному фактору, так и при их сочетании могут быть отнесены к 1- 4 степеням 3 класса вредных или классу опасных условий труда.

Для установления класса условий труда превышение ПДК, ПДУ могут быть зарегистрированы в течение одной смены, если она типична для данного технологического процесса. При эпизодическом (в течение недели, месяца) воздействии на работника вредного фактора (типичным для данного технологического процесса, либо не типичном и не соответствующим функциональным обязанностям работника) его учет и оценка условий труда проводятся по согласованию с территориальным центром Госсанэпиднадзора.

Оценка условий труда с учетом комбинированного и сочетанного действия производственных факторов проводится на основании результатов измерений. Оцениваются условия труда для отдельных факторов. Результаты оценки вредных факторов производственной среды и трудового процесса вносят в таблицу для общей оценки условий труда по степени вредности и опасности. Затем устанавливается оценка вредных факторов:

- по наиболее высокому классу и степени вредности;
- в случае сочетанного действия 3 и более факторов, относящихся к классу 3.1, общая оценка условий труда соответствует классу 3.2;
- при сочетании 2-х и более факторов 3.2, 3.3, 3.4 – условия труда оцениваются соответственно на одну степень выше.

При работе источниками ионизирующих излучений проводят контроль и оценку параметров радиационного факторов в соответствии с «нормами радиационной опасности» НРБ – 96г. при соблюдении предела годовой дозы и других контролируемых параметров условия труда на данном рабочем месте оценивают как допустимые. При превышении оценка вредности и опасности по этому фактору (впредь до выхода специального документа) осуществляется организациями Госсанэпиднадзора.

Работа в условиях гигиенических нормативов должна осуществляться с использованием СИЗ при административном контроле за их применением (включение в технологический регламент, правила внутреннего распорядка с мерами поощрения за их использование и/или административными мерами наказания нарушителей). Использование эффективных (имеющих сертификат соответствия) СИЗ уменьшает уровень профессионального риска повреждения здоровья, но не изменяет класс условий труда работника.

На основании расчетов интегральной балльной оценки и коллективного договора, заключенного с администрацией, работнику дифференцируют заработную плату, т.е. устанавливают надбавку, назначают дополнительный отпуск или сокращенный рабочий день, дополнительное профилактическое питание и т.п.

2.2 Лабораторная работа № ЛР-2 (2 часа).

Тема: «Исследование микроклимата в производственных помещениях»

2.2.1 Цель работы: изучить влияние метеорологических условий на организм человека и усвоить методику их определения.

2.2.2 Задачи работы:

1. Определить параметры микроклимата на рабочем месте производственного помещения, лаборатории и т.д., сравнить их с данными Санитарных норм СН 245-71 и ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ». Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны, сделать вывод и дать рекомендацию

2.2.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Анемометр чашечный и крыльчатый.
2. Психрометры Августа и Ассмана.
3. Барометр-анероид.
4. Кататермометр.

2.1.4 Описание (ход) работы:

1. Общие сведения

Параметры микроклимата в рабочих помещениях согласно ныне действующим Санитарным нормам проектирования промышленных предприятий СН 245-71 и ГОСТ 12.1.005-88 при различных работах должны соответствовать определенным нормам. Однако в зависимости от ряда факторов (времени года, типа здания, рода производства, вида используемого оборудования и др.) фактические метеорологические условия могут значительно отличаться от требуемых. Это обстоятельство вызывает необходимость периодического исследования метеорологических условий в рабочих помещениях с целью их приведения к нормативным значениям, что достигается использованием комплекса специальных приборов.

Данные методические указания помогут специалистам сельскохозяйственного производства в их практической работе при решении различных задач по охране труда.

Метеорологические условия – это физическое состояние воздушной среды, которое определяется действующим на организм человека сочетанием температуры, влажности, скорости движения воздуха, атмосферного давления и излучений нагретыми поверхностями (лучистого тепла).

Оптимальными микроклиматическими условиями являются такие сочетания количественных показателей микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают сохранение нормального функционального и теплового состояния организма без напряжения механизмов терморегуляции. Они обеспечивают ощущение теплового комфорта и создают предпосылки для высокого уровня работоспособности.

Рабочей зоной следует считать пространство высотой до 2м над уровнем пола или площадки, на которых находятся рабочие места.

Постоянным рабочим местом считается место, на котором работающий находится большую часть (более 50% или более 2 ч непрерывно) своего рабочего времени. Если при этом обслуживание производства осуществляется в различных пунктах рабочей зоны, то постоянным рабочим местом считается вся рабочая зона.

Микроклимат в производственных помещениях зависит от колебаний внешних условий, времени дня и года, хода производственных процессов, условий воздухообмена и др. факторов.

Возможность организма приспосабливаться к метеоусловиям велика, но не безгранична.

Высокая температура на рабочем месте в сочетании с высокой влажностью или, наоборот, при чрезмерной сухости воздуха, способствует перегреванию организма и вызывает нарушение терморегуляции (нормального течения физических процессов) между организмом человека и внешней средой. При этом у человека могут возникать болезненные явления: головокружение, тошнота, потеря сознания.

При низких температурах повышенная влажность вызывает переохлаждение организма, что способствует возникновению ревматизма, гриппа и болезней верхних дыхательных путей.

Высокие скорости движения воздуха на рабочих местах (сквозняки) также приводят к простудным заболеваниям.

Величины оптимальных и допустимых значений температур, влажности и скорости воздуха в рабочей зоне производственных помещений определяются Санитарными нормами проектирования промышленных предприятий СН 245-71 и по ГОСТ 12.1.005-88 (см. приложения).

2. Методика определения параметров микроклимата

2.1. Температура окружающей среды

Одним из показателей метеорологических условий является температура воздуха. Измеряют ее ртутными или спиртовыми термометрами, подвешиваемыми на 8-10 мин. в проверяемой зоне. Для изучения динамики температуры воздуха могут быть использованы самопишущие термографы (суточные или недельные) типа М-16. Приемной частью термографов является изогнутая биметаллическая пластина, связанная при помощи рычага и стрелки с пером. Запись температуры производится на ленте, опоясывающей барабан, который приводится в движение часовым механизмом с суточным или недельным заводом.

Производственное оборудование может выделять до 60% тепла путем излучения. Лучистая энергия, попадая на человека, воздействует на незащищенные части тела (таблица 2.1). При интенсивности облучения свыше 0,7 кДж/м²с происходит резкое нарушение теплового баланса в организме – перегрев. Измерить температуру в помещении с тепловым излучением, например, в зоне нагревательной печи (литейный цех, кузнечный цех и т.д.) обычным ртутным термометром нельзя.

Таблица 1 - Влияние лучистой тепловой энергии на человека.

Напряжение лучистой энергии, кал/см ² мин.	0,4...0,8	0,8...1,5	1,5...2,5	2,5...3
Переносимо при непрерывном воздействии	Долго	3...5 мин.	40...50 сек	20...30 сек

Количество лучистой тепловой энергии измеряют прибором – актинометром.

Приемником теплового излучения актинометра Носкова служат блестящие и зачерненные алюминиевые пластины, уложенные в шахматном порядке. К пластинам присоединена батарея из термопар. Электродвижущая сила, возникающая под воздействием лучистой тепловой энергии, передается на гальванометр, шкала которого отградуирована в кал/см² мин.

2.2. Давление воздуха окружающей среды

Для определения атмосферного давления могут быть использованы ртутные барометры, барометры-анероиды разных моделей и барографы.

Ртутные барометры наиболее точны, но они чувствительны к тепловому воздействию и поэтому не должны подвергаться тепловому (инфракрасному) облучению, а также контактировать с предметами, температура которых отличается от температуры окружающей среды.

Ввиду изложенного, чаще применяются барометры-анероиды. Простейший из них имеет металлическую анероидную коробку, деформирующуюся с изменением атмосферного давления. Её деформация с помощью передаточного механизма приводит в движение стрелку, перемещающуюся на неподвижном циферблате со шкалой, градуированной в мм рт. ст. и Па.

Принцип работы барографа также, основан на свойстве анероидных коробок деформироваться с изменением атмосферного давления. Суммарная деформация их через передаточную систему передаётся стрелке о пером, записывающим изменения атмосферного давления на диаграммной ленте, укрепленной на барабане. Вращение барабана осуществляется часовым механизмом с суточным или недельным заводом.

2.3. Влажность воздуха

Влажность воздуха измеряется в абсолютных или относительных величинах.

Абсолютная влажность представляет собой фактическое содержание паров воды в граммах в одном кубическом метре воздуха. При одной и той же абсолютной влажности воздух в зависимости от температуры может быть сух или влажен. Поэтому для оценки степени сухости или влажности применяется понятие «относительная влажность».

Относительная влажность φ выражается в процентах и определяется отношением абсолютной влажности воздуха к влажности при максимальном его насыщении при той же температуре, т.е.

$$\varphi = \frac{q_{\phi}}{q_T} \times 100, \quad (1)$$

где q_{ϕ} - фактическое содержание паров воды в воздухе при данной температуре, г/кг;
 q_T - максимально возможное содержание паров воды в воздухе при температуре сухого термометра г/кг (находится по таблице, данной в прилож.2).

Следует отметить, значения максимального содержания паров воды в воздухе в зависимости от температуры, не отраженные в таблице приложения необходимо рассчитать, используя метод интерполяции.

Для этого необходимо определить крайние значения температур, представленных в таблице, между которыми находится фактическая температура окружающей среды на момент эксперимента. Рассчитать разность фактического значения температуры и нижней границы температуры определенной из таблицы.

Взять отношения разностей содержания водяного пара при полном насыщении при максимальной и минимальной границ температур и разности границ температур.

Это значение перемножают с величиной разности фактического значения и нижней границы температур.

Результат расчетов прибавляют к содержанию водяных паров нижней (табличной) границы температур.

ПРИМЕР:

Определить методом интерполяции содержание водяного пара при полном насыщении, при температуре $t=16,4^{\circ}\text{C}$.

Температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$	Содержание водяного пара при полном насыщении, г/кг
15	10,5
20	14,4

1. Рассчитаем разность фактического значения температуры и нижней границы температуры, определенной из таблицы:

$$16,4 - 15 = 1,4^{\circ}\text{C}$$

2. Определить содержание водяного пара при одном градусе температуры

$$\frac{14,4 - 10,5}{20 - 15} = 0,78 \text{ г/кг} \times \text{гр}$$

3. Определить содержание водяного пара при $1,4^\circ\text{C}$:
 $0,78 \times 1,4 = 1,092 \text{ г/кг}$

4. Определить содержание водяного пара при $16,4^\circ\text{C}$:
 $10,5 + 1,092 = 11,592 \text{ г/кг}$

т.е.

$$10,5 + \left(\frac{14,4 - 10,5}{20 - 15} \right) \times 1,4 = 11,592 \text{ г/кг}$$

Для определения относительной влажности применяют гигрометры, гигрографы и психометры. Наиболее распространены стационарные психометры Августа и аспирационные психометры Ассмана. Психометры обоих типов включают два одинаковых термометра. Резервуар одного из них покрыт тканью, смоченной водой (марлей или батистом).

Принцип действия психометра основан на зависимости интенсивности испарения влаги в воздух окружающей среды. Чем суше воздух окружающей среды, тем больше интенсивность испарения. Процесс испарения влаги требует затраты определённого количества тепла. Поэтому температура резервуара термометра, обернутого мокрой тканью, будет тем ниже, чем интенсивнее испарение, т.е. чем суше окружающий воздух. Показания «сухого» и «влажного» термометра соответственно принято называть «температурой сухого» и «температурой влажного» термометров.

Стационарный психометр Августа не даёт точных результатов, так как на показания его термометров влияет скорость воздуха, которая в окружающей среде может быть различной. Кроме того, термометры в психометре Августа не защищены от влияния солнечной радиации.

Динамический аспирационный психометр Ассмана отличается большей степенью точности. Резервуары обоих его термометров для защиты от тепловой радиации помещены в металлические трубки, а воздух обдувает их с постоянной скоростью (2 м/с), что достигается установкой аспирационного вентилятора, который приводится в действие заводным механизмом или электромотором.

Опыты по определению относительной влажности воздуха повторяются не менее трех раз, при этом психометр подвешивается на специальном кронштейне, установленном на исследуемом рабочем месте или укрепленном на стене около него.

Отсчет показаний «сухого» и «влажного» термометров проводится на пятой минуте после пуска вентилятора.

С целью исключения грубой ошибки при определении относительной влажности воздуха необходимо помнить, что при снятии показаний с термометров аспирационного психометра его не следует удерживать руками за металлические трубки, так как тепло рук человека при этом может привести к значительным погрешностям в измерениях.

Определение относительной влажности по показаниям термометров психометра может осуществляться с помощью психометрической таблицы (приложение 3).

Относительная влажность воздуха может быть найдена и расчётным путём. Для этого необходимо сначала расчётом найти абсолютную влажность q_{ϕ} по формуле:

$$q_{\phi} = f - 0,5 (t_{\text{с}} - t_{\text{в}}) \cdot \frac{B}{10^5} \quad (2)$$

где f - максимальное содержание водяных паров при температуре влажного термометра, г/кг (определяется по таблице, приложение 2);

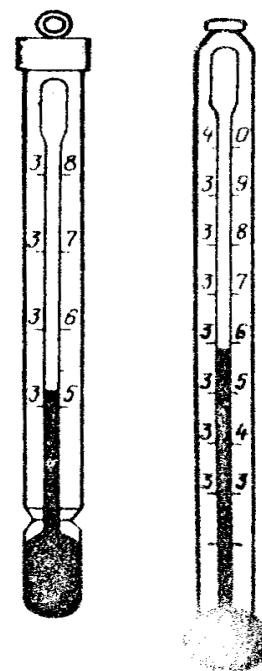


Рис.1 Катотермометры:
 а) цилиндрический;
 б) шаровой.

$t_c; t_b$ - показания сухого и влажного термометров, $^{\circ}\text{C}$;

0,5 - постоянный психрометрический коэффициент;

B - барометрическое давление¹, Па (определяется барометром-анероидом).

После определения расчетного значения q_{ϕ} по формуле (2) и его подстановки в зависимость (1.1) находим относительную влажность воздуха φ .

Для прямого определения относительной влажности применяют гигрометры и гигрографы. Принцип работы этих приборов основан на способности обезжиренного человеческого волоса удлиняться во влажном воздухе и укорачиваться в сухом.

2.4. Скорость движения воздуха

Скорость перемещения воздуха измеряют различными приборами:

- а) при температуре не выше 29°C и малых скоростях – кататермометром (рисунок 1);
- б) при скоростях 0,3...0,5 м/с – крыльчатым анемометром типа АСО-3;
- в) при больших скоростях от 1 до 20 м/с чашечным анемометром типа МС-13;
- д) для измерения усредненного значения скорости ветра в наземных условиях – от 2,0 до 30 м/с применяют ручной индукционный анемометр АРИ-49.

Кататермометр представляет собой спиртовой термометр с цилиндрическим или шаровым резервуаром больше обычного размера и капилляром, расширяющимся в верхней части. Принцип измерения скорости движения воздуха кататермометром основан на зависимости охлаждения спирта в резервуаре от скорости смывания его воздухом.

Перед измерениями кататермометр погружают в воду с температурой $65-75^{\circ}\text{C}$ и выдерживают его в ней до тех пор, пока спирт не заполнит половину верхнего резервуара. Вытерев кататермометр досуха, его подвешивают на штативе так, чтобы он не качался, следят за спадом спиртового столбика в интервале от 38 до 35°C , замеряя это время по секундомеру.

Понижение температуры кататермометра происходит за счет отдачи тепла. Интенсивность охлаждения кататермометра зависит от температуры и скорости движения воздуха в помещении. Для определения последней сначала находят охлаждающую силу воздуха H ($\text{Вт}/\text{м}^2$) по зависимости:

$$H = \frac{\Phi(t_1 - t_2) \times 0.0418}{\tau} 10,$$

где Φ – показатель, определяющий величину теплоотдачи нижним резервуаром кататермометра при его охлаждении на 1°C (является константой данного прибора), $\text{Дж}/\text{см}^2$ $^{\circ}\text{C}$), (указан на тыльной стороне капилляра кататермометра);

$t_1 - t_2$ – начальная и конечная температуры (по показаниям кататермометра), $^{\circ}\text{C}$;

τ – время охлаждения, с.

Скорость движения воздуха находят по таблице (приложение 4).

Крыльчатый анемометр состоит из ветроприемника, представляющего собой легкую алюминиевую или пластмассовую крыльчатку, насаженную на трубчатую ось, конец которой имеет червяк, приводящий через передаточный механизм во вращение стрелки циферблата. Циферблат анемометра имеет для регистрации делений три шкалы (единицы и десятки – на одной, сотни – на второй и тысячи – на третьей). Аналогичным образом устроен и чашечный анемометр.

Перед измерением наблюдатель выключает с помощью арретира передаточный механизм и записывает начальные показания всех стрелок на циферблате (K_1).

При измерениях скоростей движения воздуха прибор вносится в поток таким образом, чтобы ось крыльчатого анемометра располагалась параллельно направлению движению воздуха, ось же чашечного анемометра должна быть перпендикулярна к направлению движения потока.

¹ 1 мм рт.ст. = 133,3 Па

После установки анемометра в воздушном потоке, через 5-10 секунд, когда крыльчатка начнет вращаться с установившейся скоростью, одновременно с секундомером включается и счетный механизм анемометра.

По истечении 30 – 100 с [30] секундомер и анемометр одновременно выключаются и записываются показания всех стрелок после опыта (K_2).

Далее определяется разность между начальными и конечными показаниями. Разделив эту разность на время опыта t (с), находят число делений n , приходящихся на одну секунду, т.е.

$$n = \frac{K_2 - K_1}{t} ,$$

где n в дел/с.

Каждое измерение (отсчёт) производится три раза, а скорость движения воздуха принимается равной средней из скоростей, полученных при замерах.

Искомая скорость движения воздуха находится по графику зависимости числа делений шкалы в секунду от средней скорости воздушного потока (рисунок2).

Скорость движения воздуха в воздуховодах вентиляционных систем удобнее и достовернее измерять при помощи пневмометрических трубок в комплекте с манометрами или микроманометрами по специальной методике .

2.5 Расчет производительности вентиляторов

Назначение вентиляции – поддерживать в производственных помещениях воздушную среду, отвечающую санитарно-гигиеническим нормам .

Нормальные санитарно-гигиенические условия в помещении можно поддерживать удалением из него загрязненного или высоко-нагретого воздуха и заменой его чистым из наружной атмосферы.

Механическая вентиляция может быть общеобменной и местной.

Общеобменной вентиляцией называют такую вентиляцию, при которой обменивается весь воздух в помещении.

Местная вентиляция предназначена для удаления вредного воздуха непосредственно с места его образования.

При общеобменной вентиляции отношение объема засасываемого или удаляемого вентилятором воздуха в течение 1 часа к объему помещения называется кратностью воздухообмена.

Зная установленную для данного производства кратность воздухообмена (таблица 1.2), можно рассчитать необходимую производительность вентилятора. Расчет ведут по формуле:

$$L = k \times V \text{ м}^3/\text{ч},$$

где L – часовая производительность вентилятора, $\text{м}^3/\text{ч}$;

k – кратность воздухообмена, $1/\text{ч}$;

V – объем помещения, м^3 .

Таблица 2 - Значения кратности воздухообмена k для различных производственных помещений

Производственные помещения	Кратность воздухообмена, $1/\text{ч}$
Административно-канторские помещения	1,5
Залы заседаний	3
Курительные комнаты	10
Моторно-ремонтное отделение	2-3
Сварочное отделение	4-6
Кузница	4-6
Столярные мастерские	2

3. Порядок выполнения работы

3.1. Для выполнения данного исследования на рабочем месте производственного помещения, лаборатории и т.д. должно быть следующее оборудование: вентилятор (настольный или оконный), барометр-анероид, психрометр аспирационный (Ассмана), кататермометр (шаровой или цилиндрический), штатив для подвески кататермометра, электроплитка, сосуд с водой (для нагрева кататермометра), анемометр и секундомер;

3.2. Изучив устройство применяемого оборудования, установить его в соответствующих положениях на исследуемом рабочем месте и приступить к выполнению исследования, соблюдая правила предосторожности при работе с электрическими приборами;

3.3. В условиях воздушной среды лаборатории экспериментально определить:
температуру;
атмосферное давление;
относительную влажность (определяется добавочно и расчетным путём);
скорость движения, воздуха (кататермометром V анемометром).

3.4. Составить краткий отчет по выполненному исследованию, вписав все результаты замеров, расчетов и нормативных значений параметров микроклимата в таблицу по форме представленной в таблице 3;

3.5. Сравнить полученные данные с рекомендуемыми по Санитарным нормам СН 245-71 и ГОСТ 12.1.005-88 и дать оценку метеорологическим условиям производственного помещения (лаборатории), т.е. сделать выводы;

3.6. На основании сделанных выводов предложить рекомендации по улучшению микроклимата лаборатории.

Таблица 3 - Результаты исследования метеорологических условий в производственном помещении

Показатели	Численные значения показателей	Единицы измерения
Температура		
а) по сухому термометру		°C
б) по влажному термометру		°C
Относительная влажность		
а) экспериментальная		%
б) расчетная		%
Атмосферное давление		Па
Скорость движения воздуха на рабочем месте (без включения вентилятора)		м/с
а) показания кататермометра		
- начальное		°C
- конечное		°C
б) продолжительность опыта		с
Скорость движения воздуха при работе вентилятора		м/с
а) показания чашечного анемометра		
- до опыта		ед.
- после опыта		ед.
продолжительность опыта		
б) показания крыльчатого анемометра		
до опыта		ед.
- после опыта		ед.
Необходимая производительность вентилятора для общеобменной вентиляции лаборатории		м ³ /ч

2.3 Лабораторная работа № ЛР-3 (2 часа).

Тема: «Исследование естественной освещенности»

2.3.1 Цель работы: Научиться определять состояние освещенности рабочих мест и ее соответствие санитарным нормам.

2.3.2 Задачи работы:

1. Освоить методику измерения освещенности рабочих мест люксметром Ю-116.
2. Освоить метод расчета естественного освещения.
3. Изучить виды и способы формирования искусственного освещения.

2.3.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Люксметр Ю-116.

2.3.4 Описание (ход) работы:

1. Общие сведения

Свет обеспечивает связь организма с внешней средой, обладает высоким биологическим и тонизирующим действием. Свет влияет на физиологические процессы, происходящие в организме человека.

Плохое и неправильно подобранное освещение не только ухудшает условия зрительной работы, угнетает организм отрицательно действуя на нервную систему человека, но и приводит к быстрой утомляемости и снижению работоспособности, может стать причиной несчастного случая или заболевания. Ошибки допущенные при выборе светильников для пожаро- и взрывоопасных помещений, могут привести к пожарам, взрывам, причиняющих производству большой материальный ущерб.

Особенно важно иметь рациональное освещение в тех производственных помещениях или на тех рабочих местах, где трудовая деятельность связана с различением мелких предметов или деталей.

Основными понятиями, характеризующими свет, являются световой поток, сила света, освещенность и яркость.

Световым потоком называют поток лучистой энергии, оцениваемый глазом по световому ощущению.

Единица светового потока является люмен (лм).

Один световой поток еще не может являться исчерпывающей характеристикой источника излучения, поэтому необходимо знать характеристику распределения светового потока в пространстве.

Пространственную плотность светового потока принято называть силой света. Единицей силы света является кандела (кд). Кандела является основной светотехнической единицей, устанавливаемой по специальному эталону.

Освещенность E рабочих поверхностей представляет собой поверхностную плотность светового потока Φ в данной точке и определяется отношением светового потока, падающего на поверхность, к ее площади S :

$$E = \frac{\Phi}{S},$$

где E - освещенность, лк;
 Φ - световой поток, лм;
 S - площадь, м².

Единицей освещенности является люкс (лк). Один люкс равен освещенности поверхности площадью в один м², по которой равномерно распределен световой поток, равный 1 лм.

Следует отметить, что основное значение для зрения имеет не освещенность какой-то поверхности, а световой поток, отраженный от этой поверхности и падающей на зрачок. То есть человек различает окружающие предметы только благодаря тому, что они имеют разную яркость.

Яркостью L называется величина, равная отношению сила света, излучаемого элемента поверхности в данном направлении, к площади проекции этой поверхности на плоскость, перпендикулярную к тому же направлению:

$$L = \frac{I}{S \cdot \cos \alpha},$$

где I - сила света, излучаемая поверхностью в заданном направлении, кд;

S - площадь поверхности, м²;

α - угол к нормали светящейся поверхности.

Многочисленными исследованиями установлено большое влияние освещенности рабочих поверхностей на производительность труда, особенно для технологических процессов с большим объемом зрительных работ. Правильно устроенное освещение должно обеспечивать достаточную освещенность наименьших объектов различения, отсутствие на них теней и бликов в зависимости от характера выполняемой работы.

Гигиенические требования к производственному освещению, основаны на психофизиологических особенностях восприятия света и его влияния на организм человека, и могут быть сведены к следующему:

- спектральный состав света, создаваемый искусственными источниками, должен приближаться к солнечному;
- уровень освещенности должен быть достаточным и соответствовать гигиеническим нормам, учитывающим условия здоровой работы;
- должна быть обеспечена равномерность и устойчивость уровня освещенности в помещении во избежание частой пере адаптации и утомления зрения.

Освещение не должно создавать блеклости, как самих источников, так и других предметов в пределах рабочей зоны.

Производственное освещение и его нормирование

В зависимости от источника света различают естественное, искусственное и совмещенное освещения, нормирование которых осуществляется в соответствии со СНиП 23-05-95. В них установлено оптимальные нормы освещенности для 8 разрядов работ в зависимости от их точности, наименьшего размера объекта различения, контрастности объекта различения с фоном и характеристики фона.

Помещение с постоянным пребыванием людей должны иметь, как правило, естественное освещение.

Естественное освещение выполняется за счет использования лучистой энергии солнца, рассеянной атмосферой небосвода.

Естественный свет наиболее гигиеничен по всем характеристикам за исключением неудовлетворительной равномерности его во времени.

В зависимости от направления, по которому естественный свет проникает внутрь помещения, различают боковое (через окна одностороннее и двустороннее), верхнее (через светопроемы в перекрытии - световые фонари) и комбинированное (верхнее и боковое) освещение.

Верхнее и комбинированное естественное освещение имеет то преимущество, что обеспечивает более равномерное освещение помещений. Боковое же освещение создает значительную неравномерность в освещении участков, расположенных вблизи окон и вдали от них. Кроме того, в этом случае возможно ухудшение освещения из-за затенения окон громоздким оборудованием.

В связи с неравномерностью естественного света во времени освещенность в помещениях характеризуется не абсолютной величиной (в люксах), а относительным числом, так называемым коэффициентом естественной освещенности (КЕО).

Коэффициент естественной освещенности e представляет собой отношение абсолютной освещенности какой либо точки внутри помещения к одновременной абсолютной освещенности точки горизонтальной поверхности вне помещения и выражается в процентах:

$$e = \frac{E_{вн}}{E_n} * 100\%$$

где $E_{вн}$ - освещенность в исследуемой точке рабочего места (РМ) внутри помещения;
 E_n - освещенность на открытой площадке от рассеянного света всего небосвода.

При верхнем или комбинированном естественном освещении нормируется среднее значение КЕС (e_{cp}), определяемое по формуле:

$$e_{cp} = \frac{\frac{e_1}{2} + e_2 + e_3 + \dots + \frac{e_n}{2}}{n - 1}$$

где $e_1; e_2; \dots; e_n$ - значение КЕО в отдельных точках помещения при равных расстояниях между ними;

n – число измерений

Обычно при определении e_{cp} должно быть не менее пяти точек, т.е. должно выполняться условие $n > 5$.

Нормы естественного освещения производственных помещений сводится к нормированию коэффициента освещенности.

Вся территория страны разделена по световому климату на пять зон. Оренбургская область относится к 3 зоне (поясу светового климата).

Нормированное значение КЕО (e) зависит от характера зрительной работы, наименьшего размера объекта различения, разряда зрительной работы, вида освещения (естественное или совмещенное), устойчивости снежного покрова и пояса светового климата, где расположено здание на территории Р.Ф. (рисунок 1).

Установленные нормы приведены в СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение», представлены в таблице 1 методического указания.

2. Расчет естественного освещения

Расчет естественного освещения сводится к нахождению площади световых проемов зависящих от глубины помещения, расстояния от пола до подоконников, ширины простенков, степенью затемнения помещений соседними зданиями, сооружениями и т. д. Загрязненность стекол окон и световых фонарей влияет на освещенность помещения.

Площадь световых проемов S_p при боковом освещении определяют по формуле:

$$S = S_n * \frac{e_e}{100} * \frac{K_3 * \eta * K_r}{r * \tau_1 * \tau_2 * \tau_3}$$

где S_n - площадь пола помещения;

η - световая характеристика окон (таблица 2);

K_3 – коэффициент запаса (таблица 3);

r – коэффициент, учитывающий повышение освещенности благодаря свету, отраженному от поверхностей помещения и земли, прилегающей к зданию (таблица 4);

τ_1 - коэффициент светопропускания материала (стекло оконное листовое двойное, витринное) = 0,8;

τ_2 - коэффициент, учитывающий потери света в переплетах окна (деревянные двойные раздельные) = 0,65;

τ_3 - коэффициент, учитывающий потери света в солнцезащитных устройствах (шторы) = 1,0;

K_r - коэффициент, учитывающий затенение окон противостоящими зданиями (таблица 3.6);

e_e - нормативное значение КЕО в зависимости от выполняемой зрительной работы (разряд).

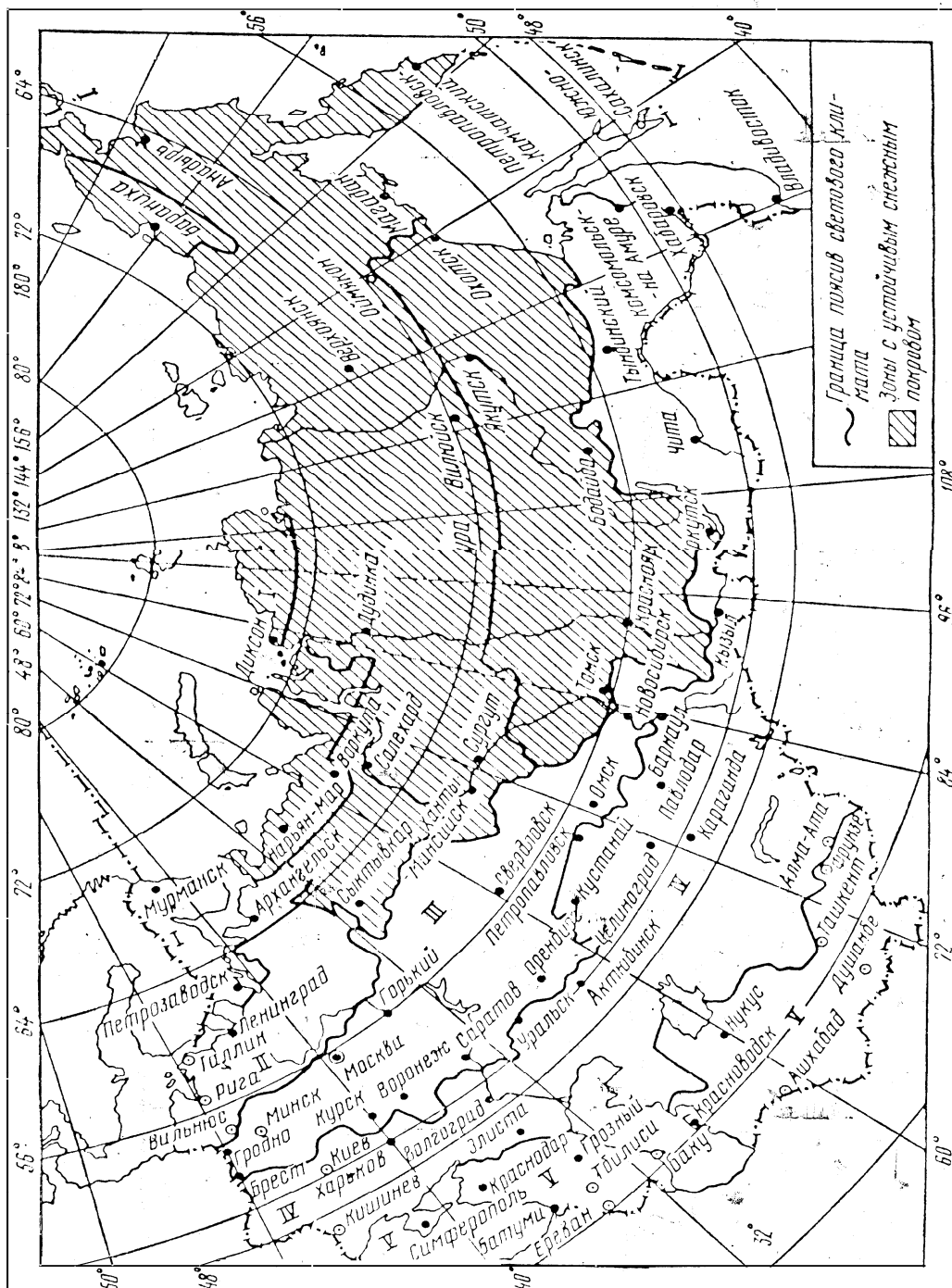


Рисунок 1. Карта светового района

Таблица 1 - Нормированные значения коэффициентов естественной освещенности (КЕО) в помещениях

Характеристика зрительной работы	Наименьший размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	КЕО 1111 пояс, %		
			При вернем или комбинированном освещении	При боковом освещении	
				В зоне с устойчивым снежным покровом	На остальной территории РФ
Наивысшей точности	Менее 0,15	I	10	2,8	3,5
Очень высокой точности	От 0,15 до 0,30	II	7	2	2,5
Высокой точности	Св. 0,30 до 0,50	III	5	1,6	2,0
Средней точности	Св. 0,50 ДО 1,0	IV	4	1,2	1,5
Малой точности	Св. 1,0 ДО 5,0	V	3	0,8	1,0
Грубая (очень малой точности)	Более 5,0	VI	2	0,4	0,5
Работа со светящимися материалами и изделиями в горячих цехах	Более 0,5	VII	3	0,8	1,0
Общее наблюдение за ходом производственного процесса: постоянное			1	0,2	0,3
периодическое при постоянном пребывании людей в помещении		VIII	0,6	0,2	0,2
периодическое при периодическом пребывании людей в помещении			0,5	0,1	0,1

Таблица 2 - Значения световой характеристики окон ⁷

ЛП/В	При боковом освещении для значений В/h1						
	1	1,5	2	3	4	5	7,5
4 и более	6,5	7	7,5	8	9	10	11
3	7,5	8	8,5	9,6	10	11	12,5
2	8,5	9	9,5	10,5	11,5	13	15
1	11	15	16	18	21	23	26,5
0,5	18	23	31	37	45	54	66

Примечание: ЛП- длина помещения; В – глубина помещения (расстояние от бокового оконного проема до противоположной стены);
h1 – высота помещения от уровня условной рабочей поверхности до верха окна.

Таблица 3 - Значение коэффициента запаса Кз при боковом освещении

Помещения	Кз	Число чистокочков в год
Производственные с воздушной средой, содержащей в рабочей зоне свыше 5 мг/м ³ пыли, дыма, копоти	1,5	4
То же, но от 1 до 5 мг/м ³ пыли	1,4	3
То же, но менее 1 мг/м ³ пыли	1,3	2
То же, но содержащей значительные концентрации паров, кислот, щелочей	1,5	3
Жилые и общественные	1,2	2

Примечание: значения Кз следует умножать на 1,1 при применении узорчатого стекла, стеклопластика, армопленки, матированного стекла и на 0,9 - при применении органического стекла.

Таблица 4 - Значение коэффициента при боковом одностороннем освещении г

Таблица 1. Значение коэффициента при боковом одностороннем освещении γ										
В/Н1	L/ В	Значение коэффициента γ при Qср								
		0,5			0,4			0,3		
		и при отношении L_p / B								
		0,5	1	2 и более	0,5	1	2 и более	0,5	1	2 и более
	0,1	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1	1,05	1	1
1,0...1,5	0,5	1,4	1,3	1,2	1,2	1,5	1,1	1,2	1,1	1,1
	1	2,1	1,9	1,5	1,8	1,6	1,3	1,4	1,3	1,2
	0,3	1,3	1,2	1,1	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,05
1,5...2,5	0,5	1,85	1,6	1,3	1,5	1,35	1,2	1,3	1,2	1,1
	0,7	2,25	2	1,7	1,7	1,6	1,3	1,56	1,35	1,2
	1	3,8	3,3	2,4	2,8	2,4	1,8	2	1,8	1,5
	0,3	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,1	1,1	1,1	1,05
2,5...3,5	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	1,7	1,4	1,6	1,5	1,3
	1	7,2	5,4	4,3	3,6	3,1	2,4	2,6	2,2	1,7
	0,3	1,75	1,5	1,3	1,4	1,3	1,2	1,25	1,2	1,1
Более	0,5	3,4	2,9	2,5	2	1,8	1,5	1,7	1,5	1,3
3,5	0,7	6	4,7	3,7	2,9	2,6	2,1	2,3	2	1,7
	1	10	7,3	5,7	5	4,1	3,5	3,5	3	2,5

Примечание: Лп -длина помещения;

В - глубина помещения (расстояние от бокового оконного проема до противоположной стены);

h_i - высота помещения от уровня условной рабочей поверхности до верха окна;

L - расстояние расчетной точки от наружной стены;

Qср - средневзвешенный коэффициент отражения света от поверхностей помещения и земли у здания (таблица 5).

Естественное освещение непостоянно во времени, зависит от времени суток, времени года, состояния атмосферы и других факторов.

При проектировании производственных и бытовых помещений, в месте работы под открытым небом, а также для освещения в ночное время определенных объектов устраивают искусственное освещение.

Таблица 5 - Коэффициент отражения строительных и облицовочных материалов $Q_{ср}$.

Материал	Средневзвешенный коэффициент отражения $Q_{ср}$
Белая фасадная краска, белый мрамор	0,7
Светло-серый бетон, белый силикатный кирпич, очень светлые фасадные краски	0,6
Серый бетон, известняк, желтый песчаник, светло-зеленая, бежевая, светло-серая фасадная краска, светлые породы мрамора	0,5
Серый офактуренный бетон, серая фасадная краска, светлое дерево	0,4
Розовый силикатный кирпич, темно-голубая, темно-бежевая, светло-коричневая фасадная краска, потемневшее дерево	0,3
Темно-серый мрамор, гранит, темно-коричневая, синяя, темно-зеленая, красная фасадная краска	0,2
Черный гранит, мрамор	0,1

Таблица 6 - Значение коэффициента K_{τ} , учитывающего затенение окон противостоящими зданиями.

Величина отношения L/H	K_{τ}
0,5	1,7
1,0	1,4
1,5	1,2
2,0	1,1
3,0 и более	1,0

Примечание: L- расстояние до противостоящего здания, м;

H - высота расположения карниза противостоящего здания над подоконником проектируемого светового проема, м.

3. Искусственное освещение

Искусственное освещение дополняет, а в вечернее и ночное время заменяет естественное освещение. Источниками света при искусственном освещении являются электрические лампы накаливания или люминесцентные лампы.

В зависимости от характера расположения ламп по площади помещения искусственное освещение может быть общим, местным и комбинированным, а в зависимости от назначения может быть:

- рабочее - для выполнения работы в обычных условиях;
- аварийное - для временного выполнения работы или эвакуации людей при отключении рабочего освещения;
- дежурное - освещение в не рабочее время;
- эвакуационное - предназначенное для эвакуации людей из помещения при аварийном отключении рабочего освещения.

Общее освещение должно создавать относительно равномерную освещенность по всей площади освещения, что достигается соответствующим расположением ламп.

Местное освещение должно обеспечивать необходимую освещенность на отдельных рабочих местах, при этом лампы располагаются непосредственно на рабочих местах.

В производственных условиях недопустимо выполнять только местное освещение рабочих мест, по этому оно комбинируется с общим освещением.

Источником искусственного света служат лампы накаливания и газоразрядные (дневного света) лампы.

Лампы накаливания выпускаются напряжением 127 и 220 В, мощностью от 15 до 1500 Вт. Срок службы этих ламп составляет до 1000 ч, а световая отдача - от 7 до 20 лм/Вт.

Видимые излучения ламп накаливания в желтой и красной частях спектра вызывают искажение цветопередачи, затрудняют различение оттенков цветов и делают невозможным выполнение некоторых работ. При формировании освещения лампы накаливания теряют часть полезной энергии на нагрев тела накала (спирали).

Газоразрядные лампы имеют световые характеристики, полнее отвечающие гигиеническим требованиям (по спектру), Срок службы достигает 14000 ч, а световая отдача - 100 лм/Вт, при этом можно получить световой поток в любой части спектра путем подбора инертных газов и паров металлов, в атмосфере которых происходит разряд.

Световой поток люминесцентных ламп колеблется с частотой, равно частоте колебания электрического тока (50 Гц.).

Пульсация светового потока свойственна любому источнику излучения, питаемому от сети переменного тока. Однако у источников, основанных на тепловом излучении, оно практически не ощутимо благодаря большой тепловой инерции тела накала. Газоразрядные источники излучения, в которых не используется свечение люминофора, без инерционности - то есть мгновенное значение светового потока пропорционально изменяющемуся во времени разрядного тока. У ламп типа ЛБ коэффициент пульсации светового потока составляет 35%, а у ламп ДЛ-65%, тогда как у ламп накаливания - до 15%.

Излучение люминесцентных ламп обладает некоторой инерционностью за счет явления «послесвечения» люминофора, которое выражается в том, что световой поток при переходе мгновенного значения тока через нулевое значение уменьшается не до нуля (рисунок 2).

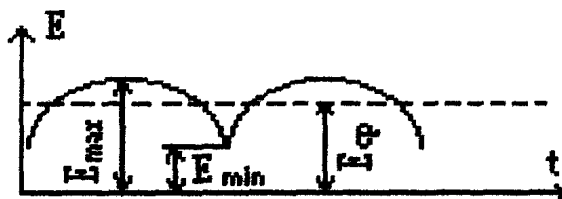


Рисунок 2 - К оценке пульсации светового потока люминесцентной лампы: E - освещенность; t - время.

Явление «послесвечения» проявляется в различной степени от состава люминофора. При этом коэффициент пульсации освещенности K_n , % - критерий оценки относительной глубины колебаний освещенности в результате изменения во времени светового потока газоразрядных ламп при питании их переменным током, может быть представлен зависимостью:

$$K_n = \frac{E_{max} - E_{min}}{2 * E_{cp}} * 100$$

где E_{max} , E_{min} - соответственно максимальное и минимальное значения освещенности за период колебания, лк;

E_{cp} - среднее значение освещенности за этот же период, лк.

Пульсация светового потока отрицательно влияет на органы зрения, снижает работоспособность.

Особо необходимо подчеркнуть, что при формировании освещенности люминесцентными лампами, обуславливающими периодическую пульсацию светового потока, объектов совершающих вращательные или колебательные движения с частотой, равной или кратной частоте пульсации светового потока создается иллюзия неподвижности объекта. Такое явление, выражающееся в искажении зрительного восприятия движущихся предметов, называют явлением стробоскопического эффекта. Поэтому, при люминесцентном

освещении производственных и других помещений, особенно когда в поле зрения людей находятся движущиеся предметы, необходимо принять меры, направленные на устранение указанного эффекта. Для этой цели применяются специальные схемы включения люминесцентных ламп, позволяющие сдвинуть во времени пульсации световых потоков двух или трех ламп, освещающих одно рабочее место, так, чтобы суммарный их поток имел значительно меньшую глубину пульсации.

Двух- или трехламповые схемы включения люминесцентных ламп позволяют существенно уменьшить глубину пульсации суммарного светового потока.

Следует заметить, что глубина пульсации светового потока люминесцентных ламп может быть уменьшена и путем применения специальных пускорегулирующих аппаратов или электротока повышенной частоты.

Кроме пульсации светового потока, к недостаткам газоразрядных ламп можно отнести слепящее действие, сложность схемы включения, шум дросселей, зависимость от температуры внешней среды, чувствительность к снижению напряжения питающей сети.

«Сумеречный эффект» этих ламп является одной из причин повышения норм освещенности.

Устройство и принцип использования люксметра Ю-116

Освещенность производственных помещений и рабочих мест измеряется при помощи люкметров (субъективного и объективного)

Действие субъективных люкметров основано на том, что сравнивается яркость двух полей: эталонного и измеряемого. Эти люкметры не точны и зависят от контрастности и чувствительности глаза испытателя.

Объективные люкметры точные и основаны на применении фотоэлементов. Применяют люкметры типа Ю-16, Ю-116, Ю-117, ТКА-ЛЮКС и т.п. .

Фотоэлектрический люксметр типа Ю-116 (рисунок 3) предназначен для измерения освещенности от 5 до 100000 лк.

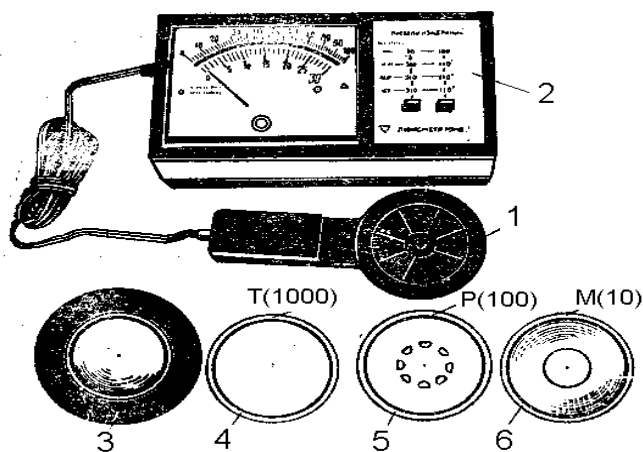


Рисунок 3 - Люксметр Ю-116: 1- фотоэлемент с поглотителем из выпуклого матового оргстекла; 2- гальванометр; 3- светопоглощающие фильтры.

Принцип действия люксметра основан на преобразовании светового потока в электрический ток. Воспринимающая часть селеновый фотоэлектрический элемент. На фотоэлемент могут устанавливаться светопоглощающие фильтры (с коэффициентом 10, 100, 1000), позволяющие расширить пределы измерения люксметра.

Фотоэлемент соединяется с гальванометром, шкала которого отградуирована в люксах. Измерение освещенности могут быть выполнены в двух диапазонах; по верхней шкале - от 0 до 100, по нижней от 0 до 30 лк.

При измерениях освещенности на интересующей поверхности рабочего места, фотоэлемент и гальванометр устанавливается горизонтально. Нужный диапазон измерения

устанавливается кнопочным переключателем. Для малых уровней освещенности светофильтры не используются.

Наибольшую погрешность измерений прибор дает при малых отклонениях стрелки гальванометра. Поэтому, на каждый шкале точкой обозначено допустимое начало измерения. На шкале 0...100 эта точка находится над отметкой 20 лк, а на шкале 0...30 лк - над отметкой 5 лк.

Перед измерением освещенности, с целью предохранения гальванометра от поломки, которая может произойти при резком зашкаливании его стрелки необходимо установить на фотоэлемент поглотительную насадку с коэффициентом светопоглощения 1000, установить выпуклый малый поглотитель (полусферическую насадку), нажать правую клавишу прибора для работы по шкале от 0 до 100 лк. При наличии показаний менее 20 лк нажимают левую клавишу для работы по шкале от 0 до 30 лк, при наличии показаний менее 5 лк на нижней шкале - отключают прибор и меняют поглотительную насадку на насадку имеющую меньший коэффициент светопоглощения и повторяют операции работы, начиная со шкалы 0...100 лк.

Надо помнить, что полусферическая насадка применяется только совместно со светопоглотительными фильтрами на 1000, 100 и 10.

Показания прибора при использовании насадок умножают на соответствующий коэффициент ослабления.

4. Порядок выполнения работы

4.1. Перед проведением исследования естественного освещения необходимо выключить в лаборатории искусственное освещение, измерить естественную освещенность и определить коэффициент естественной освещенности в пяти точках лаборатории по ее оси.

Первое измерение провести на расстоянии 1 м от стены, следующие - на расстоянии 1 - 2 м друг от друга. Освещенность определяется на высоте рабочих столов (0,8 м от пола).

Для определения КЕО в любой точке лаборатории необходимо одновременно измерить освещенности на улице (Енар) и в исследуемой точке внутри лаборатории (Евн). Занести в таблицу 7. Руководствуясь нормами СНиП 23 - 05 - 95 определить для выполняемого Вами вида работ наименьший размер объекта различения, разряд зрительной работы и соответствие определенного значения e_{min} нормируемому значению.

4.2. Рассчитать необходимую площадь световых проемов лаборатории при одностороннем боковом освещении (исходные данные согласовать с преподавателем).

4.3. Результаты оформить в таблицу, сделать выводы и дать рекомендации по результатам проводимых исследований.

Таблица 7 - Результаты исследования естественной освещенности

№ п/п	Расстояние от окна, м	Евн, лк	Енар, лк	КЕО	Нормируемое значение КЕО	Допустимый разряд работы

2.4 Лабораторная работа № ЛР-4 (2 часа).

Тема: «Исследование производственного шума и эффективности борьбы с ним»

2.4.1 Цель работы: изучить производственный шум и его влияние на организм человека.

2.4.2 Задачи работы:

1. Научиться измерять интенсивность и частотный спектр шума для критической оценки его при решении практических задач по защите человека от воздействия шума;

2. Освоить гигиеническое нормирование, сделать соответствующие выводы и предложить рекомендации по борьбе с шумом.

2.4.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Справочные материалы.

2. Прибор ВШВ-003.

2.4.4 Описание (ход) работы:

1. Общие сведения.

Производства, где используются технические средства с повышенными энергетическими и скоростными показателями, машины вибрационного и виброударного действия, концентрация техники, средств наземного и воздушного сообщения, увеличение плотности населения и т. п. постоянно повышают шумовые нагрузки на человека

Неблагоприятное воздействие шума на человека, его работоспособность происходит даже при небольшой его интенсивности. Поэтому возникла необходимость его серьезного исследования инженерами, физиками, медиками, психологами и юристами. Согласно ГОСТ 12.1.003-83 (8) на всех предприятиях и учреждениях постоянно должен обеспечиваться контроль уровней шума на рабочих местах, чтобы исключить их превышения над допустимыми.

Настоящие методические указания помогут специалистам сельскохозяйственного производства получить основные сведения о шуме и мерах защиты от него.

Действие шума на организм человека.

Шум - это беспорядочное сочетание различной частоты и интенсивности звуков, неблагоприятно действующих на человека и мешающих его деятельности.

Длительное воздействие шума на организм человека приводит к головной боли, бессоннице, ослаблению внимания, расстройству центральной нервной и сердечно - сосудистой систем, снижению функций зрительных и слуховых анализаторов, пищеварения и т. п..

Шум, особенно прерывистый, импульсивный, ухудшает точность выполнения рабочих операций, затрудняет прием и восприятие информации, мышление.

Повышенный уровень шума, кроме того, приводит к утомлению и снижению работоспособности, а заглушенные предупредительные сигналы, могут явиться косвенной причиной несчастного случая. Все это наносит громадный ущерб производству.

Поэтому снижение уровня шума, путем осуществления надежных защитных мероприятий - очень важная задача.

Общие сведения о шуме.

С физической точки зрения звук представляет собой волнообразно распределяющиеся колебательное движение частиц упругой среды.

С физиологической точки зрения звук - специфическое ощущение, вызываемое действием звуковой энергии на слуховые органы.

Слуховой аппарат человеческого организма воспринимает звук как слышимый, если он распространяется с частотой от 16 до 20000 Гц;

наиболее чувствительно ухо человека к колебаниям в области средних частот: от 1000 до 4000 Гц. Звуки частот ниже 16 Гц. называются инфразвуками, а выше 20000 Гц. - ультразвуками. Инфразвуки и ультразвуки также могут оказывать воздействие на организм человека, но слуховым ощущением они не сопровождаются.

Субъективное отношение человека к звуковому явлению и его вредное влияние на здоровье зависят от силы звука, длительности его действия, спектра частот, времени возникновения и др. факторов (физическое и психическое состояние человека, его отношение к источнику звука и т. д.).

Органы слуха человека воспринимают диапазон звуковых колебаний только при определенных значениях их интенсивности. Минимальное и максимальное значения интенсивности колебаний, воспринимаемых человеком как звук, называются пороговыми. В частности, интенсивность звука, соответствующая нижнему порогу слышимости при частоте колебаний 1000 Гц, равна 10^{-12} Вт/м², а верхнему - 10 Вт/м². При интенсивности звука больше верхнего порогового значения в органах слуха человека вместо звукового возникает болевое ощущение.

В качестве единицы измерения силы звука принят "бел" (Б). Один бел соответствует увеличению энергии звука в 10 раз. Один бел равен десяти децибелам (дБ) и, следовательно, одному децибелу соответствует увеличение звуковой энергии в $10^{\sqrt{10}} = 1,26$ раза.

Для интервала от порога слышимости до порога болевого ощущения уровень интенсивности звука больше первоначального в 10^{13} раз, т.е. на 13 Б или на 130 дБ.

В зависимости от причин возникновения шумов делятся на механические, ударные, аэродинамические и гидравлические; каждому виду шума соответствуют определенные спектры частот.

По характеру спектра шумов подразделяют на широкополосные, непрерывный спектр которых шире одной октавы, и тональные, когда в его спектре слышны дискретные (разделенные) тона.

По временным характеристикам шумов подразделяют на постоянные и непостоянные; если уровень их звука за восьмичасовой рабочий день (при измерениях на временной характеристике "медленно" шумомера по ГОСТ 17187- 71) изменяется не более чем на 5 дБА, шум считают постоянным, при изменениях не менее чем на 5 дБА непостоянным.

Непостоянные шумов могут быть: колеблющимися во времени (уровень звука которых непрерывно изменяется во времени), прерывистыми (когда его уровень превышает фоновый шум 1 с и более) и импульсными (состоящими из одного или нескольких звуковых сигналов каждый длительностью менее 1с).

Постоянный шум характеризуется уровнями звуковых давлений в дБ (в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц), определяемыми по формуле:

$$L=201\lg P/P_0,$$

где P - среднеквадратичная величина звукового давления, Па;

$P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ - пороговая величина среднеквадратичного звукового давления. Па;

Примечание: Для ориентировочной оценки (например, при проверке органами надзора, выявлении необходимости принятия мер по шумопоглощению др.) допускается за характеристику постоянного шума на рабочем месте принимать уровень звука в дБА, измеряемый по шкале "А" шумомера по ГОСТ 17187 - 71 и определяемый по формуле:

$$L_a=201\lg P_a/P_0,$$

где P_a - среднеквадратичная величина звукового давления с учетом коррекции "А" шумомера. Па;

Непостоянный шум характеризуется эквивалентными (по энергии) уровнями звука в дБА, определяемыми по ГОСТ 200445-75.

Допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука в дБА на рабочих местах определяется:

для широкополосного шума - по табл. 6.1. Допустимые уровни звукового давления (извлечение из ГОСТ 12.1.003-76).

Для тонального и импульсивного шума, измеренного шумомером на характеристике "медленно", - на 5 дБ меньше значений, указанных в табл.1;

для шума, создаваемого в помещениях установками кондиционирования воздуха, вентиляции и воздушного отопления - на 5 дБ меньше значений, указанных в табл. 6.1, или фактических уровней шума в этих помещениях, если последние не превышают значений табл. 1 (поправку для тонального и импульсного шума в этом случае принимать не следует).

С целью защиты человека от шумовых воздействий, превышающих допустимые, борьба с шумом осуществляется:

Таблица 1 - Допустимые уровни звукового давления(извлечение из ГОСТ 12.1.003 – 76)

Рабочие места	Уровни звукового давления в дБ октавных полосах со среднегеометрическими частотами в Гц								Уровни звука и эквивалентные уровни звука в дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1. Помещения конструкторских бюро, расчетчиков, программистов вычислительных машин, лабораторий для теоретических работ и обработки экспериментальных данных, приема больных в здравпункта	71	61	54	49	45	42	40	38	50
2. Помещения управления, рабочие комнаты	79	70	68	58	55	52	50	49	60
3. Кабины наблюдений и дистанционного управления:									
а) без речевой связи по телефону	94	87	82	78	75	73	71	70	80
б) с речевой связью по телефону	83	74	68	63	60	57	55	54	65
4. Помещения и участки точной сборки, машинописные бюро	83	74	68	63	60	57	55	54	67
5. Помещения лабораторий для проведения экспериментальных работ, помещения для размещения шумных агрегатов вычислительных машин	94	87	82	78	75	73	71	70	80
6. Постоянные рабочие места и рабочие зоны в производственных помещениях и на территории предприятий	99	92	86	83	80	78	76	74	85

7. Рабочие места водителя и обслуживающего персонала	99	92	86	83	80	78	76	74	85

Тракторы, самоходные шасси, самоходные прицепы и навесные сельскохозяйственные машины, строительно-дорожные, землеройно-транспортные, мелиоративные и др. аналогичные виды машин, грузовой автотранспорт.

техническими средствами (уменьшение шума в источнике его возникновения, заменой шумных процессов бесшумными, устранением вибрации машин, применением звукопоглощающих материалов и др.);

строительно-акустическими мероприятиями (устройством резонансных поглотителей или экранов, применением демпферов, глушителей, фильтров и т.п.);

применением дистанционного управления;

организационными мероприятиями.

Если же уровень шума после применения всех способов защиты остается выше допустимого, то применяют индивидуальные средства защиты.

Изучить защитные средства от шума и ознакомиться с шумопоглощающими устройствами можно в литературе и др.

Зоны с уровнем звука выше 85 дБА должны быть обозначены знаками безопасности. Работающих в этих зонах администрация обязана снабжать средствами индивидуальной защиты.

Запрещается даже кратковременное пребывание в зонах с уровнями звукового давления выше 135 дБ в любой октавной полосе.

Для измерения и анализа шума применяют шумомеры, анализаторы спектра шума, магнитофоны, осциллографы и др. приборы. Вид, тип и число приборов в измерительном тракте определяются экспериментаторами в зависимости от поставленной цели исследования, условий проведения измерений и способа их регистрации.

Существует два метода измерения шума: инспекторский и инженерный. Инспекторский - служит для замера уровней производственных, транспортных и бытовых шумов и их приведения в соответствие с требованиями системы стандартов безопасности труда. Инженерный метод направлен на исследование источников шума, анализ причин его возникновения и разработку средств шумопоглощения.

Измерение шума на рабочих местах следует проводить:

в производственных помещениях - ГОСТ 20445-75;

для сельскохозяйственных самоходных машин - по ГОСТ 16529-70 для автомобилей, автопоездов, автобусов и мотоциклов - по ГОСТ 19358-74;

Методика выполнения измерений для определения шумовых характеристик - ГОСТ 8.055-73.

Характеристика, устройство и принципы работы измерителя ВШВ-003.

Измеритель ВШВ-003 предназначен для измерения и частотного анализа параметров шума и вибрации в ходе научных работ при исследовании, испытаниях и в целях борьбы с постоянным шумом в жилых и производственных помещениях.

Пределы измерения:

- динамический диапазон от 25 дБ до 140 дБ;
- частотный диапазон от 10 до 20000 Гц.

Прибор рассчитан для эксплуатации в условиях:

- температура окружающего воздуха от -10 до +50 С;
- оптимальная влажность воздуха 90% (при температуре +30 С) атмосферное давление от 70 до 106,7 кПа (537-800 мм рт. ст.).

Комплектность прибора

В состав комплекта входит:

Прибор измерительный ВШВ - 003.....	1 шт.
Предусилитель микрофонный	1 шт.
Капсюль микрофонный конденсаторный.....	1 шт.
Преобразователь пьезоэлектрический виброизмерительный.	2 шт.
Переходник.	1 шт.
Кабель.....	1 шт.
Ветрозащита к микрофону.....	1 шт.

Прибор включает оценочные фильтры с частотными характеристиками А, В, С, ЛИН с нижними пределами динамического диапазона соответственно 25, 30 и 35дБ и с общим верхним пределом 140 дБ.

Измерение пределов измерения - ступенчатое (через 10 дБ).

Шкала стрелочного указателя (нижняя) отградуирована от минус 10 до плюс 10 дБ.

Встроенный в прибор измерительный комплект октавных фильтров со средними геометрическими частотами 16; 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц. соответствует 2 классу (ГОСТ 17168-82). Основная погрешность прибора не превышает $\pm 0,5$ дБ в диапазоне от 20 до 8000 Гц. , ± 1 дБ в диапазоне от 8000 до 12500 Гц. и $\pm 1,5$ дБ - от 12500 до 20000 Гц. Дополнительная погрешность измерителя ВШВ -003 не более $\pm 0,2$ дБ.

Усилитель прибора имеет дополнительный выход (гнездо с правой стороны прибора), рассчитанный для записывающих устройств с выходным сопротивлением не менее 10 кОм.

Измеритель ВШВ - 003 имеет временные характеристики F (быстро) и S (медленно). Калибровка прибора электрическая (от предусилителя ВПМ - 101), при величине сигнала 94 дБ (переключатели прибора в положении: Делитель ,дВ 1- 40; Делитель дВ 2- 50; фильтры - ЛИН; Род работы - F).

Микрофон имеет кабель длиной 5 м.

Конструкция прибора.

При использовании измерителя ВШВ -003 с помощью переключателей включают:

- калибровку - кнопкой "калибр "
- контроль напряжения батарей - меткой "-//-"
- оценочные фильтры А, В, С, ЛИН - соответствующими кнопками.
- временные характеристики F или S - меткой "F"u"S"
- пределы измерения от 25 до 140 дБ (переключателями делителя d в 1,2)

Показания прибора складываются из показания пределов измерения на светодиодных индикаторах (десятки децибел и показания по шкале стрелочного указателя (единицы децибел).

На передней панели размещен регулятор для плавного регулирования пределов измерения. Переключение октавных фильтров (для измерения уровня шума разных частот) производится переключателем "фильтры октавные" при нажатой кнопке в том же секторе.

При нажатой кнопке 1 кГц (для включения фильтра нижних частот) верхняя частота измерительного тракта ограничена до 1 кГц, при отжатой - до 20 кГц .

Принцип работы прибора по измерению шума следующий. При воздействии звуковой волны на мембрану микрофона возникает переменное напряжение, пропорциональное звуковому давлению. Это переменное напряжение подается на вход усилителя.

Усиленное и скорректированное, соответствующим образом, по частоте напряжения сигнала с одного из выходов окончательного усиления поступает на измерительный выпрямитель со стрелочным указателем уровня шума. Другой выход конечного усилителя подключен к гнезду "Вых."

При работе от сети переменного тока 220 в, необходимо вынуть элементы из отсека и вставить источник питания 5Ф2.087.064 и закрыть крышку заднего отсека.

Заземлить прибор измерительный, соединив гнездо 1 с заземленной шиной.

Механическим корректором нуля показывающего прибора установить стрелку показывающего прибора на деление 0 шкалы 0-10.

Производить включение прибора измерительного переключателем «РОД РАБОТЫ».

О наличии питания должна указывать стрелка показывающего прибора в пределах от 7 до 10 шкалы - «+10d», а также сигнализирующее свечение одного из фондов переключателя «Делитель, dB 1,2».

Установить переключатель «РОД РАБОТЫ» в положение F или S. Измерение уровней звука проводить в диапазоне частот от 10 до 20000 Гц. капсюлем М 101.

Регуляторы обеспечивают включение пределов измерений прибора (табл.6.2.)

Электрическую калибровку измерителя ВШВ-003 производится перед началом работы.

При проведении измерений необходимо иметь в виду, что отражения звуковых волн от крупных предметов или тела экспериментатора, расположенного вблизи микрофона, могут обусловить большие погрешности в результатах измерений. Поэтому микрофон располагать на высоте не менее 1,5 м от поверхности земли (пола) и не менее 1м от крупногабаритных предметов и стен, или в месте расположения уха оператора. Микрофон следует ориентировать в направлении максимальных показателей прибора (по направлению к источнику звука).

При измерении акустических шумов в условиях ветра до 8м/с необходимо использовать ветрозащиту.

Таблица 2. - Положение регуляторов в зависимости от уровня шума

Уровень шума dB	Регулятор 1	Регулятор II
1	2	3
20	20	0
30	30	0
40	40	0
50	50	0
60	60	0
70	70	0
80	80	0
1	2	3
90	80	10
100	80	20
110	80	30
120	80	40
130	80	50

Для выполнения данной работы необходимо иметь: прибор ВШВ - 003 в комплекте; источник шума - электрический звонок или электросигнал автомобильный; защитные колпаки для закрытия источника шума (из различных материалов - гофрированный картон, прессованная резина; поролон); рулетку (10м).

Проведение измерений выполнять с преподавателем или лаборантом.

2. Порядок работы

2.1. Подготовить прибор ВШВ - 003 к работе согласно п. 5.4.;

2.2. Произвести измерения уровней шума в зависимости от расстояния до источника шума и наличия перегородок в последовательности, предусмотренной таблице или указываемой преподавателем.

Таблица 3. - Показатели уровня шума по оценочному фильтру «А» шумомера (L_a), дБА

Материал защитных перегородок	Расстояние от источника шума (в), м					
	0,5	1,0	2,0	3,0	5,0	8,0
Без защитных перегородок						
Гофрированный картон						
Прессованная резина						
Поролон						

Источник шума _____

Показатели измеряемого уровня шума снимаются не менее трех раз. При этом необходимо строго выполнять п. 5.4

2.3. На основании данных табл. 3 построить графики измерения интенсивности шума в зависимости от расстояния до источника шума в координатах. L (дБА.), l (м);

2.4. Сравнив полученные результаты с допустимыми нормами уровней шума по ГОСТ 12.1.003 - 83, данными в табл.1, сделать выводы о применении шумопоглощающих устройств, защитных средств и т.д.;

2.5. На основании сделанных выводов предложить конкретные рекомендации по борьбе с шумом (о выборе шумопоглощающих материалов, конструктивных решениях соответствующих устройств т.д.).

2.5 Лабораторная работа № ЛР-5 (2 часа).

Тема: «Исследование средств защиты от производственной вибрации»

2.5.1 Цель работы: изучение принципов гигиенического нормирования и санитарно-гигиенической оценки параметров вибрации.

2.5.2. Задачи работы:

1. Исследование параметров вибрации производственного оборудования.
2. Оценка эффективности средств защиты от вибрации.

2.5.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Справочные материалы.
2. Прибор ВШВ-003.

2.5.4 Описание (ход) работы:

1. Общие сведения

1.1. Классификация вибрации

Под вибрацией понимают механические колебания упругих тел, характеризующиеся периодичностью изменения параметров. Вибрация возникает при неправильной балансировке валов, шкивов в машинах и станках, воздействии динамических нагрузок, при работе машин и механизмов ударного действия.

Производственную вибрацию, в основном, классифицируют:

- по способу передачи вибрации;
- по направлению действия вибрации;
- по временной характеристике вибрации;
- по характеру спектра вибрации.

По **способу передачи** вибрации на человека различают:

общую вибрацию, передающуюся через опорные поверхности на тело сидящего или стоящего человека;

локальную вибрацию, передающуюся через руки человека или отдельные участки тела, контактирующие с вибрирующим инструментом.

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

локальную вибрацию подразделяют на действующую вдоль осей ортогональной системы координат $X_{\text{л}}, Y_{\text{л}}, Z_{\text{л}}$, где ось $X_{\text{л}}$ параллельна оси места охвата источника вибрации (рукоятки, ложементы, рулевого колеса, рычага управления, удерживаемого в руках обрабатываемого изделия и т.п.), ось $Y_{\text{л}}$ перпендикулярна ладони, а ось $Z_{\text{л}}$ лежит в плоскости, образованной осью $X_{\text{л}}$ и направлением подачи или приложения силы (или осью предплечья, когда сила не прикладывается);

общую вибрацию подразделяют на **горизонтальную**, действующую вдоль осей ортогональной системы координат $X_{\text{о}}, Y_{\text{о}}, Z_{\text{о}}$, где $X_{\text{о}}$ (от спины к груди) и $Y_{\text{о}}$ (от правого плеча к левому) – горизонтальные оси, направленные параллельно опорным поверхностям; **вертикальную** $Z_{\text{о}}$, действующую по вертикальной оси, перпендикулярной опорным поверхностям тела в местах его контакта с сиденьем, полом и т.п.

По **временным характеристикам вибрации выделяют:**

постоянные вибрации, для которых величина нормируемых параметров изменяется не более чем в 2 раза (на 6 дБ) за время наблюдения;

непостоянные вибрации, для которых величина нормируемых параметров изменяется не менее чем в 2 раза (на 6 дБ) за время наблюдения не менее 10 мин при измерении с постоянной времени 1 с, в том числе:

а) колеблющиеся во времени вибрации, для которых величина нормируемых параметров непрерывно изменяется во времени;

б) прерывистые вибрации, когда контакт человека с вибрацией прерывается, причем длительность интервалов, в течение которых имеет место контакт, составляет более 1 с;

в) импульсные вибрации, состоящие из одного или нескольких вибрационных воздействий, каждый длительностью менее 1 с.

По **характеру спектра** вибрации выделяют:

узкополосные вибрации, у которых контролируемые параметры в одной 1/3 октавной полосе частот более чем на 15 дБ превышают значения в соседних 1/3 октавных полосах;

широкополосные вибрации – с непрерывным спектром шириной более одной октавы.

По **источнику возникновения локальных вибраций** различают:

локальную вибрацию, передающуюся человеку от ручного механизированного инструмента (с двигателями), органов ручного управления машинами и оборудованием;

локальную вибрацию, передающуюся человеку от ручного немеханизированного инструмента (без двигателей), например, рихтовочных молотков разных моделей и обрабатываемых деталей.

По **источнику возникновения** **общая вибрация** подразделяется на следующие категории:

1 категория - транспортная вибрация, воздействующая на человека на рабочих местах самоходных и прицепных машин, транспортных средств при движении по местности и дорогам (в том числе при их строительстве). К источникам транспортной вибрации относят: тракторы сельскохозяйственные и промышленные, самоходные сельскохозяйственные машины (в том числе комбайны); автомобили грузовые (в том числе тягачи, скреперы, грейдеры, катки и т.д.); снегоочистители, самоходный горно-шахтный рельсовый транспорт;

2 категория - транспортно-технологическая вибрация, воздействующая на человека на рабочих местах машин с ограниченной зоной перемещения по специально

подготовленным поверхностям производственных помещений, промышленных площадок, горных выработок. К источникам транспортно-технологической вибрации относят: экскаваторы (в том числе роторные), краны промышленные и строительные, машины для загрузки (завалочные) мартеновских печей в металлургическом производстве; горные комбайны, шахтные погрузочные машины, самоходные бурильные каретки; путевые машины, бетоноукладчики, напольный производственный транспорт;

3 категория - технологическая вибрация, воздействующая на человека на рабочих местах стационарных машин и технологического оборудования или передающаяся на рабочие места, не имеющие источников вибрации. К источникам технологической вибрации относят: станки металло- и деревообрабатывающие, кузнечно-прессовое оборудование, литейные машины, электрические машины, стационарные электрические установки, насосные агрегаты и вентиляторы, оборудование для бурения скважин, буровые станки, машины для животноводства, очистки и сортировки зерна, оборудование промышленности строительных материалов (кроме бетоноукладчиков), установки химической и нефтехимической промышленности и др.

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

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

1.2. Основные характеристики и нормирование вибрации

Основными физическими характеристиками вибрации являются:

амплитудные значения виброперемещения X ,

колебательная скорость V ;

колебательное ускорение a ;

частота f (Гц) колебаний.

К нормируемым показателям вибрации относятся средние квадратичные значения виброскорости и/или виброускорения, а также их логарифмические уровни в дБ.

Виброскорость определяется по формуле:

$$V = 2 \pi \cdot f \cdot A; \quad (1)$$

где f – частота, Гц;

A – амплитуда, м.

Логарифмические уровни виброскорости L_v , дБ определяют по формуле:

$$L_V = 20 \lg \left(\frac{V}{5 \cdot 10^{-8}} \right); \quad (2)$$

где V – среднее квадратичное значение виброскорости, м/с.

Логарифмические уровни виброускорения L_a , дБ определяют по формуле:

$$L_a = 20 \lg \left(\frac{a}{10^{-6}} \right) \quad (3)$$

где a – среднее квадратичное значение виброускорения, м/с².

Нормирование вибрации осуществляется по санитарным нормам СН 2.2.4/2.1.8.566-96.

Гигиеническая оценка постоянной и непостоянной вибрации, воздействующей на человека, производится следующими методами:

частотным (спектральным) анализом нормируемого параметра;

интегральной оценкой по частоте нормируемого параметра;

интегральной оценкой с учетом времени вибрационного воздействия по эквивалентному (по энергии) уровню нормируемого параметра.

Нормируемый диапазон частот устанавливается:

для локальной вибрации в виде октавных полос со среднегеометрическими частотами: 8; 16; 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000 Гц;

для общей вибрации в виде октавных или 1/3 октавных полос со среднегеометрическими частотами: 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10,0; 12,5; 16,0; 20,0; 25,0; 31,5; 40,0; 50,0; 63,0; 80,0 Гц.

Нормы установлены для продолжительности рабочей смены в 8 часов.

1.3. Обеспечение вибробезопасных условий труда

Для обеспечения вибрационной безопасности труда применяется комплекс мероприятий и средств защиты.

Комплекс защитных мероприятий состоит из:

- технических методов и средств защиты от вибраций;
- организационных мероприятий, направленных на снижение последствий вибрации на организм человека.

Основные технические методы и средства защиты включают:

снижение виброактивности машин и механизмов;

вибродемпфирование (вибропоглощение);

использование дополнительных устройств, встраиваемых в конструкцию машины и в строительные конструкции (виброизоляция, динамическое вибропоглощение);

изменение конструктивных элементов машин и строительных конструкций (повышение жесткости).

В данной работе исследуется один из самых распространенных технических методов, снижающих вибрацию, - виброизоляция.

Метод виброизоляции заключается в установлении источника колебаний на амортизаторы (виброизоляторы), снижающие передачу колебательной энергии защищаемому объекту. Амортизаторы могут быть выполнены из металлических пружин, упругих прокладок из резины, войлока, пробки, резино-металлических конструкций и т.п.

Эффективность виброизоляции оценивается величиной коэффициента передачи.

Коэффициент передачи (КП) характеризует величину динамического воздействия источника колебаний на защищаемый объект и равен отношению амплитуды виброперемещения, виброскорости, виброускорения защищаемого объекта или действующей на него силы к соответствующему параметру источника вибрации:

$$КП = \frac{F_{об}}{F_{ист}}. \quad (4)$$

Коэффициент передачи в системах, где можно пренебречь трением, может быть рассчитан по формуле

$$КП = \frac{1}{\left[\left(f/f_0 \right)^2 - 1 \right]}, \quad (5)$$

где f - частота вынужденных колебаний;

f_0 - собственная частота виброизолированной системы.

Собственная частота виброизолированной системы

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{X_{cm}}}, \quad (7.6)$$

где X_{cm} - статическая осадка системы на виброизоляторах под давлением собственной массы $X_{cm} = mg/c$;

mg - сила тяжести машины;

c - коэффициент жесткости системы.

Зависимость коэффициента передачи от частоты возмущающей силы представлена на рис.7.2.

Из рис.1 видно: при $f = f_0$ - КП максимален (случай резонанса);

при $f < f_0$ - величина КП приближается к единице (эффективность амортизаторов минимальна);

при $f/f_0 > \sqrt{2}$ - амортизаторы начинают приносить эффект.

Существует оптимальное соотношение между частотой возбуждения и собственной частотой колебаний системы. Оно составляет $f/f_0 = 3..4$, что соответствует КП = 1/8...1/15.

Снижение значений КП при известных значениях частоты возмущающей силы может достигаться снижением частоты собственных колебаний источника, установленного на амортизаторах, для чего нужно снизить жесткость амортизаторов либо увеличить массу источника колебаний.

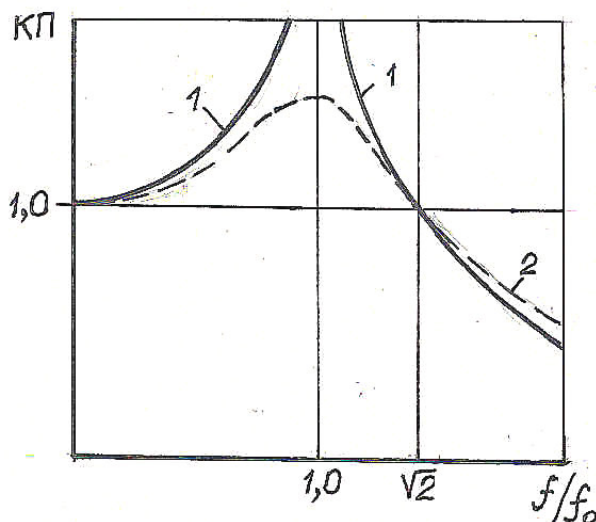


Рис.1. Зависимость коэффициента передачи (КП) от частоты возмущающей силы: 1 – без учета затухания колебаний в амортизаторах; 2 – с учетом затухания.

Эффективность виброизоляции в дБ можно определить по формуле

$$\Delta L = 20 \lg \frac{1}{\text{КП}} = 20 \lg \left[\left(\frac{f}{f_0} \right)^2 - 1 \right], \text{ дБ.} \quad (7)$$

2. Описание лабораторной установки

Внешний вид установки представлен на рис.2.

Лабораторная установка включает в свой состав: вибростенд 1, генератор сигналов 2, измеритель вибрации 3, объект виброизоляции 4 с вибродатчиком, набор 5 сменных виброзащитных модулей для изучения влияния общей и локальной вибрации.

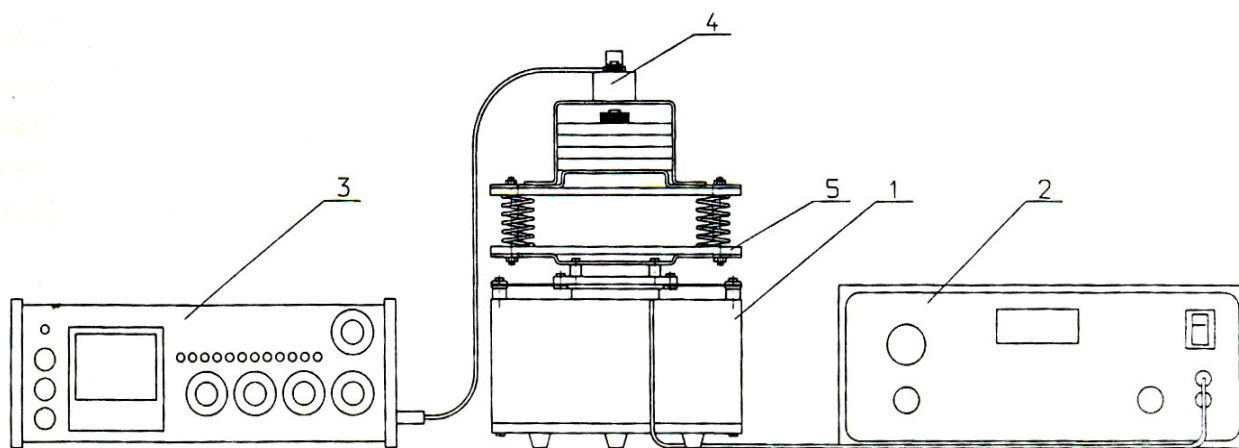


Рис.2. Установка «Вибростенд»

Устройство вибростенда показано на рис. 3.

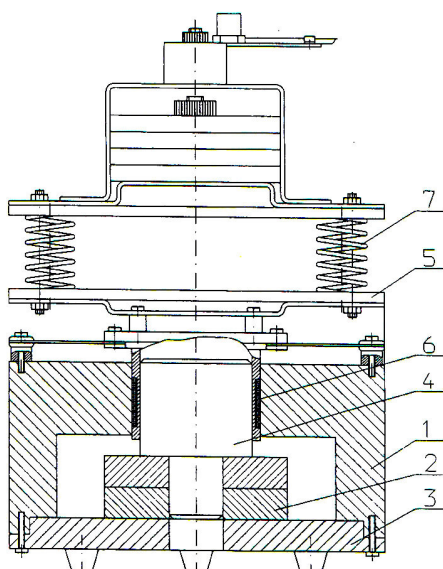


Рис.3. Схема устройства вибростенда

Вибростенд имеет электромагнитную систему возбуждения вибраций и смонтирован в магнитопроводящем корпусе **1**. Постоянный магнит **2** тороидального типа прикрепляется с помощью клея на основании **3** из магнитопроводящей стали. На противоположном полюсе постоянного магнита с помощью клея закрепляется сердечник **4**, который входит в цилиндрическое отверстие магнитопроводящего корпуса. Вибростол **5** установлен на катушке возбуждения **6**, которая закрепляется с помощью четырех плоских пружин **7** на магнитопроводящем корпусе. Токоподводы от катушки возбуждения выведены на клеммы.

Направление воздействия вибрации осуществляется только в вертикальном направлении.

Объект виброизоляции представляет собой устройство, которое обеспечивает установку пластины с вибродатчиком. Также можно изменять массу объекта виброизоляции за счет установки на нем дополнительных металлических пластин, входящих в его состав.

Виброзащитный модуль представляет собой устройство, состоящее из двух параллельных пластин, между которыми установлены виброизоляторы. В качестве виброизоляторов применяются витые пружины с различным диаметром проволоки, плоские пружины и пластины различной массы. В качестве виброизолирующей прокладки используется пенополиуретан.

3. Приборы для измерения параметров вибрации

Для измерения параметров вибрации используется Измеритель шума и вибрации ВШВ-003-М2 и Цифровой измеритель вибрации АТТ-9002.

Измеритель ВШВ-003-М2 кроме измерения параметров шума предназначен также для измерения средних квадратических значений виброскорости и виброускорения и их логарифмических уровней как общей, так и локальной вибрации в стандартных октавных и третьоктавных частотных полосах в диапазоне 0...140 дБ.

Лицевая панель прибора показана на рис. 4.

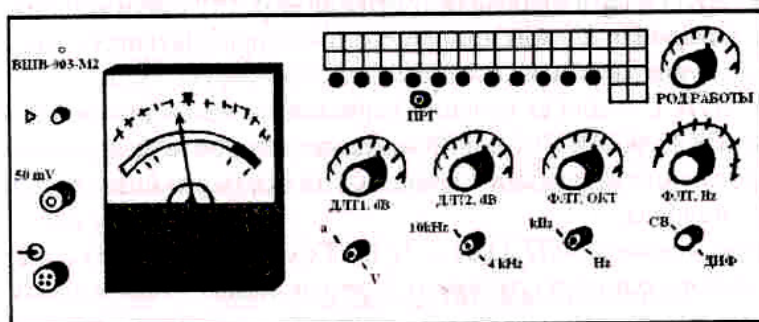


Рис. 4. Измеритель шума и вибрации ВШВ-003-М2 (лицевая панель)

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

переключатель РОД РАБОТЫ с положениями:

«О» - для включения измерителя;

«» - для контроля состояния батарей;

«» - для включения измерителя в режим блокировки;

F, S, 10S – для включения измерителя в режим измерения с постоянной времени *F* (быстро), *S* (медленно), *10S* (10 с);

стрелочный прибор – для отсчета измеряемой величины и контроля напряжения питания;

переключатели ДЛТ1, дБ, ДЛТ2, дБ и единичные индикаторы 20, 30...130 дБ;

$3 \cdot 10^{-3}$, $0,01 \dots 10^3 \text{ m} \cdot \text{S}^{-2}$;

0,03; $0,1 \dots 10^4 \text{ mm} \cdot \text{S}^{-1}$,

предназначенные для выбора пределов измерений звукового давления, виброускорения и виброскорости соответственно;

индикатор «ПРГ» - для индикации перегрузки измерительного тракта;

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

переключатель ФЛТ, Нз с положениями:

1; 10 – для включения ФВЧ 1; 10 Гц, ограничивающего частотный диапазон при измерении виброускорения и виброскорости;

ЛИН – для включения ФНЧ 20 кГц, ограничивающего частотный диапазон при измерении уровня звукового давления по характеристике ЛИН;

A, B, C – для включения корректирующих фильтров A, B, C;

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

переключатель ФЛТ, ОКТ с кнопкой kHz, Нз для выбора одной из октавных (третьоктавных) стандартных частотных полос;

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

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

гнезда: «50 mV» - выход с калибровочного генератора;

«» - для подсоединения предусилителя ВПМ-101.

Калибровка измерителя

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

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

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

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

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

Прибор готов к работе.

Измерение виброускорения и виброскорости

При измерении виброускорения переключатели измерителя установить в положение:

РОД РАБОТЫ -*F*;

ДЛТ1, dB-80;

ДЛТ2, dB-50;

ФЛТ, Hz-ОКТ(1/3ОКТ);

все кнопки отжаты.

При этом должен светиться индикатор 130 дБ.

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

при измерении общей вибрации - переключатель ФЛТ Hz в положении 1, кнопка «10 кHz/4 кHz» *нажата*;

при измерении локальной вибрации - переключатель ФЛТ Hz в положении 10, кнопка «10 кHz/4 кHz» *отжата*.

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

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

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

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

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

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

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

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

при измерении уровня виброскорости - 46 дБ;

при измерении уровня виброускорения - 60 дБ.

Цифровой измеритель вибрации АТТ-9002

Цифровой портативный измеритель вибрации АТТ-9002 предназначен для измерения скорости и ускорения вибрации. Диапазоны измерения виброскорости – 0...200 мм/с; виброускорения – 0...200 м/с². Внешний вид и органы управления показаны на рис. 5.

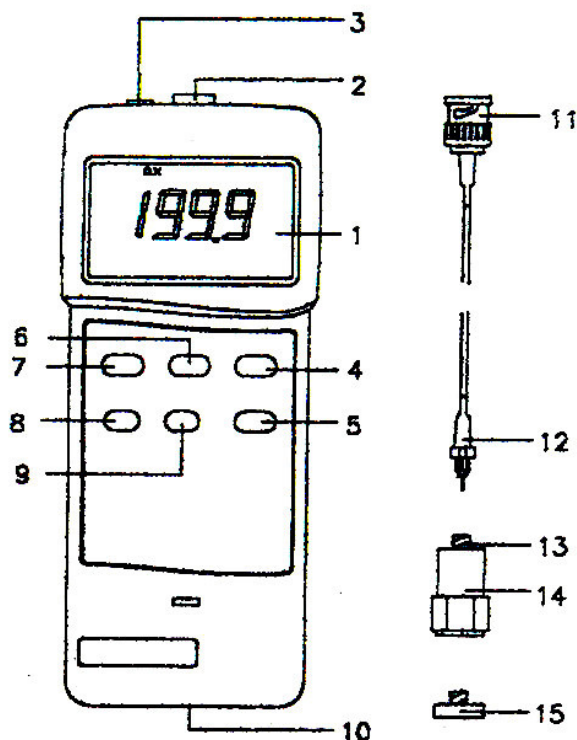


Рис. 5. Внешний вид измерителя вибрации АТТ-9002

- Дисплей
1. Входное гнездо для измерительного зонда
2. Выход для интерфейса RS-232
3. Переключатель RMS/PEAK (среднеквадратическое/пиковое)
4. Переключатель ACC/VEL (ускорение/скорость)
5. Кнопка фиксации данных
6. Кнопка «Вкл./Выкл.»
7. Кнопка памяти «Запись»
8. Кнопка памяти «Вызов»
9. Батарейный отсек, крышка батарейного отсека
10. BNC разъем кабеля датчика
11. Мини-разъем кабеля датчика
12. Входное гнездо датчика вибрации
13. Датчик вибрации
14. Магнитное основание

4. Порядок выполнения работы

4.1. Меры безопасности при проведении лабораторной работы

4.1.1. К работе со стендом допускаются лица, ознакомленные с его устройством, принципом действия и мерами безопасности в соответствии с требованиями, приведенными в настоящем разделе.

4.1.2. При смене виброизолирующих модулей на вибростоле вибростенда или изменении положения вибростенда относительно основания **выключить генератор** низкочастотных сигналов.

4.1.3. При эксплуатации и ремонте генератора возможна опасность поражения персонала электрическим током напряжением 220 В, частотой 50 Гц.

В связи с этим при работе с генератором и измерителем необходимо выполнять следующие требования:

заземлять генератор и измеритель с помощью клемм защитного заземления на корпусах приборов;

вставки плавкие в приборах должны быть исправными;

запрещается эксплуатация генератора и измерителя при снятых крышках;

запрещается производить ремонтные работы в генераторе под напряжением;

при ремонте и регулировании приборов необходимо использовать ручной инструмент с диэлектрическими рукоятками.

4.1.4. Перед включением генератора убедиться в надежности крепления сменных элементов на вибростолу.

4.2. Порядок выполнения работы

4.2.1. Закрепить объект виброизоляции на вибростолу.

4.2.2. Подключить генератор к сети 220 В. Соединить выходные гнезда генератора с нагрузкой, включить тумблер «сеть» и дать прогреться генератору в течение 10 мин. Генератор готов к работе.

4.2.3. Вначале установить с помощью множителя (поз. 1, рис.1) диапазон $\times 1$, далее ручкой плавного регулирования частоты (поз.8, рис. 1) установить значение октавной частоты возбуждения 2 Гц, контролируя это значение на индикаторе частоты (поз.2, рис. 1). Значение амплитуды вибрации (коэффициента усиления), устанавливаемой на генераторе (поз.7, рис.7.1) задается преподавателем.

ВНИМАНИЕ. При возникновении перегрузки на лицевой панели генератора загорается светодиод «ПЕРЕГРУЗКА» (поз.4, рис.6). Необходимо выключить сетевое питание тумблером (поз.5 рис.6). Повторное включение сетевого питания возможно только после погасания светодиода нагрузки.

4.2.4. Подготовить измерительный прибор АТТ-9002 к работе, подключив измерительный зонд к входному разъему прибора.

4.2.5. Приложите измерительный зонд измерительного прибора АТТ-9002 магнитной поверхностью к поверхности измеряемого объекта в направлении оси Z.

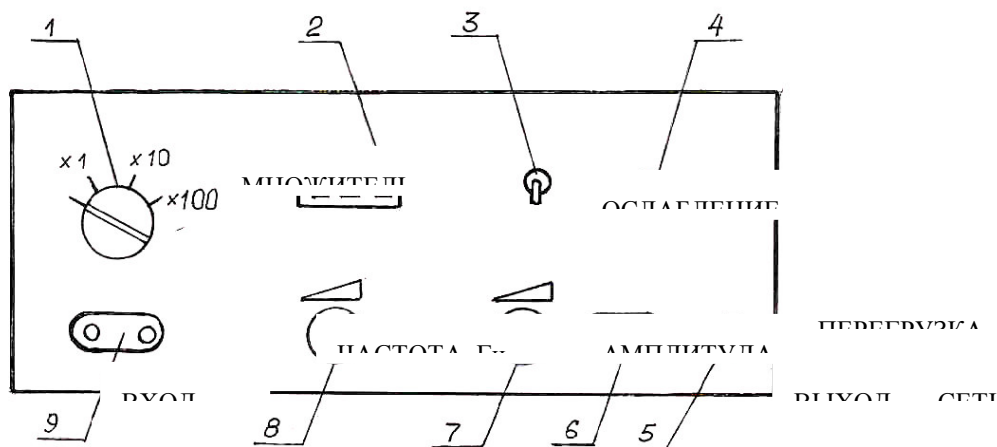


Рис. 6. Лицевая панель генератора низкочастотных сигналов

Если поверхность измеряемого объекта из немагнитного материала, необходимо держать датчик в руке, касаясь поверхности измеряемого объекта.

4.2.6. Включите прибор однократным нажатием кнопки «Вкл./Выкл.».

4.2.7. Установите переключатель АСС/VEL в положение АСС.

Произведите измерения виброускорения объекта вибрации в направлении Z для общей или локальной вибрации во всем диапазоне частот, изменяя частоту вибрации с помощью множителя и ручки плавного регулирования генератора. Результаты измерений занести в таблицу отчета о работе.

4.2.8. Установите переключатель АСС/VEL измерительного прибора АТТ-9002 в положение VEL.

Произведите измерения виброскорости объекта вибрации в направлении Z для общей или локальной вибрации во всем диапазоне частот, изменяя частоту вибрации с помощью множителя и ручки плавного регулирования генератора. Результаты измерений занести в таблицу отчета.

4.2.9. Выключить генератор. Снять объект виброизоляции с вибростола, присоединить к нему виброзащитный модуль и в сборе установить на вибростоле стенда. Включить генератор.

4.2.10. Приложите измерительный зонд измерительного прибора АТТ-9002 магнитной поверхностью к поверхности измеряемого объекта в направлении оси Z. Произведите измерения виброускорения согласно п. 4.2.7. Результаты измерений занесите в таблицу отчета.

4.2.11. Аналогичные измерения (п.п. 4.2.9, 4.2.10) произвести с различными виброзащитными модулями по заданию преподавателя.

4.2.12. После выполнения лабораторной работы отключить генератор и измеритель.

4.2.13. По результатам измерений произвести расчеты уровней виброскорости и уровней виброускорения по формулам 2, 3.

4.2.14. По приложению 1 определить санитарные нормы виброускорения для общей и локальной вибрации категории 3. Внести в таблицу отчета.

4.2.15. Сопоставить полученные экспериментально значения уровней виброускорения с нормируемыми значениями и сделать выводы.

4.2.16. Рассчитать коэффициенты передачи для каждого испытуемого виброзащитного модуля по замерам виброускорения на всех частотах:

$$KП = a_{об}/a_{ист} = V_{об}/V_{ист}$$

где $a_{об}, V_{об}$ - виброускорение (виброскорость) объекта с виброзащитным модулем;

$a_{ист}, V_{ист}$ - виброускорение (виброскорость) объекта вибрации без виброзащиты.

4.2.17. Определить эффективность виброизоляции по формуле 7.

4.2.18. Построить спектр вибрации по виброускорению (виброскорости) лабораторной установки без виброизоляции, с виброизоляцией и по санитарным нормам.

ФОРМА ОТЧЕТА ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ «ИССЛЕДОВАНИЕ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ОТ ВИБРАЦИИ»

Цель работы: _____

Таблица 1 - Результаты измерений виброскорости и виброускорения при общей вибрации

Показатель вибрации	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц					
	2	4	8	16	31,5	63
Виброускорение a , м/с ²						
Виброскорость V , м/с · 10 ⁻²						
Уровень виброускорения, L_a , дБ						
Уровень виброскорости, L_V , дБ						
Допустимые значения уровня виброускорения, $L_{дон}$, дБ						

Таблица 2 - Результаты измерений виброскорости и виброускорения при локальной вибрации

Показатель вибрации	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц							
	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Виброускорение a , м/с ²								
Виброскорость V , м/с · 10 ⁻²								
Уровень виброускорения, L_a , дБ								
Уровень виброскорости, L_V , дБ								

Допустимые значения уровня виброускорения, $L_{доп}$, дБ								

Таблица 3 - Расчет эффективности средств виброизоляции при общей вибрации по уровню виброускорения/виброскорости

Условия измерений	Уровень виброускорения/виброскорости L_a/ L_v , дБ по среднегеометрическим частотам октавных полос, Гц					
	2	4	8	16	31,5	63
Без средств виброизоляции						
Виброзащитный модуль 1						
КП (модуль 1)						
Виброзащитный модуль 2						
КП (модуль 2)						
Виброзащитный модуль 3						
КП (модуль 3)						
Виброзащитный модуль с прокладкой (4)						
КП (модуль 4)						
Эффективность виброизоляции с модулем 1 ΔL , дБ						
Эффективность виброизоляции с модулем 2 ΔL , дБ						
Эффективность виброизоляции с модулем 3 ΔL , дБ						
Эффективность виброизоляции с модулем 4 ΔL , дБ						

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Санитарные нормы спектральных показателей вибрационной нагрузки на оператора Локальная вибрация

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	Нормативные значения по осям X_L , Y_L , Z_L			
	виброускорения		виброскорости	
	m/s^2	дБ	$(m/s) 10^{-2}$	дБ
8	1,4	123	2,8	115
16	1,4	123	1,4	109
31,5	2,7	129	1,4	109
63	5,4	135	1,4	109
125	10,7	141	1,4	109
250	21,3	147	1,4	109
500	42,5	153	1,4	109
1000	85,0	159	1,4	109

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

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

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

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

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

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	Нормативные значения в направлениях X_0 , Y_0							
	виброускорения				виброскорости			
	m/c^2		дБ		$(m/c) 10^{-2}$		дБ	
	в 1/3 окт.	в 1/1 окт.	в 1/3 окт.	в 1/1 окт.	в 1/3 окт.	в 1/1 окт.	в 1/3 окт.	в 1/1 окт.
1,6	0,015		82		0,13		88	
2,0	0,012	0,02	81	86	0,09	0,18	85	91
2,5	0,01		80		0,063		82	
3,15	0,009		79		0,045		79	
4,0	0,008	0,014	78	83	0,032	0,063	76	82
5,0	0,008		78		0,025		74	
6,3	0,008		78		0,02		72	
8,0	0,008	0,014	78	83	0,016	0,032	70	75
10,0	0,01		80		0,016		70	
12,5	0,015		82		0,016		70	
16,0	0,016	0,028	84	89	0,016	0,028	70	75
20,0	0,02		86		0,016		70	
25,0	0,025		88		0,016		70	
31,5	0,032	0,056	90	95	0,016	0,028	70	75
40,0	0,04		92		0,016		70	
50,0	0,05		94		0,016		70	
63,0	0,063	0,112	96	101	0,016	0,028	70	75
80,0	0,08		98		0,016		70	

2.6 Лабораторная работа № ЛР-6 (2 часа).

Тема: «Исследование загазованности воздуха в производственных помещениях»

2.6.1 Цель работы: изучить способы определения концентрации вредных газов и паров в условиях производства.

2.6.2 Задачи работы:

1. Произвести определение содержания паров вредного вещества универсальным газоанализатором УГ-2.

2.6.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Универсальный газоанализатор УГ-2.
2. Индикаторные трубки.

2.6.4 Описание (ход) работы:

1. Общие сведения

Способность химического вещества вызывать отравляющее действие на организм, называется токсичностью.

Мерой токсичности являются доза, т. е. количество вещества, достаточное для отравления. Токсичность ядовитых веществ обычно сравнивают сопоставлением доз вызывающих смертность определенной части подопытных организмов. Такие дозы обозначают символами ЛД₅₀ (наименьшая летальная доза ядовитого вещества, вызывающая смертность 50 % организмов). По системе стандартов безопасности труда (ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны») ядовитые вещества подразделяются на 4 класса опасности:

- 1 класс – Сильнодействующие ЛД₅₀ = до 50 мг на 1 кг живого веса;
- 2 класс – Высокотоксичные ЛД₅₀ = 50 ... 200 мг на 1 кг живого веса;

3 класс – Среднетоксичные $LD_{50} = 200 \dots 1000$ мг на 1 кг живого веса;

4 класс – Малотоксичные $LD_{50} =$ более 1000 мг на 1 кг живого веса.

Классы опасностей, к которым относятся некоторые виды ядовитых веществ, представлены в приложении 1.

В некоторых производственных помещениях происходит непрерывное выделение вредных газов и паров жидкостей.

При работе автомобильных и тракторных двигателей, особенно при плохом сгорании в цилиндрах горючей смеси, в выпускных газах в большом количестве содержится окись углерода и паров несгоревшего топлива.

Окись углерода и аммиака выделяются и в животноводческих помещениях.

В некоторых ремонтных предприятиях воздух насыщен парами нефтепродуктов, особенно бензина.

Вредные газы через органы дыхания и пищеварения, поверхность кожи попадают непосредственно в кровь, вызывая отравления и поражения органов и систем. В связи с этим своевременное обнаружение ядовитых газов в воздухе и защите от них имеют большое значение для обеспечения безопасности и безвредной работы.

Предельно допустимые концентрации (ПДК) токсичных веществ приведены в ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

Исследования воздушной среды, с целью определения содержания в ней вредных газов и паров, производится следующими методами:

- КОЛОРОМЕТРИЧЕСКИЙ метод основан на изменении окраски раствора реактива вследствие взаимодействия его с вредными веществами, содержащимися в исследуемом воздухе по цвету окраски реактива определяется концентрация вредных газов или паров путем визуального сравнения окрашенного раствора с эталонами.

- НЕФЕЛОМЕТРИЧЕСКИЙ метод основан на сравнении мутных растворов. При взаимодействии реактива с вредными веществами происходит образование взвешенной мути, по количеству которой, как и при колориметрическом методе, определяют концентрацию вредного вещества в воздухе.

- ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ метод основан на светопоглощении фотоэлементом световой энергии от окрашенных или мутных растворов. Этот метод позволяет получать более точные результаты по сравнению с изложенными выше методами.

- КОНДУКТОМЕТРИЧЕСКИЙ метод основан на измерении электрической проводимости растворов, которая измеряется вследствие поглощения из исследуемого воздуха вредных газов и паров.

- ЭКСПРЕССИВНЫЙ метод аналогичен колориметрическому и основан на протекающих реакциях. Экспрессивный метод исследования воздуха получил исключительно широкое распространение при использовании универсального газоанализатора УГ-2.

2. Принцип работы газоанализатора и устройство экспериментальной установки

Принцип работы УГ-2 основан на пропускании воздуха, загрязненного вредной примесью, через индикаторную трубку, наполненную химическим реактивом, изменяющим цвет под воздействием исследуемой вредной примеси. Количественное содержание вредных примесей находят по изменению длины окрашенного столбика реактива в индикаторной трубке. Измерение ведут по градуированной в $мг/м^3$ шкале, входящей в комплект прибора. Погрешность показаний газоанализатора не более + 10 % от верхнего предела каждой шкалы определяемого газа (пара).

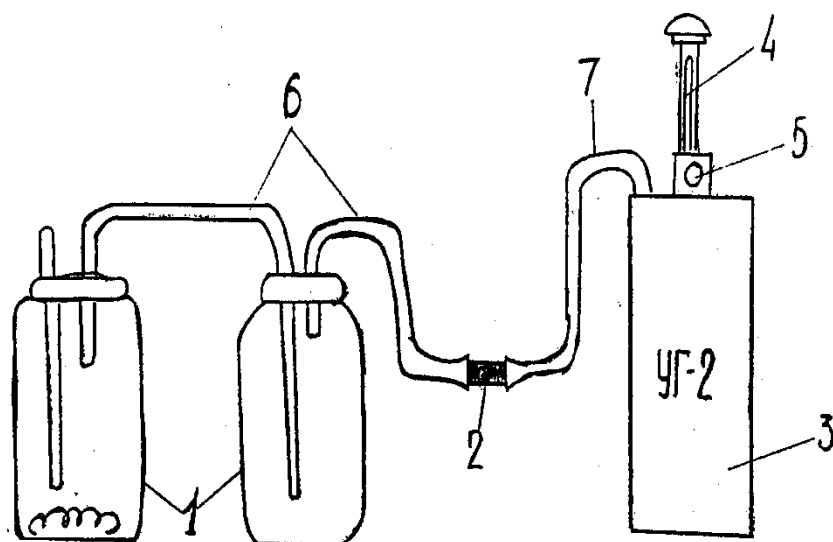


Рисунок 1 - Схема лабораторной установки для исследования загазованности воздушной среды: 1- газовые камеры; 2- индикаторная трубка; 3- газоанализатор УГ-2; 4- шток; 5- фиксатор; 6- соединительные шланги; 7- сильфонная трубка.

Для проведения работы применяется установка (рисунок 4.1), которая состоит из двух камер с парами вредного вещества (бензин). Эти камеры сообщаются между собой при помощи резиновой трубки 6. Газоанализатор УГ-2 соединяется с камерами 1 при помощи сильфонной трубки 7, через индикаторную трубку 2 и шланг 6. Перед соединением индикаторной трубки 2 с сильфонной 7 необходимо подготовить газоанализатор УГ-2.

Для этого гофрированный сильфон, который расположен внутри корпуса УГ-2, сжимается штоком 4 и стопорится фиксатором 5 в верхнем углублении штока. Когда фиксатор опускают штوك поднимается, сильфон распрямляется и засасывает воздух до тех пор, пока фиксатор не попадет в нижнее углублении штока. Расстояние между углублениями подобрано таким образом, что при ходе штока от верхнего до нижнего сильфон всасывает необходимое количество анализируемого газа. Для различных газов установлены определенные объемы протягивания воздуха: один или два, в зависимости от исследуемой концентрации газа /приложение 2/. Для каждого объема подобраны свои измерительные шкалы. Величины исследуемых объемов воздуха нанесены у головки штока. Каждый штوك имеет четыре канавки с углублениями и предназначен для исследования четырех различных объемов. В комплект прибора входят четыре штока, с помощью которых можно задать следующие объемы протягивания газа: 30; 60; 120; 150; 220; 250; 265; 300; 350 и 400 мл.

Для приготовления индикаторных трубок пользуются принадлежностями, приложенными к газоанализатору (рисунок 2) берут стеклянную трубку 1 длиной 90-95 мм, с внутренним диаметром 2,5...2,6 мм. В один из ее концов вставляют цилиндрическую часть стержня «а». В противоположный конец трубки вставляют ватный пыж 2 толщиной не более 2,5 мм, который при помощи штыря «в» досылают до соприкосновения со стержнем «а». С помощью воронки в открытый конец трубки насыпают до края индикаторный порошок, взятый из ампулы. После этого ампулу немедленно закрывают заглушкой.

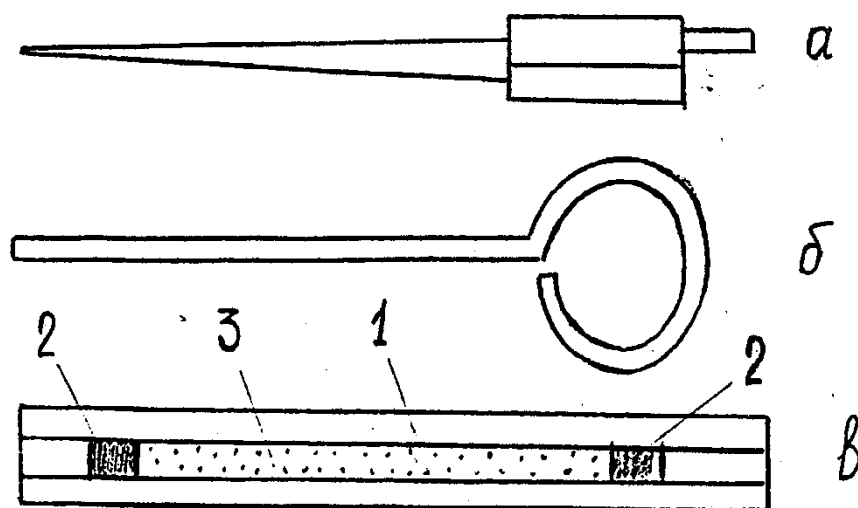


Рисунок 2 - Принадлежности для снаряжения индикаторной трубки: а - стержень, б - штырь, в - снаряженная индикаторная трубка, 1 - стеклянная трубка, 2 – ватный пыж, 3 – индикаторный порошок.

Чтобы уплотнить порошок ударяют по стенкам трубки штырьком. После уплотнения на слой порошка вставляют второй ватный пыж 2 (рисунок 2) толщиной 2...2,5 мм. Для окончания уплотнения индикаторного порошка еще раз постукивают по стенкам трубки штырем, повторяют операцию.

Слабое уплотнение порошка способствует увеличению длины окрашенной части столбика порошка и размытости границы окраски. Длина уплотненного столбика должна быть 65...70 мм.

3. Порядок проведения работы

После проведения подготовки газоанализатора УГ-2 к эксперименту и снарядив индикаторные трубки в соответствии с методикой, описанной в разделе 5, приступают к выполнению задания. Для этого:

- выставляют шток 4 в направляющую втулку УГ-2 (рисунок 1) так, чтобы его канавка с надписью 300 мл (если для бензина) совпала со стопором 5;
- оттянув стопор в сторону, нажимают рукой на головку стопора, сжимают сильфон до тех пор, пока конец отпущенного стопора не войдет в верхнее углубление на канавке;
- сильфонную трубку 7 прибора надевают на любой конец индикаторной трубки. Другой ее конец соединяют с соединительной трубкой 6 газовой камеры, как это показано на рисунок 1.

Определение концентрации паров вредного вещества (бензина) в газовой камере, производится в следующем порядке:

- после установки индикаторной трубки нужно слегка надавить на головку штока и отвести стопор;
- как только шток пойдет вверх, стопор нужно отпустить, время движения штока заметить; сильфон, расширяясь под воздействием пружины, будет просасывать исследуемый воздух через индикаторную трубку;
- когда стопор войдет в нижнее углубление на канавке штока, будет слышен щелчок и шток остановится. Необходимо заметить движение штока по времени.

При достаточной плотности порошка в индикаторной трубке продолжительность движения штока колеблется от 3 мин. 20 сек. до 3 мин. 50 сек. Если эта продолжительность окажется меньше, – порошок уплотнен недостаточно и, следовательно, показания индикаторной трубки будут неправильными. В этом случае индикаторную трубку заменяют другой, снарядив ее как описано выше, и анализ повторяют. Пробы берутся на высоте 1,5 м от пола.

Когда шток поднимается и будет слышен щелчок, просасывание воздуха через индикаторную трубку будет еще продолжаться за счет вакуума в сильфоне. Общее время просасывания 300 мл³ воздуха через трубку при анализе на бензин составит 7 мин.

Концентрацию вредных газов находят по шкале, входящей в комплект прибора, на которой указаны название исследуемого вещества и объем пропускаемого воздуха[5].

По данным приложения 1 и по результатам исследования содержания вредных веществ в газовой камере сделать заключение и выбрать необходимые средства индивидуальной защиты (СИЗ).

Отчет о выполненной работе

В отчете должно быть определено следующее:

- название работы;
- классификация вредных веществ;
- краткое изложение способов определения концентрации вредных паров и газов в рабочей зоне;
- методика определения загазованности при помощи газоанализатора УГ-2 и описание экспериментальной установки;
- по полученным данным дать сравнительную оценку с ПДК;
- определить необходимые СИЗОД.

Результаты исследования загазованности воздуха на рабочем месте

Наименование места отбора вредных веществ	Объем просасываемого воздуха, мл.	Цвет индикаторного порошка		Фактическая концентрация, мг/м ³	ПДК по санитарным нормам, мг/м ³
		до анализа	после анализа		

Анализ полученных результатов экспериментальных исследований, выводы и предложения.

2.7 Лабораторная работа № ЛР-7 (2 часа).

Тема: «Исследование запыленности воздуха в производственных помещениях»

2.7.1 Цель работы: изучить общие сведения о пыли, влияние запылённости воздушной среды на организм человека и её предельно допустимые концентрации.

2.7.2 Задачи работы:

1. Научиться определять количественное содержание пыли в воздухе рабочей зоны (весовым методом)

2.7.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Переносная ротационная установка (ПРУ-4).
2. Аналитические весы.
3. Аллонж.

2.7.4 Описание (ход) работы:

1. Общие сведения

Для предупреждения пылевых профзаболеваний (пневмокониоз, пылевой бронхит, пневмония, конъюнктивит и др.), возникающих у человека при работе в неблагоприятных условиях окружающей среды, т.е. когда уровни концентрации пыли и других вредных веществ в его рабочей зоне превышают предельно допустимые концентрации, указанных в ГОСТ 12.1.005 -88. Санитарных норм СН 245 - 71, и с целью предупреждения взрывов и пожаров в ряде сельскохозяйственных производств постоянно следует вести контроль

загрязнения воздуха, своевременно принимать соответствующие меры по борьбе с образованием и распространением пыли и др. вредных веществ. Качественно такая профилактическая работа может быть выполнена только при наличии специальных приборов.

Настоящие методические указания помогут специалистам сельскохозяйственного производства в их практической деятельности при решении задач по улучшению условий труда человека.

Сведения о пыли, её действие на организм человека

Многие виды работ и операций в сельскохозяйственном производстве (обработка почвы, обмолот, очистка и размол зерна, опыливание сельскохозяйственных растений, механическая обработка металла, древесины и пластмасс, электросварка, заточка абразивным инструментом и др.) сопровождаются образованием и выделением значительного количества различной производственной пыли.

Производственной пылью называют витающие в воздухе рабочей зоны² и медленно оседающие мелкие частицы твёрдого или жидкого вещества размерами от нескольких десятков до долей микрометра.

Пыль принято также называть аэрозолем, имея в виду, что воздух является дисперсионной средой, а мелкие частицы (кристаллики, нити, плёнки, пластинка, капельки и др.), загрязняющие воздух - дисперсной фазой.

Аэрозоли - это мельчайшие частицы вещества, способные длительное время находиться в воздухе или в производственных газах во взвешенном состоянии.

Аэрозоли из твёрдых веществ образуют дым, а из жидких - туман. Выпавшие из воздуха частички твёрдых веществ и осевшие на поверхностях конструктивных элементов помещения и оборудования называются аэрогелем.

По происхождению пыль может быть органическая (растительного или животного происхождения), неорганическая (металлическая и минеральная) и смешанная (органоминеральная, минерально-металлическая и т. д.). По характеру воздействия на организм человека, пыль разделяется на ядовитую и раздражающую. Ядовитые пыли, растворяясь в биологических средах, действуют как введенный в организм яд и вызывают отравление. Неядовитая пыль способна адсорбировать газы, благодаря чему может оказаться ядовитой. Поэтому наличие производственной пыли в помещениях или на рабочем месте рассматривается как производственная опасность и вредность. Из них наиболее вредными являются цементирующиеся и ядовитые.

Различные виды пыли отличаются по физико-химическим свойствам: величине частиц (степень дисперсности), их удельному весу, форме, консистенции, по электрозарядженности, способности адсорбировать различные вещества, воспламеняемости и т. д.

Классификация пыли по способу образования, происхождению и размерам её частиц даётся в таблице 1.

Рабочей зоной считается пространство высотой до двух метров над уровнем пола или площадки, на которой находятся рабочие места. Постоянным рабочим местом считается место, на котором работающий находится более половины своего рабочего времени или более двух часов непрерывно. Если же производственная деятельность осуществляется в различных местах рабочей зоны, то вся зона считается постоянным рабочим местом.

Таблица 1 - Классификация производственной пыли

По способу образования	По происхождению	По дисперсности
I. Аэрозоль дезинтеграции. Возникает при разрушении твёрдых пород (бурение, дробление, размол), транспортировке и упаковке сыпучих материалов, механической обработке изделий (шлифовка, полировка и др.) II. Аэрозоль конденсации. Возникает при испарении и последующей конденсации в воздухе паров металлов и неметаллов (электросварка, испарение металлов при электроплавке и других технологических процессах)	I. Органическая: а) растительная (злаки, волокна и др.) б) животная (шерстяная, кожаная и др.) в) микроорганизмы и продукты их распада г) искусственная (пластмассовая, пыль красителей и др.) II. Неорганическая: а) минеральная (кремниевая, силикатная и др.) б) металлическая (пыль железа, цинка, свинца и др.) III. Смешанная; а) минерально-металлическая (например, смесь пыли железа и кремния) б) органическая и неорганическая (например, пыль злаков и почвы)	I. Видимая. Имеет размер свыше 10 мкм и быстро выпадает из воздуха. II. Микроскопическая. Имеет размер от 10 до 0,25 мкм и медленно выпадает из воздуха. III. Ультрамикроскопическая. Имеет размер менее 0,25 мкм, длительно витает в воздухе, подчиняясь законам броуновского движения

Вредное влияние производственной пыли на организм человека зависит от физико-химических свойств, размеров и формы пылевых частиц, от её концентрации в воздухе, от деятельности её воздействия (в течение смены и профессионального стажа работающих), от одновременного воздействия других факторов окружающей среды (влажности и температуры воздуха, скорости его перемещения, атмосферного давления) и особенностей трудовой деятельности человека.

Чем легче частицы пыли, тем глубже они проникают в организм человека и тем труднее их удалить. Особенно опасны пылинки размером от 1 до 10 микрон. Более крупные пылинки задерживаются слизистой оболочкой верхних дыхательных путей, а более мелкие выносятся при выдохе. Запыленность воздуха может быть причиной тяжелых заболеваний горла, бронхов, лёгких, глаз и кожи даже при неядовитой пыли. Поэтому в рабочей зоне устанавливаются предельно допустимые концентрации (ПДК³ пыли (приложение I).

Для защиты человека от воздействия производственной пыли устраивают различные системы вентиляции, применяют индивидуальные средства защиты (противопылевую спецодежду, защитные очки, респираторы, противогазы и др.).

Улучшение условий труда механизатора достигается рациональным устройством герметизированных вентилируемых кабин тракторов, комбайнов и др. машин осуществляется в различных местах рабочей зоны, то вся зона считается рабочим местом.

³ ПДК - предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны являются такие концентрации, которые при ежедневной работе в пределах 8 ч в течение всего рабочего стажа не могут вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследования.

Пыль, кроме сказанного, ухудшает общесанитарное состояние производственной среды, уменьшает освещённость вследствие загрязнения окон и осветительной арматуры, снижая при этом производительность труда. Пылевыведения наносят и большой экономический урон (ускоренный износ оборудования, порчу ценных материалов), а некоторые виды пыли способствуют возникновению пожаров и взрывов.

К наиболее пожароопасным следует отнести пыль элеваторную, угольную, древесную, а пыли отрубей и зерновых отходов, сена, торфа, эбонита и др. - следует рассматривать как взрывоопасные.

С целью предупреждения вредных воздействий пыли на организм человека и опасностей возникновения пожаров и взрывов необходимо периодически проводить исследование запылённости воздуха в производственных помещениях, используя при этом в зависимости от поставленной задачи различные приборы.

Общие положения по исследованию запылённости воздуха

Гигиеническая оценка воздушной среды осуществляется исследованием запылённости воздуха. При этом определяют концентрацию пыли в мг/м, степень дисперсности, т.е. размеры пылинок (мкм) и её химический состав.

Степень запылённости воздуха зависит от массы пыли или числа пылинок в единице объёма воздуха. Соответственно методы исследования запылённости воздуха принято делить на весовые и счётные. Существуют и другие методы исследования: ультрамикроскопия пыли, применение счётчиков оседающей пыли и др.. Наиболее простой из них прямой весовой (гравиметрический) метод. Его суть заключается в следующем.

Пыль из известного объёма воздуха необходимо осадить на фильтре. Количество пыли определяется по разности масс фильтра до и после пропускания через него запылённого воздуха.

Фильтр закладывается в пылевую трубку - аллонж (рисунок 1).

Для просасывания запылённого воздуха через аллонж используют воздуходувку или электрораспиратор. Можно использовать электропылесос или подводку сжатого воздуха и эжектор.

Количество воздуха, из которого задержана пыль, определяют с помощью реометра.

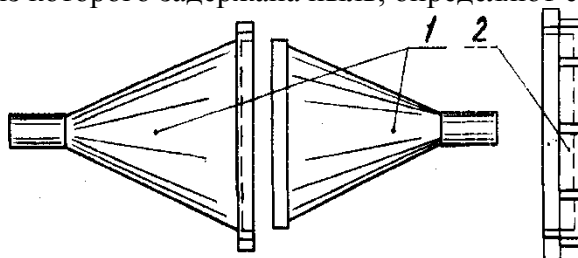


Рисунок 1 - Аллонж: 1 - корпус; 2 – гайка.

Время отбора пробы воздуха для определения его запылённости в производственных условиях зависит от запылённости воздуха окружающей среды и колеблется в широких пределах.

При выполнении данной работы в условиях нашей лаборатории (где воздух практически не загрязняется производственными вредностями) отбор пробы воздуха для определения его запылённости весовым методом нужно было бы производить долго. Поэтому в учебных целях (для сокращения времени отбора пробы воздуха) отбор пробы производится не из окружающей среды, а из пылевой камеры.

Весовой метод определения запылённости позволяет получить общее представление о количестве пыли в воздухе рабочей зоны (для сравнения с предельно допустимыми концентрациями) и данные для обоснования расчёта пылеулавливающих устройств.

Описание ротационной установки и её подготовка к работе

Переносная ротационная установка (ПРУ-4)⁴ предназначена для протягивания воздуха при отборе его проб с целью проведения пылевого и химического анализов. Она включает воздуходувку (создающую разрежение), электромотор и четыре реометра. Работает установка от сети переменного тока номинальным напряжением 220 В при частоте 50 Гц. Максимальная потребляемая мощность не превышает 30 Вт.

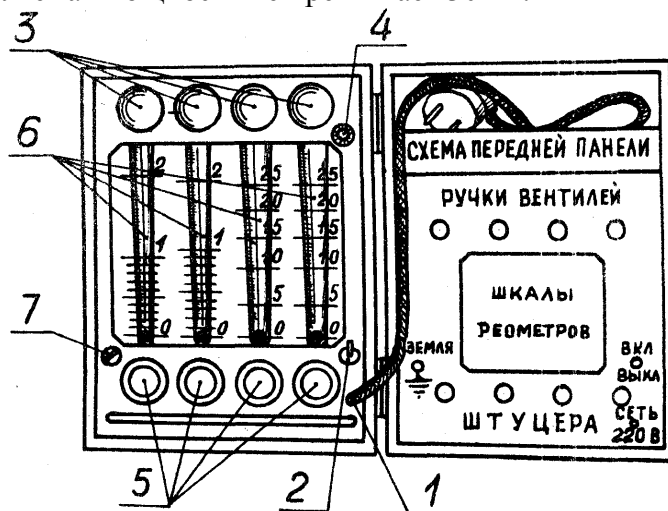


Рисунок 2 - Схема общего вида ротационной установки ПРУ-4 для отбора проб воздуха

Разрежение, создаваемое воздуходувкой, не ниже 7600 Па (800 мм вод. ст.) при производительности 50 л/мин.

Установка обеспечивает одновременный отбор четырёх проб воздуха. Реометры⁵ со шкалой от 0 до 25 л/мин используются преимущественно при отборе пылевых проб, а реометры со шкалой от 0 до 2 л/мин - при отборе проб для химического анализа.

Все узлы установки смонтированы на металлическом шасси с панелью. Шасси заключено в специальный кожух. На передней панели установки (рисунок 2) расположены:

- колодка входная 1 (служит для присоединения электрошнура к установке);
- тумблер 2 (для включения и выключения электропитания установки);
- ручки 3 вентилялей реометров (с их помощью регулируется расход воздуха);
- гнездо 4 электрической лампочки, служащей для освещения шкалы установки и одновременно являющейся предохранителем электрической цепи прибора;
- штуцера 5 для соединения резиновых трубок с фильтрами или поглотителями;
- реометры 6 (конусные стеклянные трубки с париками) служат для определения расхода воздуха (л/мин) при отборах его проб;
- клемма 7 (служит для заземления ротационной установки).

Перед использованием установки ПРУ-4 в процессе исследования запылённости воздуха необходимо:

а) проверить заземление прибора. Клемма «Земля» должна быть соединена гибким проводом с шиной (металлической полосой) общего контура заземления;

б) открыть ручки 3 вентилялей реометров на три оборота (для уменьшения нагрузки на электродвигатель при пуске установки);

в) включить прибор. Для нормально работающего прибора характерен специфический шум. Если электродвигатель включён, но не работает, его следует немедленно выключить, так как он в этом случае перегревается и может выйти из строя;

г) путём вращения ручек вентилялей установить нужный для отбора проб расход воздуха;

⁴ Пользоваться установкой во взрывоопасных местах категорически запрещается.

⁵ Реометры тарированы по воздуху при температуре +20°C; точность их показаний колеблется в пределах $\pm 6\%$ [7].

д) прибор выключить.

2. Методика исследования запыленности воздуха

2.1. В предварительно очищенный от пыли аллонж закладывается специальный фильтр АФА-В-18⁶ (этот фильтр должен быть просушен и, до его использования, храниться в эксикаторе).

2.2. Определяется масса аллонжа вместе с фильтром взвешиванием с точностью до 0,5 мг.

2.3. После взвешивания один отвод аллонжа (любой) соединяют с резиновым шлангом; далее аллонж установить в специальном штативе.

2.4. Подготовить установку ШУ-4 к исследованию.

2.5. На один из штуцеров 5 (под реометром со шкалой от 0 до 25 л/мин, см. рисунок 2) надеть свободный конец резинового шланга, ранее соединённого с аллонжем.

2.6. Произвести окончательную регулировку величины расхода воздуха путём просасывания через аспиратор воздуха из лаборатории, в которой Вы работаете. Расход воздуха устанавливают в пределах 15...20 л/мин. Отсчёт показаний с реометра при этом снимают по нижнему краю шарика,

2.7. После окончательной регулировки расхода воздуха аллонж с фильтром соединяют с пылевой камерой посредством резинового шланга для отбора пробы запылённого воздуха.

2.8. Далее в пылевой камере искусственно производится загрязнение воздуха минеральной пылью (путём подачи в неё сжатого аспиратором воздуха - от выпускного патрубка ПРУ-4). Пыль, находящаяся в пылевой камере, содержит цемент, глину, минералы и их смеси.

2.9. Включить установку ПРУ-4 одновременно с секундомером (для замера времени отбора пробы воздуха).

2.10. Время отбора пробы воздуха при выполнении данной лабораторной работы следует устанавливать в пределах 1...2 мин.

2.11. По истечении установленного времени отбора пробы воздуха установку ПРУ-4 и секундомер выключить.

Отбор пробы воздуха в производственных условиях осуществляется не менее трёх раз; при выполнении этой работы в учебных целях - один раз.

2.12. При определении запылённости воздуха в производственных условиях (на рабочем месте) аллонж с фильтром следует высушивать до постоянства массы задержанной пыли, после чего аллонж с фильтром поместить в эксикатор.

В лабораторных условиях высушивание аллонжа с фильтром можно не делать, так как в помещении за время проведения исследования запылённости воздуха его относительная

влажность практически остаётся постоянной.

2.13. После окончания отбора пробы воздуха для определения массы задержанной пыли аллонж с фильтром взвесить, также как и в п. 6.2 с точностью до 0,5 мг.

2.14. Масса пыли m (мг), задержанной на фильтре в аллонже, находится по выражению:

$$m = M_k - M_n,$$

где: M_k и M_n - соответственно конечная и начальная массы аллонжа с фильтром, мг.

⁶ Расшифровка марки фильтра: АФА – аналитический фильтр аэрозольный; буква В обозначает пригодность фильтра для весового анализа, а следующие за ней цифры – площадь фильтра, см².

Фильтры АФА-В-18 предназначены для определения весовой концентрации аэродисперсных примесей (пыли, дыма и туманов) при температуре до +60⁰С.

2.15. Объём пропущенного через фильтр воздуха V_0 (л), приведенный к нормальным условиям (при $t=0^\circ\text{C}$ и $P=10,13 \cdot 10^4$ Па), определяется по выражению:

$$V_0 = W \cdot T \cdot \frac{273 \cdot P_{\text{атм}}}{(273 + t_n) \cdot 10,13 \cdot 10^4}$$

или

$$V_0 = W \cdot T \cdot \frac{26,95 \cdot P_{\text{атм}}}{(273 + t_n) \cdot 10^4},$$

где W - расход просасываемого через фильтр воздуха, л/мин (определяется по реометру аспиратора);

T - продолжительность отбора пробы воздуха, мин;

$P_{\text{атм}}$ - атмосферное давление во время опыта. Па (определяется по барометру);

t_n - температура воздуха в помещении, $^\circ\text{C}$.

2.16. Искомая запылённость воздуха (концентрация пыли) E ($\text{мг}/\text{м}^3$) определяется по выражению [4];

$$E = m \cdot 1000 / V_0,$$

где m - масса пыли, задержанная фильтром, мг;

V_0 - объём воздуха, пропущенного через фильтр, л (определённый по п. 2.15).

3. Порядок выполнения работы

3.1. Для выполнения данного исследования на рабочем месте необходимо иметь: аспиратор для отбора проб воздуха - ПРУ-4, пылевую камеру, весы аналитические с комплектом разновесов, секундомер или часы (электронные или с секундной стрелкой), штатив, аллонж фильтр, два соединительных шланга (резиновых с внутренним диаметром 10 мм), барометр и термометр настенный.

3.2. Лицам, незнакомым с работой на аналитических весах, следует перед выполнением данного исследования подробно изучить приложение 1 (Взвешивание на аналитических весах ВЛА-200).

3.3. Изучив устройство применяемого оборудования, установить его в соответствующих для выполнения данного исследования положениях и приступить к выполнению работы согласно методики по п. 6, соблюдая правила электрической безопасности при использовании установки ПРУ-4.

3.5. В выводах необходимо дать: название или род пыли, сравнение полученных концентраций пыли с ПДК. Ваше решение или предложения по приведению запылённости воздуха окружающей среды в соответствие с требованиями Санитарных норм проектирования промышленных предприятий (СН 245-71) и ГОСТ 12.1.005 -88 "ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны и выбор необходимых средств индивидуальной защиты человека.

4. Оформить отчёт по работе согласно формы № 1 и письменно изложить краткие выводы.

Форма № 1

Результаты исследования запылённости воздуха на рабочем месте

№ фильтра	Параметры опытов по п. 6								
	Масса, мг			$P_{\text{атм}}$ Па	t_n , $^\circ\text{C}$	τ мин	W л/мин	V_0 л	E , $\text{мг}/\text{м}^3$
	M_n	M_k	T						

ВЗВЕШИВАНИЕ НА АНАЛИТИЧЕСКИХ ВЕСАХ ВЛА-200

Краткое описание устройства весов

Аналитические весы типа ВЛА-200 являются прибором для точного определения массы тел в лабораториях при проведении анализов.

Весы заключены в деревянную остеклённую витрину, имеющую переднюю поднимающуюся и две боковые открывающиеся дверцы. Витрина закреплена на стеклянном основании I (Рисунок 3.3).

На основании I прикреплена колонка 2, имеющая два кронштейна с воздушными успокоителями (демпферами) 3.

Опорная подушка, на которую опирается средняя призма коромысла 6 весов, располагается на колонке 2.

В специальных сёдлах 4 (на концах коромысла) закреплены грузоподъёмные призмы, на которые навешиваются серьги 5 с грузоподъёмными подушками.

Чашка 8 с дужкой подвешивается на верхнем крючке серьги; на нижнем крючке серьги подвешивается стакан демпфера, входящий в корпус демпфера 3. На коромысле 6 весов имеются тарировочные гайки II и укреплен стрелка 7.

Под стеклянным основанием I смонтировано изолирующее устройство весов, приводимое в действие с помощью маховичка 10.

Весы имеют одну заднюю нерегулируемую ножку и две регулируемые ножки 9, с помощью которых весы устанавливаются по уровню 12, укрепленному в основании весов.

Техническая характеристика весов

Максимальная нагрузка.....	200 г.
Цена деления шкалы отклонения коромысла.....	0.5 мг/дел.
Цена наименьшего деления рейторной шкалы.....	0.2 мг/дел.
Время успокоения стрелки весов.....	40 с.
Погрешность от неравноплечности.....	2 мг.

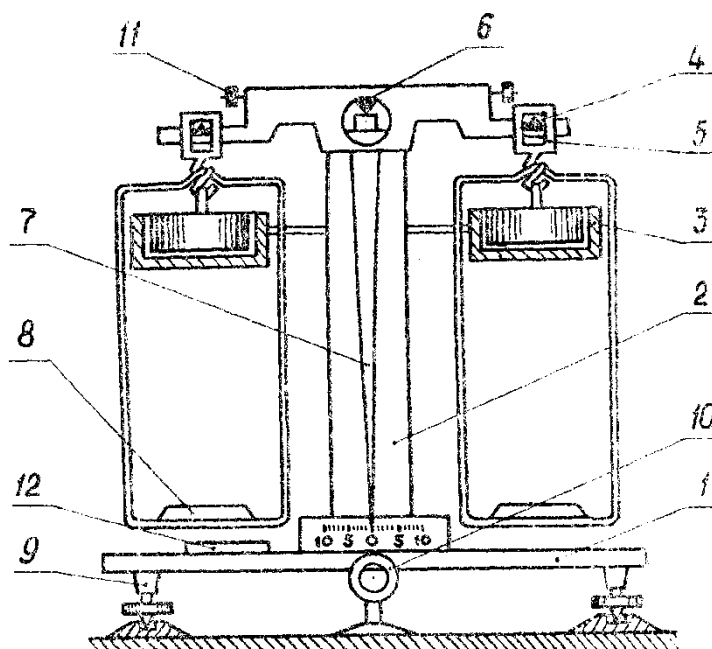


Рисунок 3.3 - Схема аналитических весов типа ВЛА-200

Порядок взвешивания аллонжа с фильтром

1. Проверить установку весов по уровню.
2. Перед взвешиванием, закрыв дверцы витрины, осторожным и плавным открытием изолира (маховичек 10 повернуть влево) убедиться, что сначала при открывании изолира обе

серьги опускаются и затем ложатся на грузоподъемные призмы, а затем опорная призма на подушку.

3. Обратить внимание, чтобы стрелка весов не задевала за шкалу, укрепленную на основании колонки весов, и в равновесном положении коромысла останавливалась у среднего деления с отметкой "О", называемого нулевым штрихом.

Если после успокоения весов стрелка окажется не на нулевом штрихе, весы следует оттарировать, что достигается путём перемещения тарировочных гаек на обоих плечах коромысла.

4. Выполнить взвешивание. При этом взвешиваемые аллонж с фильтром и разновесы разрешается класть и снимать только при закрытом положении изолира, пользуясь для разновесов пинцетом.

Показания весов снимаются при закрытых дверцах витрины. Взвешиваемая масса определяется алгебраической суммой показаний навески гирь и величины числа деления на шкале отклонения коромысла, показываемого стрелкой в положении равновесия весов (L), умноженному на цену деления.

Примечание. Число деления на шкале отклонения коромысла весов в положении равновесия определяется по формуле:

$$L = \frac{L_n + L_{\text{л}}}{2},$$

где L_n и $L_{\text{л}}$ - соответственно количество делений на шкале отклонения коромысла весов во время взвешивания, показываемых стрелкой при её отклонениях вправо и влево от нулевого штриха.

2.8 Лабораторная работа № ЛР-8 (2 часа).

Тема: «Исследование эффективности средств защиты от тепловых излучений»

2.8.1 Цель работы: ознакомиться с мерами безопасности, краткими теоретическими сведениями и ходом выполнения лабораторной работы;

2.8.2 Задачи работы:

- произвести замеры интенсивности тепловых излучений с помощью актинометра;
- исследовать эффективность защиты различных экранов;

2.8.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

Методические и справочные материалы

2.8.4 Описание (ход) работы:

Значительное влияние на микроклимат производственных помещений, имеющих нагретые или раскаленные поверхности, оказывает тепловое излучение. К таким помещениям относятся котельные, кузнечные и литейные производства, мартеновские и доменные печи, хлебопекарни, цеха консервных заводов и т. д.

Тепловыми (инфракрасными) излучениями называют невидимые тепловые лучи, распространяющиеся в пространстве в виде электромагнитных волн длиной от 0,76 до 100 мкм. При поглощении этих лучей телом человека возникает тепловое облучение, величина которого зависит от следующих факторов: длины волны; интенсивности, прерывности, угла падения потока излучений; площади облучаемой поверхности организма; защитных свойств одежды и температуры воздушной среды.

Наибольшей проникающей способностью обладают короткие инфракрасные лучи с длиной волны до 1,5 мкм. Эти лучи мало поглощаются кожным покровом и глубоко проникают в ткани организма. Длинные инфракрасные лучи поглощаются поверхностью кожи. При длительном повторяющемся облучении глаз происходит помутнение хрусталика (профессиональная катаракта). Инфракрасное излучение вызывает биохимические сдвиги – образуются специфические биологически активные вещества типа цистамина, хомина, повышается уровень фосфора и натрия в крови. Усиливается секреторная деятельность

желудка, поджелудочной и слюнной желез. В центральной нервной системе развиваются тормозные процессы, уменьшается нервно-мышечная возбудимость, понижается общий обмен веществ.

Важнейшим фактором инфракрасного облучения организма является *интенсивность теплового излучения*, измеряемая в Вт/м² или в кал/(см²×мин), (1 кал/(см²×мин) = 700 Вт/м²).

Измерение интенсивности теплового излучения производится актинометром. Принцип действия актинометра основан на использовании неодинаковой лучепоглощающей способности зачерненных и блестящих полосок алюминиевой пластинки, прикрепленной через электроизолятор к спаям термобатареи. В термобатарее возникает электрический ток, пропорциональный разности температур спаев и величине тепловой радиации. Величина тока измеряется гальванометром, шкала которого проградуирована в кал/(см²×мин).

Допустимые величины интенсивности теплового облучения работников от источников, нагретых до темного свечения (материалы, изделия и др.), должны соответствовать значениям, приведенным в табл. 1.

Таблица 1

Допустимые величины интенсивности теплового облучения P_n поверхности тела работающих от производственных источников, нагретых до темного свечения

Облучаемая поверхность тела, %	Интенсивность теплового облучения, не более	
	кал/(см ² ×мин)	Вт/м ²
50 и более	0,05	35
25–50	0,1	70
Не более 25	0,14	100

Допустимые величины интенсивности теплового облучения работающих от источников излучения, нагретых до белого и красного свечения (раскаленный или расплавленный металл, стекло, пламя и др.), не могут превышать 140 Вт/м². При этом облучению не должно подвергаться более 25 % поверхности тела и обязательным является использование средств индивидуальной защиты, в том числе средств защиты лица и глаз.

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

В целях профилактики неблагоприятного воздействия микроклимата необходимо использовать следующие защитные мероприятия:

- устранение источника тепловыделений путем изменения технологии;
- механизацию и дистанционное управление процессом;
- теплоизоляцию горячих поверхностей;
- водяные и воздушные завесы;
- механическую вентиляцию, в том числе системы местного кондиционирования воздуха, воздушное душирование (при интенсивности инфракрасного излучения свыше 350 Вт/м²);
- спецодежду и другие средства индивидуальной защиты;
- регламентацию времени работы, в частности перерывы в работе, сокращение рабочего дня, увеличение продолжительности отпуска, уменьшение стажа работы;
- соблюдение питьевого режима.

Для теплоизоляции поверхностей применяют: пенобетон, кирпич, минеральную и стеклянную вату, асбест, войлок. Защитные от тепловых излучений экраны подразделяют на теплоотражающие (например, из листов алюминия с воздушной прослойкой), теплопоглощающие (металлические щиты, облицованные огнеупорным и теплоизоляционным кирпичом, вермикулитовыми или перлитовыми плитами), теплоотводящие (металлические конструкции, охлаждаемые водой). Для защиты от

инфракрасных излучений используют спецодежду из сукна с накладками из асбеста, металлизированной ткани; термостойкие спецобувь и рукавицы, широкополые войлочные шляпы; очки со светофильтрами, спектральное поглощение которых соответствует спектру лучистого потока. Существуют также спецкомбинезоны, под которые подается воздух от сети сжатого воздуха.

2.2. Порядок выполнения работы

Ознакомиться с применяемой аппаратурой. Лабораторная установка состоит из рефлектора, который служит источником инфракрасных излучений; трех защитных металлических экранов: № 1 – с крупной сеткой; № 2 – с мелкой сеткой; № 3 – сплошного из фольги и актинометра.

При выполнении данной лабораторной работы для предотвращения травмирования и поломки оборудования необходимо соблюдать следующие правила и меры предосторожности:

- при работе возле рефлектора во избежание возгорания следить, чтобы одежда и волосы не касались его спирали;
- для предотвращения ожогов не прикасаться к спирали, корпусу рефлектора и нагретым экранам;
- в промежутках между замерами крышка актинометра должна быть закрыта (во время замеров открытая крышка предохраняет руку от ожогов);
- для избежания поломки актинометра нельзя дотрагиваться до его приемника;
- продолжительность каждого замера должна быть не более 2–3 с, так как при длительном нагреве температура спаев несколько выравнивается, и прибор будет давать искаженные показания.

Включить рефлектор в электрическую сеть, дать ему прогреться.

Измерить интенсивность теплового излучения на расстояниях 10; 20; 30; 40; 50; 60; 70 см от источника излучений. При выполнении замеров актинометр необходимо устанавливать по горизонтальной оси рефлектора над соответствующим делением линейки. Плоскость приемника актинометра должна быть перпендикулярна лучистому потоку.

Аналогично измерить интенсивность теплового излучения на различных расстояниях с применением поочередно трех защитных экранов, предварительно прогрев их. результаты измерений занести в табл. 2.

Таблица 2

Результаты измерения и расчетов

Расстояние от источника излучения ℓ , см	Интенсивность теплового излучения P , кал/(см ² ×мин)		Эффективность защиты экрана γ , %				
	P_0 без экрана	P_x с экраном			№ 1	№ 2	№ 3
		№ 1	№ 2	№ 3			
10							
20							
30							
40							
50							
60							
70							

Выключить рефлектор и уложить актинометр в футляр.

Определить эффективность защиты экранов по формуле, %,

$$\gamma = \frac{P_0 - P_x}{P_0} 100 \quad (1)$$

где P_0 и P_x – интенсивность излучения соответственно без защитного экрана и с применением экранов, кал/(см²×мин).

полученные результаты занести в табл. 2.

По результатам выполненных исследований построить графические зависимости в следующих координатах: по вертикали – интенсивность теплового излучения, по горизонтали – расстояние от приемника актинометра до рефлектора. В указанных координатах построить зависимости для трех экранов и без них.

По заданному преподавателем типу нагретого источника и проценту облучаемой поверхности тела работника выбрать допустимую величину интенсивности теплового облучения P_n в соответствии с табл. 1. Нанести на график линию $P = P_n$.

По результатам работы следует:

- определить наиболее эффективный экран;
- по построенному графику установить минимальное расстояние от источника тепла до рабочего места с допустимой интенсивностью инфракрасных излучений (для разных экранов и без них);
- для интенсивности тепловых излучений, превышающей допустимую величину, указать класс условий труда в соответствии с табл. 3 и предусмотреть комплекс защитных мероприятий.

Таблица 3

Классификация условий труда по интенсивности теплового излучения для производственных помещений

Единица измерения	Класс				
	вредный				опасный
	3.1	3.2	3.3	3.4	4
Вт/м ²	1001-1500	1501-2000	2001-2500	2501-2800	>2800
кал/(см ² ×мин)	1,43-2,14	2,15-2,85	2,86-3,57	3,58-4	>4

2.9 Лабораторная работа № ЛР-9 (2 часа).

Тема: «Исследование надежности работы оператора под воздействием вредного производственного фактора»

2.9.1 Цель работы: изучить методику исследования надежности работы оператора.

2.9.2 Задачи работы:

1. Выявить влияние производственного фактора на внимание и работоспособность человека.

2.9.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Планшеты.
2. Перфокарты.
3. Определители семян.
4. Часы с секундомером.
5. Микрокалькулятор.
6. Справочные материалы.
7. Табличные данные.

2.9.4 Описание (ход) работы:

1. Общие сведения.

В производственных условиях человеку нередко приходится работать под воздействием вредных факторов (шума, пыли, газов, пониженных или повышенных температур и др.), которые ухудшают условия труда.

Вместе с тем требования к надежности эрготических систем (человек - машина) в связи с распространением автоматизированных систем управления возрастают. Надежность - свойство системы выполнять за данные функции с заданным качеством и в заданных

условиях. Надежность работы системы «человек - машина» определяется надежностью работы технических звеньев системы и самого человека и может быть выражена формулой:

$$R_s = R_0 \cdot R_t$$

где R_s - показатель надежности арготической системы; R_0 - показатель надежности работы человека; R_t - показатель надежности технических звеньев системы.

Надежность работы человека на любой стадии определяется как его успешная работа в заданном режиме в течение определенного времени. Она может быть охарактеризована числом совершаемых им ошибок (отказов) за какой-то период времени:

$$R_0 = 1 - O/N,$$

где O - число отказов за определенный период времени; N - общее число операций за этот период времени.

На выполнение оператором каких-либо действий в системе «человек - машина» отводится определенное время, превышение которого рассматривается как совершение ошибки при принятии решения. Надежность работы человека зависит от его индивидуальных психофизиологических возможностей, уровня обученности, тренированности, от инженерно-психологического соответствия элементов машины, вступающих в контакт с человеком, возможностям самого человека.

В работе исследуется изменение надежности действий человека под влиянием производственного шума. В качестве объекта работы принято выделение («сортировка») семян трех видов из 10-12.

Оборудование и материалы. Все подлежащие «сортировке» семена уложены в специально изготовленные планшеты. Каждый планшет содержит 300 ячеек (10 рядов по 30 ячеек в ряду) и рассчитан соответственно на 300 семян. Для того чтобы семена не выпадали из ячеек, планшеты закрыты оргстеклом. В первом планшете примерно в равном соотношении в случайном порядке размещены семена зерновых культур: пшеницы, ржи, ячменя, овса, кукурузы, риса, сорго, чумизы, могоара, проса, гречихи. Во втором планшете размещены семена бобовых культур: гороха посевного и полевого, вики посевной и мохратой, фасоли разных видов, люпина разных видов, сои, чины, нута. В третьем планшете размещены семена масличных культур: подсолнечника, льна-кудряша, клещевины, ляллеманции, рыжика, горчицы белой и сизой, кунжута. Все ряды и ячейки пронумерованы.

Результаты работы с семенами отражаются в специальных перфокартах (рис. 11.1). Перфокарты изготовлены по размеру планшетов, на них выбиты и пронумерованы отверстия в строгом соответствии с размерами и расположением ячеек на планшетах. Вместе с планшетами в работе используют определители семян (коллекции), а также комбинированные электрические часы, дающие через каждую минуту одиночный звуковой сигнал, через каждые 7 мин - двойной сигнал, по истечении 21 мин - тройной сигнал. Начиная с 8-й и по 14-ю мин включительно работает сирена с уровнем звука 80 - 85 дБА. Для обработки результатов эксперимента в работе используется программируемый микрокалькулятор.

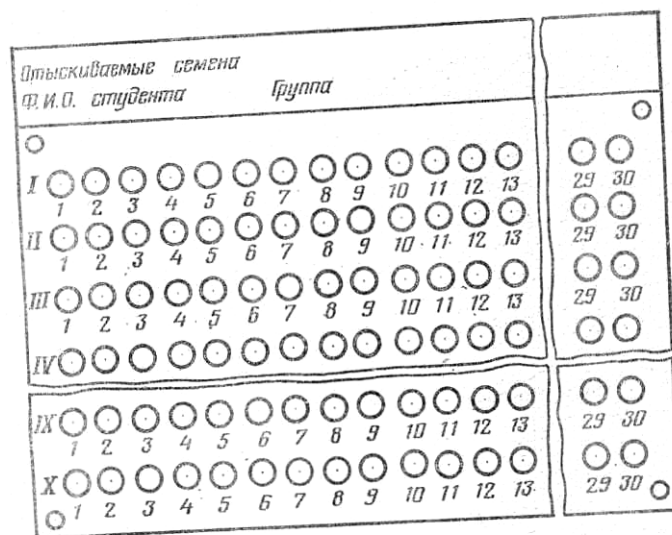


Рис. 1. Образец перфокарты.

2. Порядок выполнения работы.

2.1. Получить у преподавателя планшет с семенами и перфокарту. Записать в перфокарту фамилию, имя, отчество, группу и названия отыскиваемых культур.

2.2. Наложить перфокарту на планшет и зафиксировать.

2.3. После команды преподавателя и одновременного включения им электрических комбинированных часов приступить к отысканию в ячейках планшета заданных преподавателем видов семян. Просмотр семян начать с первой ячейки и продолжить последовательно по номерам в каждом ряду. Порядковые номера ячеек первой заданной культуры обвести кружком на перфокарте, номера двух других культур зачеркнуть крестом.

При включении каждого одиночного короткого сигнала, соответствующего одной минуте работы, отметить вертикальной чертой последний просмотренный за это время номер. При включении двух коротких сигналов (по истечении 7 и 14 мин работы) отметить просмотренные номера семян двойной вертикальной Чертой. По истечении 21 мин отметить последний рассмотренный номер тремя вертикальными линиями и прекратить «сортировку».

Снять с планшета перфокарту с рабочими отметками и передать ее другому студенту для взаимного анализа. Определить число просмотренных семян за каждую минуту (N) (по порядковым номерам на перфокарте), сосчитать число правильно отмеченных семян (Π) и число ошибок (O). Ошибками считаются пропущенные и неправильно отмеченные семена.

Построить графики продуктивности работы $N = \varphi(t)$, $\Pi = \varphi(t)$; $O = \varphi(t)$, в которых по оси ординат соответственно отложить число просмотренных семян за каждую минуту, число правильно отмеченных семян а каждую минуту, число ошибок за каждую минуту, а по оси абсцисс - время работы (t).

Подсчитать с точностью до 0,01 показатель надежности работы по каждой серии из 7 мин по формуле . На основании полученных данных составить протокол.

Серия	Минуты																					Всего		
	1			2			3			4			5			6			7					
	N	П	О	N	П	О	N	П	О	N	П	О	N	П	О	N	П	О	N	П	О	N	П	О

2.4. Сделать выводы об интенсивности и точности работы под воздействием шума.

2.10 Лабораторная работа № ЛР-10 (2 часа).

Тема: «Устройство и проверка изолирующих защитных средств используемых в электроустановках»

2.10.1 Цель работы: ознакомиться с конструкцией, правилами использования изолирующих защитных средств, их осмотра.

2.10.2 Задачи работы:

1. Ознакомиться с методикой испытания их повышенным напряжением.

2.10.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Справочные материалы.

2. Табличные данные.

2.10.4 Описание (ход) работы:

1. Общие сведения

Знакомясь с конструкцией и применением изолирующих защитных средств, следует иметь в виду, что в электроустановках используют и другие защитные средства: защитные очки, предохранительные пояса, переносные заземляющие проводники из медного гибкого провода площадью сечения не менее 16 мм^2 с напаянными наконечниками или струбцинами. К электротехническим защитным средствам относят также плакаты и знаки безопасности. Все защитные средства могут быть индивидуальными (очки, диэлектрические перчатки) либо группового пользования (переносные заземляющие проводники).

Изолирующие защитные средства и указатели напряжения при приемке в эксплуатацию независимо от заводских испытаний испытывают повышенным напряжением переменного тока частотой 50 Гц. Затем это испытание периодически повторяют в следующие сроки: диэлектрические перчатки и изолирующие средства для ремонтов под напряжением испытывают раз в 6 месяцев, диэлектрические боты - раз в три года; изолирующие клещи для смены высоковольтных предохранителей и различные изолирующие штанги, кроме измерительных, раз в 2 года; измерительные штанги в сезон измерений - раз в 3 месяца, но не реже одного раза в год; диэлектрические галоши, указатели напряжения, токоизмерительные клещи и монтерский инструмент с изолирующими рукоятками - раз в год.

Для испытания инструмента с изолирующими рукоятками, а также изолирующих и токоизмерительных клещей в установках с номинальным напряжением до 1000 В принято повышенное напряжение 2 кВ, а для клещей, любых штанг и изолирующей части указателя напряжения в установках номинальным напряжением 1...35 кВ принято трехкратное линейное напряжение, но не менее 40 кВ.

Диэлектрические резиновые перчатки испытывают напряжением 6 кВ. Диэлектрические боты испытывают напряжением 15 кВ, галоши - 3,5 кВ. Изоляцию корпусов или соединительного провода, указателей напряжения для установок до 500 В, работающих на принципе протекания активных токов, испытывают напряжением 1 кВ.

При испытании бакелитовых штанг, клещей и держателя (изолирующей части) указателя напряжения на напряжение выше 1000 В испытательное напряжение выдерживают 5 мин, а при испытании указателей для установок напряжением до 500 В и всех диэлектрических резиновых защитных средств - 1 мин.

При испытании указателей напряжения до 1000 В и диэлектрических резиновых защитных средств обращают внимание на ток утечки через них. У однополюсных указателей ток через них не должен превышать 0,6 мА, а у двухполюсных - 4 мА. У исправной перчатки ток утечки должен быть не более 6 мА, у галоши - 2 мА, у бот - 7,5 мА (на штуку). Резиновые защитные средства признаются не выдержавшими испытаний не только при пробое или превышении током утечки допустимого значения, но и при резких колебаниях тока утечки.

Кроме испытаний повышенным напряжением, исправность индивидуальных изолирующих защитных средств, кроме ковриков и изолирующих подставок, следует проверять осмотром перед каждым использованием. Целость неоновой лампочки в

указателях на напряжение выше 1000 В проверяют перед использованием путем прикосновения указателя к токоведущим частям, заведомо находящимся под соответствующим напряжением, а если их нет поблизости, то к свечам работающего автомобильного двигателя. Можно также воспользоваться мегаомметром, провода от которого присоединяют к крючку и к гайке, соединяющей указатель с держателем. Постоянное напряжение от мегаомметра пульсирует, и это обеспечивает свечение указателя, работающего от емкостного тока.

В отсутствии проколов или порезов в перчатке можно убедиться, скатывая ее в рулон от отверстия к пальцам поперек плоскости ненадутой перчатки. Надувшаяся перчатка не спускает воздух, если проколов нет.

При осмотре обращают внимание на целостность защитного стекла вокруг неоновой лампочки в указателе высокого напряжения и на наличие или отсутствие трещин или продольных царапин на лаковом покрове бакелитовых штанг, клещей и указателя напряжения. Если суммарная длина этих царапин больше 20 % длины изолирующей части, то эту штангу, клещи или держатель надо сдать в ремонт во избежание проникновения влаги под лаковый слой и перекрытия по поверхности защитного средства во время его использования под напряжением.

Диэлектрические перчатки, боты и галоши для испытаний повышенным напряжением погружают в сосуд с обычной водопроводной водой, которую заливают и внутрь них. Уровень воды и снаружи и внутри должен не доходить на 5 см до краев бот или перчаток (для галош на 2 см), причем эти части перчатки должны быть сухими. Один электрод опускают в воду внутри перчатки, а второй - снаружи. На электроды подают испытательное напряжение и контролируют ток утечки.

При испытании инструмента с изолированными рукоятками его опускают в сосуд с водой ручками вниз так, чтобы над водой оставались сухими части изолированных ручек длиной приблизительно 1 см, напряжение подают на инструмент и на электрод, опущенный в воду. Пробой изоляции определяют по отключению автомата.

В учебной лаборатории испытания можно проводить не по типовой схеме, приведенной в учебнике, а по несколько измененной (рис. 1), причем в качестве источника напряжения служит аппарат для испытания трансформаторного масла АМИ-60 (обведен пунктиром) с небольшими переделками: в его заднюю стенку вставлен проходной изолятор *E2* и через него выведен провод от одного из выводов повышающего трансформатора *TV*, средняя точка которого заземлена на корпус.

Ток утечки измеряют аstaticеским миллиамперметром на 25 мА, включенным между сосудом с водой, который изолирован от земли, и заземлением, к которому присоединена средняя точка вторичной обмотки испытательного трансформатора. Заземлено и сетчатое ограждение места испытаний.

Кроме общих правил безопасности, указанных в инструкции (прил. П-1), техника безопасности при испытании перчаток требует соблюдения следующих правил:

- 1) все операций при испытании выполнять в присутствии преподавателя;
- 2) для защиты от напряжения прикосновения в случае повреждения изоляции не разрешается касаться корпуса АМИ-60 или ограждения без диэлектрических перчаток, когда включен магнитный пускатель, подающий питание на АМИ-60, и горит сигнальная лампа на нем;
- 3) студентам запрещено входить внутрь ограждения, так как перчатка уже укреплена в испытательной установке и провода к ней присоединены.

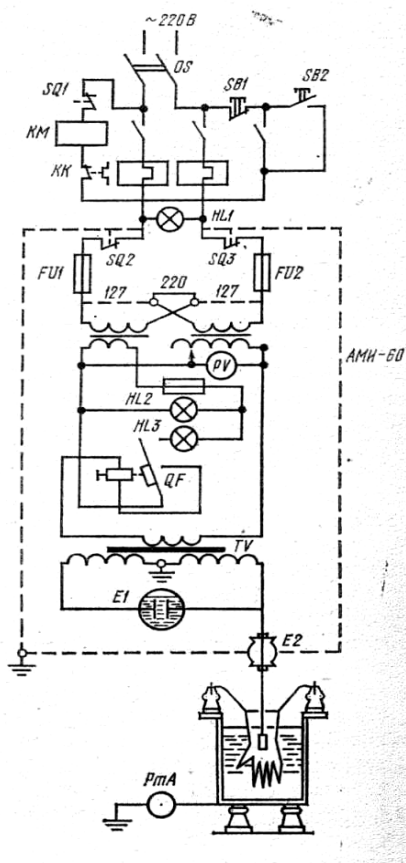


Рис. 1. Схема установки для учебного испытания изолирующих защитных средств повышенным напряжением:

TV - повышающий трансформатор в схеме АМИ-60; QF - автоматический выключатель; SB1 и SB2 - кнопки управления магнитным пускателем КМ;

SQ1 - блок-контакт двери в ограждении; SQ2 и SQ3 - блок-контакты крышки сосуда с диэлектриком в схеме АМИ-60.

Для предотвращения подачи напряжения внутрь ограждения, когда там находятся люди, в цепь катушки магнитного пускателя включен блок-контакт SQ1 (рис. 14.1) двери в ограждении. Закрывать дверь при входе внутрь не разрешается.

В схеме АМИ-60 есть еще 2 блок-контакта SQ2 и SQ3 крышки для вынимания сосуда с испытываемым маслом.

Для электрического испытания штанг, клещей и держателей указателя напряжения присоединяют один полюс испытательного трансформатора к металлической рабочей части штанги или к гайке держателя, а другой полюс - к границе захвата рукой, где для испытаний создается металлический контакт в виде проволочного кольца [10]. Испытуемое защитное средство бракуется, если будет пробито (это будет видно по снижению показаний киловольтметра, по отключению автомата) или, если будут замечены поверхностные разряды, перекрытия или обнаружен местный нагрев (сразу после отключения и заземления трансформатора штангу ощупывают рукой).

При испытании указателей напряжения на 1...35 кВ проверяют напряжение отчетливо видимого свечения лампочки, которое должно быть не более 25 % наименьшего номинального напряжения установки, где указатель может применяться. При испытании указателя напряжения на 500 В (с двумя рукоятками) неоновая лампочка должна начать светиться при напряжении между шупами в этих рукоятках не более 90 В, а при соприкосновении одного шупа с фазой, находящейся под напряжением 500 В, когда другой шуп никуда не присоединен, свечения лампочки не должно быть. После испытания на каждый вид защитных средств, принадлежащих посторонней организации, составляют протокол по специальной форме (прил.), а кроме того, все испытанные средства лаборатория регистрирует у себя в журналах по форме, приведенной в приложениях. На каждом изолирующем защитном средстве, выдержавшем испытания, кроме инструмента с изолированными рукоятками, ставят штамп с указанием даты следующего испытания и наибольшего номинального напряжения установки, для которой пригодно это защитное средство, а также название испытательной лаборатории. Штамп должен быть нанесен несмываемой краской или наклеен выше границы захвата рукой. На забракованных защитных средствах все предыдущие штампы перечеркивают крест-накрест красной краской. Кроме указанного штампа, на каждом защитном средстве должен быть регистрационный номер в пределах данной электростанции или предприятия (защитные средства нумеруют по каждому виду отдельно).

У всех изолирующих защитных средств надо перед употреблением стереть пыль сухой тряпкой и проверить по штампу испытательной лаборатории, допущено ли оно к использованию при данном напряжении и не прошел ли срок до очередных испытаний повышенным напряжением. Если прошел, пользоваться защитным средством запрещается.

2. Порядок выполнения работы

2.1. Ознакомиться с устройством и практическим использованием штанг, указателей напряжения и других защитных средств, а также с проверкой их исправности осмотром.

2.2. Изучить сроки и нормы испытания изолирующих средств повышенным напряжением.

2.3. Изучить устройство установки для испытания повышенным напряжением защитных средств из диэлектрической резины.

2.4. Испытать на установке диэлектрические перчатки.

2.5. Зарегистрировать результаты испытаний.

Содержание отчета. Схема испытательной установки; результаты испытания диэлектрического защитного средства.

2.11 Лабораторная работа № ЛР-11 (2 часа).

Тема: «Измерение сопротивления заземлителей и определение необходимого по ПУЭ сопротивления заземления подстанции»

2.11.1 Цель работы: освоить методы измерения сопротивления заземлителей.

2.11.2 Задачи работы:

1. Ознакомиться с составом и сроками работ по проверке заземлителей и с определением нормированного значения сопротивления искусственных заземлителей подстанций.

2.11.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Справочные материалы.

2. Табличные данные.

2.11.4 Описание (ход) работы:

1. Общие сведения

Состав и сроки работ по проверке заземлителей приведены в «Нормах» и в учебнике.

Сопротивление заземлителей обычно измеряют специальным измерителем заземлений типа М-416 или Ф-4103, МС-08, а если измеритель отсутствует, то при помощи метода амперметра и вольтметра или метода «трех земель», который является разновидностью первого. Первый метод подробно рассмотрен в учебнике.

Метод «трех земель» состоит в том, что ток пропускают по очереди между каждой парой из трех заземлителей: проверяемого и двух вспомогательных. Каждый раз между теми же электродами измеряют ток и напряжение. Отношение напряжения и тока каждый раз равно сумме сопротивлений растеканию данной пары заземлителей. Решение получающейся системы из трех уравнений с тремя неизвестными дает формулу

$$R_x = 0,5 \left(\frac{U_{x-1}}{I_{x-1}} + \frac{U_{x-2}}{I_{x-2}} - \frac{U_{1-2}}{I_{1-2}} \right)$$

где индексами «1» и «2» обозначены номера вспомогательных электродов.

Специальные измерители заземлений, например типа М-416, дают показания непосредственно в омах. Прибор М-416 имеет диапазон измерений 0,1...1000 Ом и основан на компенсационном методе измерений при переменном токе, который вырабатывается транзисторным преобразователем постоянного тока в переменный, питающимся от батареи. Принцип действия и устройство прибора описаны в учебнике. Перед измерением необходимо проверить батарею питания и отрегулировать прибор. Для этого регулятор чувствительности следует повернуть по часовой стрелке до упора, а переключатель видов

контроля и диапазонов измерения установить на отметке «Контроль питания» и нажать кнопку. Стрелка индикатора должна оказаться правее красной риски на шкале. Если она окажется левее, надо заменить батарею питания. Затем переключатель следует поставить в положение «Контроль 5 Ом», нажать кнопку и вращением рукоятки реохорда установить стрелку индикатора на нулевой отметке. При этом на шкале реохорда должно быть показание $5 \pm 0,35$ Ом.

Для измерений зажимы «1» и «2» прибора присоединяют к проверяемому заземлителю отдельными проводами от каждого из зажимов, если ожидаемое значение R_x мало (доли ома), чтобы исключить влияние на результат измерения сопротивления проводов, а при ожидаемом значении $R_x \geq 1$ Ом эти зажимы можно соединить между собой перемычкой и использовать общий провод. Зажим «3» присоединяют к вспомогательному потенциальному электроду заземления, а зажим «4» - к вспомогательному токовому. Переключатель устанавливают в положение «X1», а рукоятку «Чувствительность» поворачивают против направления вращения часовой стрелки (уменьшают чувствительность затем нажимают кнопку и, вращая рукоятку реохорда, добиваются установки стрелки индикатора на нуль, увеличивая чувствительность то мере приближения стрелки к нулю до максимальной вращением рукоятки «Чувствительность» по направлению часовой стрелки. Если на диапазоне «X1» стрелка не устанавливается на нуль, это значит, что измеряемое $R_x > 10$ Ом и надо перейти на другие диапазоны, поставив переключатель в положение «X5», а возможно и дальше.

Когда стрелка установится на нуль, считывают показание прибора по шкале реохорда и получают результат измерения как произведение этого показания и множителя, соответствующих положению переключателя. Например, при показании 3,5 на шкале реохорда и положении переключателя на отметке «X20» результат равен $3,5 \cdot 20 = 70$ Ом.

Если сопротивление растеканию тока с заземлителя измерено не зимой в период наибольшего промерзания земли, а летом, значение сопротивления до сравнения с нормой надо умножить на так называемый поправочный сезонный коэффициент k_1 , который учитывает изменения электрического сопротивления земли в верхнем - активном слое по сезонам, а также размеры и конструкцию заземлителя, то есть влияние нижнего слоя земли, где сезонных изменений удельного сопротивления нет.

В приложении П-16 даны поправочные сезонные коэффициенты [8] для некоторых конструкций заземлителей в средней полосе СССР в зависимости от влажности земли в момент измерения (k'_1 - при наибольшей влажности, k'_2 - при средней, k'_3 - при наименьшей). После умножения на этот коэффициент измеренного значения получается максимальное возможное за год значение сопротивления проверяемого заземлителя:

$$R_{\max} = R_{\text{изм}} k'_i$$

Наибольшее допустимое значение сопротивления заземляющего устройства или искусственного заземлителя нормировано в ПУЭ с изменениями и дополнениями, принятыми в 1985 г. Для электроустановок напряжением выше 1000 В с эффективно заземленной нейтралью (подстанции напряжением 110 кВ и выше) это значение равно 0,5 Ом.

Для электроустановок напряжением выше 1000 В с изолированной нейтральной точкой (установки напряжением 6, 10, 20, 35 кВ), если заземлитель не используется одновременно для установок напряжением до 1000 В, значение этого сопротивления определяется условиями: $R_3 \leq 10$ Ом и $R_3 \leq 250/I_3$, где I_3 - расчетный (полный) ток замыкания на землю, стекающий с заземлителя, А.

Указанные условия действуют при расчетном удельном электрическом сопротивлении земли в месте расположения заземлителя $\rho_p \leq 500$ Ом·м, а при $\rho_p > 500$ Ом·м допустимые значения сопротивления увеличиваются в $\rho_p/500 = 0,002\rho_p$ раз, но не более чем в 10 раз.

В соответствии с «Руководящими указаниями по проектированию заземляющих устройств электростанций и подстанций напряжением 3...750 кВ переменного тока» на

подстанциях напряжением 35/6... 10 кВ трансформатор собственных нужд не считается установкой напряжением до 1000 В и сопротивление заземлителя должно соответствовать указанным условиям, если только подстанция либо вовсе не имеет защиты от прямого удара молнии (это допускается при мощности каждого трансформатора не более 1600кВ·А), либо молниеотводы установлены на отдельных мачтах, а не на порталах или иных металлических или железобетонных конструкциях подстанции и их заземлители не связаны с общим контуром заземления подстанции (так полагается делать при $\rho_p > 350 \text{ Ом} \cdot \text{м}$). Если же заземлители молниеотводов и заземляющий контур подстанции объединены, то вместо условия $R_3 \leq 10 \text{ Ом}$ при любом удельном сопротивлении земли (но, конечно, до 350 Ом·м) надо соблюдать условие $R_3 \leq 4 \text{ Ом}$.

Для установок напряжением выше 1000 В с изолированной нейтралью, если заземлитель одновременно используется для установок напряжением до 1000 В (например, на потребительских подстанциях напряжением 6...35/0,4 кВ), необходимо соблюдать следующие условия: 1) $R_3 \leq 10$; 2) $R_3 \leq 125/I_3$ (при $\rho_p \leq 500 \text{ Ом} \cdot \text{м}$).

Если вторичная обмотка имеет заземленную нейтраль (например, сеть 380/220 В), то I_3 находят при однофазном замыкании на стороне высшего напряжения подстанции, и должно соблюдаться еще третье условие: $R_3 \leq 4 \text{ Ом}$ при $\rho_p \leq 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ (когда $\rho_p > 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$, то R_3 может быть увеличено в $\rho_p/100$ раз, но не более чем в 10 раз). Для заземляющего устройства сельских электростанций с напряжением 380/220 В действует только третье условие.

Для повторных заземлений нулевого провода на воздушных линиях (ВЛ) напряжением 380/220 В сопротивление заземлителя должно не превышать 30 Ом, а для всех повторных и грозозащитных заземлений одной такой линии $R_3 \leq 10 \text{ Ом}$ при $\rho_p \leq 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ (при $\rho_p > 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ соответственно $R_3 \leq 30\rho_p/100 \text{ Ом}$ для одного повторного заземления и $R_3 \leq 10\rho_p/100 \text{ Ом}$ для одной ВЛ).

Все эти значения должны обеспечиваться не одними специально сооруженными искусственными заземлителями, но и с учетом естественных заземлителей, сооруженных для других целей (например, водопроводных труб в земле, свинцовых оболочек кабелей, когда кабелей не менее двух, железобетонных фундаментов или подземной части железобетонных опор на ВЛ напряжением 380/220 В). Для обеспечения условий $R_3 \leq 4 \text{ Ом}$ (для заземлителя нейтрали) можно использовать в качестве естественного заземлителя также нулевые провода отходящих ВЛ напряжением 380/220 В со всеми повторными и грозозащитными заземлениями на них при числе ВЛ не менее двух (на случай ремонта одной из них).

Если одни естественные заземлители обеспечивают необходимое значение сопротивления, то для повторных заземлений не требуется сооружать искусственные заземлители, а для подстанций напряжением 35/6... 10 и 6... 35/0,4 кВ обязательно, потому что в этом случае необходим замкнутый заземляющий контур. При $R_3 > 10 \text{ Ом}$ (при $\rho_p > 250 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ на ТП 6...35/0,4 кВ) требуются выравнивающие полосы, образующие горизонтальную сетку.

Для заземления нейтрали генератора или вторичной обмотки трансформатора напряжением 380/220 В в непосредственной близости от нейтрали должен быть заземлитель с сопротивлением не хуже, чем у повторного заземления: $R_3 \leq 30 \text{ Ом}$ при $\rho_p \leq 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$. Это может быть заземлитель, учитывающий естественные, когда они есть на территории подстанции, а если их нет, то чисто искусственный заземлитель.

Для обеспечения первых двух условий для заземлителя подстанции напряжением 6...35/0,4 кВ, то есть условий, выдвигаемых для обеспечения безопасности при повреждении изоляции оборудования на стороне 6... 35 кВ, учитывать в качестве естественного заземлителя нулевые провода отходящих линий 380/220 В нельзя. Эти условия должны обеспечиваться или с использованием других естественных заземлителей, если они есть, или только искусственным заземлителем.

Пример 1. При летних измерениях сопротивления искусственного заземлителя потребительской подстанции напряжением 10/0,4 кВ в виде замкнутого контура размером

10X10 м в период наименее влажного грунта сопротивление оказалось $R_{изм} = 3,9$ Ом, а расчетное удельное электрическое сопротивление земли $\rho_p = 200$ Ом·м (как оно определяется, показано в следующей лабораторно-практической работе). От подстанции отходят две воздушные линии напряжением 380/220 В, на одной из которых имеются два повторных заземления нулевого провода, совмещенных с заземлениями для защиты от грозовых перенапряжений и имеющих максимальные сопротивления по 20 Ом, а на другой 5 заземлений с максимальными сопротивлениями по 30 Ом. Других естественных заземлителей нет. Ток замыкания на землю в сети 10 кВ, питающей эту подстанцию, $I_3 = 13$ А. Горизонтальный контур лежит на глубине $t = 0,7$ м, а число вертикальных стержней, примененных только для выравнивания потенциалов при входе внутрь контура, невелико ($n = 8$) и их можно не учитывать при определении поправочного сезонного коэффициента по приложению П-16. Определить, будет ли максимальное возможное за год сопротивление этого заземлителя соответствовать требованиям ПУЭ.

Решение. В приложении П-16 наименьшая площадь, охватываемая контуром заземлителя без вертикальных стержней, равна 400 м^2 , что в 4 раза превышает заданную по условию ($S = 10 \times 10 = 100 \text{ м}^2$). Поскольку влажность в момент измерений была наименьшей возможной, надо найти значение k'_3 . В графе для k'_3 , при $t = 0,7$ м значения меняются с уменьшением S в 4 раза (с $S = 3600 \text{ м}^2$ до $S = 900 \text{ м}^2$) на 0,2, как и при уменьшении с 900 до 400 м^2 , то есть в 2,25 раза. Очевидно, что для заданной площади контура в 100 м^2 значение $2,2 \dots 2,3$ с учетом экстраполяции. Принимаем 2,3.

Получим $R_{max} = k'_3 R_{и.з} = 2,3 \cdot 3,9 = 8,97$ Ом.

Так как значение $\rho_p = 200$ Ом·м менее 500, но более 100 Ом·м, то сопротивление заземляющего устройства подстанции должно соответствовать таким трем условиям с поправкой на значение ρ_p : $R_3 \leq 10$ Ом; $R_3 \leq 125/I_3 = 125/13 = 9,6$ Ом; $R_3 < 4\rho_p/100 = 4 \cdot 200/100 = 8$ Ом. Из них наиболее жестким является последнее требование, как дающее наименьший результат. Для обеспечения этого требования можно использовать естественные заземлители (с сопротивлением R_e) в виде нулевых проводов отходящих от подстанции ВЛ. Предположим, что нулевой провод одной из имеющихся ВЛ при ее ремонте могут отключить от подстанции: в худшем случае той, где результирующее сопротивление меньше ($30/5 = 6 < 20/2 = 10$ Ом). Таким образом можно учесть результирующее сопротивление остающейся ВЛ, а именно $R_e = 10$ Ом. Для обеспечения определенного выше значения сопротивления заземляющего устройства, то есть $R_3 \leq 8$ Ом, надо учесть еще и заземлитель, расположенный в непосредственной близости от нейтрали. При отсутствии здесь других естественных заземлителей, кроме нулевых проводов ВЛ, это должен быть искусственный заземлитель. Его сопротивление можно найти из формулы параллельного сложения сопротивлений, если решить ее относительно одного из «слагаемых»:

$$R_{и.з} = \frac{R_e R_3}{R_e - R_3} = \frac{10 \cdot 8}{10 - 8} = 40 \text{ Ом}$$

При $\rho_p > 100$ Ом·м сопротивление заземления нейтральной точки должно также удовлетворять требованию: $R_{п.з} \leq 30\rho_p/100 = 30 \times 200/100 = 60$ Ом. $40 < 60$ Ом, то есть требованию удовлетворяет

Однако, как указывалось выше, для заземления оборудования напряжением выше 1000 В не следует учитывать нулевые провода ВЛ напряжением до 1000 В. Поэтому при отсутствии других естественных заземлителей искусственный заземлитель должен обеспечить также соблюдение первых двух условий для значения сопротивления заземляющего устройства в целом. Из получившейся системы условий для сопротивления искусственного заземлителя: $R_{и.з} \leq 9,6$ Ом, $R_{и.з} \leq 10$ Ом, $R_{и.з} \leq 40$ Ом - наиболее жестким является первое. Оно и должно обеспечиваться в течение всех сезонов года и с ним следует сравнить измеренное значение с учетом поправочного сезонного коэффициента. Необходимо, чтобы а, что в данном случае обеспечивается: $8,97 < 9,6$ Ом.

Пример 2. При летней проверке сопротивления заземляющего устройства подстанции напряжением 35/10 кВ в виде горизонтального контура 10х20 м, расположенного на глубине 0,7 м, проведенной в период наибольшей влажности земли, оказалось $R_{и.з}=4,1$ Ом, а расчетное удельное электрическое сопротивление земли $\rho_p=200$ Ом·м. Подстанция имеет отдельно стоящие молниеотводы со своими заземлителями, не связанными с проверяемым. На подстанции нет естественных заземлителей, так как кабели, питающие освещение территории подстанции, имеют не свинцовую, а алюминиевую оболочку.

Определить значение сопротивления заземлителя, максимально возможное в течение года, а также максимально допустимое по ПУЭ, и сравнить фактическое с допустимым.

Известно, что ток замыкания на землю на стороне 35 кВ составляет 5А, а на стороне 10 кВ - 10 А.

Решение. По приложению П-16 находим для контура площадью $10 \times 20 = 200 \text{ м}^2$ (с использованием экстраполяции) значение поправочного сезонного коэффициента для случая наиболее влажной земли: $k'_1=2,9$. Таким образом, фактическое максимально возможное сопротивление заземляющего устройства по данным измерений составляет $R_{\max} = k'_1 R_{изм} = 2,9 \cdot 4,1 = 12,4$ Ом.

По ПУЭ сопротивление заземляющего устройства подстанции напряжением 35/10 кВ должно соответствовать при отдельно стоящих молниеотводах двум условиям: 1) $R_3 \leq 10$ Ом; 2) $R_3 < 250/I_3 = 250/10 = 25$ Ом, если $\rho_p \leq 500$ Ом·м (в качестве I_3 принят ток замыкания на землю на той стороне трансформаторов, где он больше). Из двух условий жестче первое: $10 \text{ Ом} < 25 \text{ Ом}$.

Поскольку $\rho_p > 500$ Ом·м, значение сопротивления заземляющего устройства должно быть $R_3 = 10 \rho_p / 500 = 10 \cdot 600 / 500 = 12$ Ом.

Сравнивая $R_{\max}$ и R_3 , получим: $12,4 > 12$ Ом. Сопротивление не в норме.

2. Порядок выполнения работы.

2.1. Измерить сопротивление растеканию тока с заземлителя по методу амперметра и вольтметра, присоединяя приборы к зажимам на лабораторном стенде, соединенным с заземлителями, заранее размещенными во дворе или с моделирующими их резисторами за стендом.

2.2. Измерить сопротивление по методу «трех земель». Измерить сопротивление при помощи измерителя заземлений.

2.3. Определить с учетом поправочного сезонного коэффициента по заданному варианту исходных данных максимальное возможное за год значение сопротивления искусственного заземлителя подстанции и необходимое нормированное значение, которое этот заземлитель должен был бы иметь.

2.4. Сравнить значения, полученные в предыдущем пункте, и сделать вывод о соответствии заданного заземлителя норме. Результаты замеров и вычислений записать в следующую таблицу:

U_v	I	U_{v1}	I_1	R_z	U	R_x

2.5. Изучить по описанию метод «трех земель» и, собрав последовательно три схемы, описанные здесь, сделать измерения. Результаты измерений можно вписывать непосредственно в формулу для R_x .

2.6 Изучить по описанию последовательность операций при измерении при помощи прибора М-416 и сделать измерения.

2.7 Изучить нормы ПУЭ на сопротивление заземляющих устройств различного назначения, а также методику расчета для определения сопротивления искусственного заземлителя потребительской подстанции и выполнить расчеты для заданного в таблице 15.1 варианта исходных данных, подобно рассмотренным в описании примерам, с целью определить, соответствует ли требованиям ПУЭ заземлитель, конструкция которого и результат измерения сопротивления даны в таблице 15.1.

Таблица 1. - Варианты исходных данных для определения нормированного значения сопротивления заземлителя в однородной земле

Варианты	Характер искусственного заземлителя	Конструкция заземлителя	Расчетное удельное сопротивление земли ρ_p , Ом·м	Расчетный ток, стекающий с заземлителя I_3 , А	Измерения выполнены при влажности земли	Значение $R_{изм}$, Ом	Площадь ограниченной контуром, и глубина его расположения, м
1	Для подстанций 35/10 кВ без естественных заземлителей с молниеотводами на отдельных мачтах	Горизонтальный контур	1000	20	Минимальной	5	15x15 и 0,5
2	То же, на порталах	То же	300	5	Максимальной	1,5	18x12 и 0,7
3	Для ТП 10/0,4 кВ с одной отходящей линией и сопротивлением заземлений на ней 10 Ом	>>	600	12,5	Минимальной	3	8x8 и 0,7
4	Для ТП 10/0,4 кВ с тремя линиями с сопротивлением заземлений каждой $R_{п.з}=5$ Ом.	>>	150	3	Средней	2,5	10x12 и 0,5
5	Повторное заземление опоры на линии 380/220 В	Вертикальный стержень длиной $l_{в}=3$ м	200	-	Максимальной	22,0	- 0,6
6	То же	То же, $l_{в}=5$ м	60	-	Средней	12	- 0,5
7	>>	Горизонтальный луч $l_{г}=5$ м	100	-	Минимальной	7	- 0,6

Содержание отчета. Схемы и результаты измерений, вычисления по всем трем методам; расчеты для своего варианта исходных данных по определению нормированного значения сопротивления искусственного заземлителя и сравнению с нормой максимального возможного за год сопротивления проверяемого (заданного) заземлителя.

2.12 Лабораторная работа № ЛР-12 (2 часа).

Тема: «Определение удельного электрического сопротивления земли и расчет размеров заземлителей в однородной земле»

2.12.1 Цель работы: практически освоить методы измерения электрического удельного сопротивления земли.

2.12.2 Задачи работы:

1. Определить расчетного значения удельного сопротивления земли и расчета размеров заземлителя в электрически однородной земле.

2.12.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Справочные материалы.
2. Табличные данные.

2.12.4 Описание (ход) работы:

1. Общие сведения

Удельное электрическое сопротивление земли ρ можно представить себе как сопротивление одного кубического метра земли между противоположными гранями, если контакт с подводящими ток проводами выполнен по всей плоскости грани. Значение удельного сопротивления надо знать для расчета заземляющих устройств и для сравнения измеренных при эксплуатационных проверках значений сопротивления заземления с нормой, поскольку она зависит от ρ . Значение ρ можно измерять различными методами или при ориентировочных расчетах небольших заземлителей определять по таблицам в зависимости от характера грунта и конструкции заземлителя (для вертикального стержня или горизонтального луча).

Метод Веннера состоит в том, что забивают в землю на одной прямой 4 коротких измерительных электрода через одинаковые расстояния a между соседними электродами, принимаемые равными расстоянию от поверхности земли до середины вертикальных элементов обычных сложных контурных заземлителей (или одиночного вертикального заземлителя). Если заземлитель состоит только из горизонтальных элементов, то $a = t$, то есть глубине их прокладки.

Пример 1. Определить a для измерения $\rho_{\text{изм}}$ на месте намечаемого сооружения подстанции с заземлителем, имеющим вертикальные элементы длиной по $l_v = 3,5$ м, заглубленные со дна траншеи глубиной $t=0,7$ м.

Решение: $a = t + l_v/2 = 0,7 + 3,5/2 = 2,45$ м.

Для получения результата с приемлемой погрешностью надо забивать измерительные электроды не глубже чем на $h_{\text{max}} = a/3$, а при влажных поверхностных слоях земли и достаточно больших a лучше даже на глубину $a/20$. Тогда эти электроды можно считать точечными. Для условий последнего примера $h_{\text{max}} = 2,45/3 = 0,8$ м.

Между крайними электродами пропускают ток от какого-либо трансформатора с вторичным напряжением не более 220 В и измеряют его амперметром, а между двумя средними электродами включают вольтметр. Можно использовать измеритель заземлений М-416. Тогда к крайним электродам присоединяют зажимы «1» и «4» этого прибора, а к средним - «2» и «3». Дальше поступают так же, как и при измерении сопротивления заземления. Измеренное значение R используют в формуле $\rho_{\text{изм}} = 2\pi a R_{\text{изм}} = 2\pi a U/I$, где U , I , R - показания соответственно вольтметра, амперметра, измерителя заземлений.

Пример 2. Было установлено $a=2,5$ м, прибор М-416 показал $R=5$ Ом. Определить $\rho_{\text{изм}}$.

Решение. $\rho_{\text{изм}} = 2\pi \cdot 2,5 \cdot 5 = 78,3$ Ом·м.

Сопротивление заземлителя должно соответствовать требованиям ПУЭ в любое время года, в том числе при наихудших условиях. Если заземлитель сооружают для обеспечения электробезопасности, а не молниезащиты, то наихудшие условия будут зимой, при максимальном промерзании земли. Для молниезащиты наихудшие условия будут летом, в период наибольшего просыхания земли. Поэтому при расчетах пользуются не измеренным, а расчетным значением $\rho_p = \rho_{\text{изм}} K_{c,з}$, где $K_{c,з}$ - коэффициент сезона, учитывающий климатическую зону, условия измерения и назначение ρ_p . При максимальной влажности земли в момент измерения принимают $K_{c,з} = K_{c,з1}$, при минимальной влажности - летом, когда давно не было дождя, $K_{c,з} = K_{c,з3}$, при средней влажности $K_{c,з} = K_{c,з2}$. Значения этих коэффициентов приведены в приложении для проектирования заземлителей по условиям электробезопасности. При проектировании по условиям молниезащиты коэффициенты можно принимать: $K_{c,м1} = K_{c,з1}/K_{c,з3}$; $K_{c,м2} = K_{c,з2}/K_{c,з3}$ и $K_{c,м3} = 1$.

В приложении приведены также характеристики и примеры областей из основных климатических зон, а также значения коэффициентов сезона, используемых при определении ρ_p по табличному методу (см. ниже).

Метод пробного электрода иногда применяют вместо метода Веннера. Метод состоит в том, что на месте измерения ρ забивают в землю вертикальный стержень с известными диаметром - d и длиной подземной части l , равной длине вертикальных элементов будущего или проверяемого существующего заземлителя плюс глубина траншеи t , из которой забиты

эти вертикальные элементы: $l_B + t = l$. Затем забивают еще два вспомогательных электрода и измеряют сопротивление заземлителя в виде пробного электрода любым методом. Измеренное значение удельного сопротивления $\rho_{изм}$ определяют по формуле

$$\rho_{\epsilon\epsilon} = 2,78 Rl / \lg \frac{4l}{d}$$

Студентам предлагается подсчитать $\rho_{изм}$ и ρ_p по этому методу для исходных данных, приведенных в таблице 1. По этой же таблице следует определить также a , $\rho_{изм}$, ρ_p для метода Веннера.

Табличный метод. Когда заземлители сравнительно просты и недороги (для повторных заземлений нулевого провода), обычно никаких измерений ρ на месте их предполагаемого устройства не делают, в качестве $\rho_{изм}$ принимают значения, приведенные в приложении, а коэффициенты сезона берут, из приложения в зависимости от зоны и конструкции заземлителей: для вертикальных $K_{с.э.в}$, а для горизонтальных $K_{с.э.г}$.

Пример 3. Определить ρ_p для заземлителя в виде вертикального стержня длиной 3 м в Кировской области, расположенного в торфянистом грунте с глубиной заложения вершины $t = 0,7$ м.

Решение. По приложению находим $K_{с.э.в} = 1,9$, по $\rho_{изм} = 20$ Ом·м. Следовательно, $\rho_p = K_{с.э.в} \rho_{изм} = 1,9 \cdot 20 = 38$ Ом·м,

Если заземлитель имеет и вертикальные, и горизонтальные элементы, то при расчетах используют соответствующие $K_{с.э}$ и ρ , определенные отдельно, либо их усредненное значение в зависимости от используемых формул для определения R_z . Студентам предлагается найти ρ_p табличным методом для своих исходных данных (табл. 2).

Расчет размеров заземлителей без использования метода последовательных приближений может быть выполнен ориентировочно по упрощенной формуле

$$R_{\epsilon} = \tilde{N} \rho_p / l$$

где ρ_p - расчетное удельное сопротивление земли; l - линейный размер заземлителя (длина вертикального стержня, горизонтального луча), м; для контура или сетки, в том числе с вертикальными элементами $l = \sqrt{S}$ (S - площадь, охватываемая контуром, сеткой, м²); C - коэффициент, который может быть принят: $C = 1,7 \dots 2$ для горизонтального луча, $C = 1$ для вертикального стержня, $C = 0,5 \dots 0,6$ для полого замкнутого контура на глубине $t = 0,7 \dots 0,5$ м, $C = 0,46$ для горизонтальной сетки на глубине $t = 0,7$ м, в том числе с вертикальными элементами по периметру.

Таблица 1. - Исходные данные для расчетов удельного электрического сопротивления по результатам измерений

Номера вариантов	Измеренно е сопротивл ение $R_{изм}$ Ом	Конструкция заземлителя	Глубина положения горизонтальных элементов, вершин стержней t , м	Длина вертикаль ных стержней l , м	Влажност ь земли во время измерений	область , республ ика	Диаметр пробного электро да d , м
1	20	Горизонтальный контур с вертикальными стержнями	0,7	3,0	Максимальная	Архангельская обл.	0,04
2	30	Вертикальный стержень	0,0	5,0	Средняя	Ленинградская обл.	0,05
3	7	Горизонтальный луч	0,75	-	Минимальная	Латвийская ССР	0,03
4	25	Горизонтальный контур с вертикальными стержнями	0,5	5,0	Минимальная	Курская обл.	0,035

5	15	Горизонтальный контур	0,8	0	Максимальная	Молдавская ССР	0,035
6	40	Вертикальный стержень	0,65	4,0	Средняя	Смоленская обл.	0,055
7	35	Звезда из горизонтальных лучей	0,60	-	Средняя	Вологодская обл.	0,060

Таблица 2. - Исходные данные для определения расчетного значения удельного сопротивления табличным методом

Номера вариантов	Характер грунта	Область, край, республика	Конструкция заземлителя	Глубина расположения горизонтальных элементов, вершин стержней t, м	Длина вертикальных стержней l _з , м
1	Песок	Литовская ССР	Вертикальный стержень	0,8	5,0
2	Супесь	Московская обл.	То же	0,7	3,0
3	Торф	Калининская обл.	Горизонтальный луч	0,5	-
4	Известняк	Ставропольский край	Горизонтальный контур	0,6	-
5	Чернозем	Краснодарский край	Вертикальный стержень	0,75	4,0
6	Суглинок	Орловская обл.	Горизонтальный контур с вертикальными стержнями	0,65	3,5
7	Глина полутвердая	Брянская обл.	То же	0,7	4,5

Пример 4. Определить размеры квадратного полого горизонтального контура для молниеотвода при заданном R_з=20 Ом, t=0,7 м, p_р = 200 Ом·м.

Решение. При t=0,7 м и C=0,5 l = C_р/R_з=0,5·200/20 =5 м.

Однако существуют более точные формулы для R_з, но ими затруднительно пользоваться для однозначного определения размеров. Как правило, приходится задаваться конструкцией заземлителя и размерами отдельных его элементов, затем определять R_з и сравнивать его с максимально допустимым значением, которое находят, как описано в работе № 6. Если получившееся значение больше допустимого или раза в полтора-два меньше (что соответствует приблизительно такому же перерасходу металла), то первоначально принятые размеры заземлителя корректируют. Сопротивление стержня круглого сечения, заглубленного вертикально в электрически однородную по глубине землю так, что верхний его конец находится на глубине t≤0,8 м, можно определить по формуле

$$R_{\sigma} = 0,366 \frac{p_{p.г}}{l_{\sigma}} \left(\lg \frac{2l_{\sigma}}{d} + 0,5 \lg \frac{4t + 3l_{\sigma}}{4t + l_{\sigma}} \right)$$

где p_{р-в} - расчетное удельное электрическое сопротивление земли для вертикальных элементов, Ом·м; d и l - соответственно диаметр и длина подземной части стержня, м.

По этой же формуле можно определить сопротивление растеканию от стержня из равнобокой угловой стали с шириной полки B, подставляя d=0,95 B.

Сопротивление заземлителя в виде горизонтальной стальной полосы длиной l_г и шириной b, расположенной на ребре на глубине t от поверхности земли, определяют по формуле

$$R_z = 0,366 \frac{p_{p.z}}{l_z} \lg \frac{2l_z^2}{bt}$$

Этой же формулой можно пользоваться при горизонтальном прямом луче из круглой стали диаметром d , подставляя $b = 2d$.

Вертикальные электроды в контуре мешают своим электрическим полем растеканию тока с других электродов и с горизонтальной полосы, соединяющей их между собой. Это учитывается коэффициентами использования η_v и η_r , определяемыми по рисунку 1 и меньшими единицы. Эти коэффициенты входят в знаменатель формул для результирующего значения сопротивления всех вертикальных и горизонтальных элементов:

$$R_{рез.в} = \frac{R_v}{n_v \eta_v}; \quad R_{рез.г} = R_r / \eta_r$$

Эти коэффициенты зависят от числа вертикальных элементов n_v , от отношения расстояния между ними a к их длине l_v и от расположения в ряд или по замкнутому контуру. В последнем случае коэффициент использования учитывает влияние противоположных и прилегающих горизонтальных элементов контура. Это значит, что в последней формуле в качестве R_r следует принимать сопротивление именно прямого луча, а не замкнутого контура, но длиной, равной длине периметра контура.

Пример 5. Определить размеры заземлителя подстанции напряжением 10/0,4 кВ в виде замкнутого контура с вертикальными

Задано: удельное сопротивление $\rho_{р.в}=120 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ для вертикальных и $\rho_{р.г}=200 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ для горизонтальных элементов. Необходимое сопротивление искусственного заземлителя $R_{и.з} \leq 10 \text{ Ом}$. Подстанция - мачтовая.

Решение. Так как $R_{и.з} \leq 10 \text{ Ом}$, выравнивающие полосы внутри контура не требуются, но необходимы по 2 вертикальных стержня с каждой стороны, где можно пересечь контур заземления. Поскольку подстанция мачтовая, то есть в общем случае не имеющая ограды, подойти к ней можно с любой из четырех сторон. Поэтому минимальное число вертикальных стержней 4, расположенных по углам контура, если он небольших размеров (например, 2х2 или 3х3), или 8, если контур большой. Поскольку вертикальные стержни в количестве 4, 8 или более будут не только выравнивать потенциалы при входе внутрь контура, но и обеспечивать нужное сопротивление заземлителя, определим сначала сопротивление растеканию тока с одного стержня:

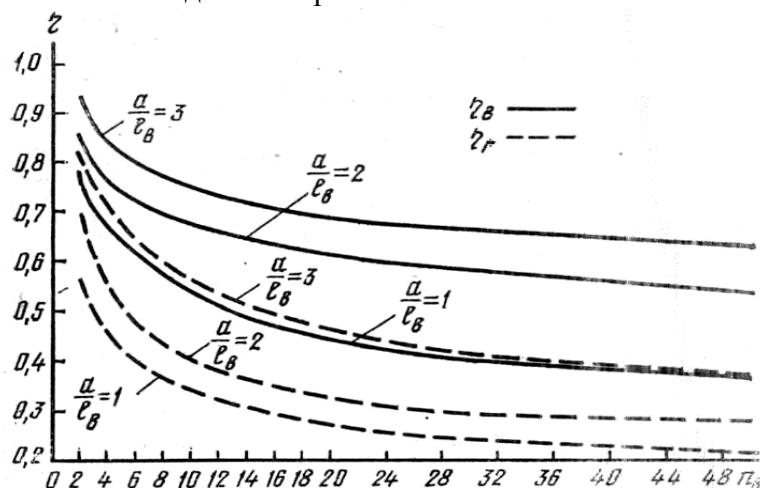


Рис. 1. График для определения коэффициентов использования вертикальных стержневых заземлителей (сплошные линии) и горизонтальных соединительных элементов (пунктирные линии) при их расположении по контуру стержнями каждый длиной $l_v=3 \text{ м}$, выполненными из равнобокой угловой стали с шириной полки $B=0,04 \text{ м}$ и забитыми со дна траншеи глубиной $t=0,7 \text{ м}$. Горизонтальный контур выполнен из круглой стали диаметром $d=10 \text{ мм}$, проложенной на той же глубине.

$$R_{\epsilon} = 0,366 \frac{120}{3} \left(\lg \frac{2 \cdot 3}{0,95 \cdot 0,04} + 0,5 \lg \frac{4 \cdot 0,7 + 3 \cdot 3}{4 \cdot 0,7 + 3} \right) = 3,85 \text{ Ом}$$

Без учета взаимозащитывания стержней и влияния горизонтальной части необходимо иметь стержней $n'_B = R_B / R_{и.з} = 38,5 / 10 = 3,85$. Принимаем $n_B = 4$ стержня и расстояние между ними $a = l_B = 3$ м. Коэффициент использования стержней в контуре при $n_B = 4$ и $a / l_B = 1$ составляет $\eta_B = 0,66$ (рис. 16.1).

Результирующее сопротивление всех вертикальных элементов с учетом взаимного экранирования

$$R_{\epsilon.p} = \frac{R_{\epsilon}}{n_B \eta_B} = \frac{38,5}{4 \cdot 0,66} = 14,6 \text{ Ом}$$

Сопротивление горизонтального луча длиной $l_r = n_B a = 4 \cdot 3 = 12$ м растеканию с него тока

$$R_z = 0,366 \frac{200}{12} \lg \frac{2 \cdot 12^2}{2 \cdot 0,01 \cdot 0,7} = 26,3 \text{ Ом}$$

Коэффициент использования горизонтального заземлителя в замкнутом контуре с вертикальными стержнями при $n_B = 4$ и $a / l_B = 1$ составляет $\eta_r = 0,45$ (рис. 1). Результирующее сопротивление горизонтального контура с учетом экранирования

$$R_{z.p} = R_z / \eta_r = 26,3 / 0,45 = 58,6 \text{ Ом}$$

Результирующее сопротивление искусственного заземлителя

$$R_{и.з.p} = \frac{R_{\epsilon.p} R_{z.p}}{R_{\epsilon.p} + R_{z.p}} = \frac{14,6 \cdot 58,6}{14,6 + 58,6} = 11,7 \text{ Ом}$$

что больше допустимого: $R_{и.з.p} = 11,7 > R_{и.з} = 10$ Ом.

Чтобы сделать сопротивление не более допустимого, надо увеличить либо длину стержней, либо их число, либо расстояние между ними, отчего увеличится длина горизонтальной части и возрастут коэффициенты использования. Примем последнее и зададимся $a' = 4,5$ м. Тогда аналогично предыдущему получим

$$a' / l_{\epsilon} = 4,5 / 3 = 1,5 \text{ и } \eta'_B = 0,72, \eta'_z = 0,50$$

$$l'_z = n_B a' = 4 \cdot 4,5 = 18 \text{ м}, R'_z = \frac{0,366 \cdot 200}{18} \lg \frac{2 \cdot 18^2}{2 \cdot 0,01 \cdot 0,7} = 19 \text{ Ом}$$

$$R'_{\epsilon.p} = \frac{R'_{\epsilon}}{n_B \eta'_B} = \frac{38,5}{4 \cdot 0,72} = 13,3 \text{ Ом}$$

$$R'_{z.p} = R'_z / \eta'_z = 19,0 / 0,50 = 38 \text{ Ом}$$

$$R_{и.з.p} = \frac{R'_{\epsilon.p} R'_{z.p}}{R'_{\epsilon.p} + R'_{z.p}} = \frac{13,3 \cdot 38,0}{13,3 + 38,0} = 9,95 \text{ Ом} \leq R_{и.з} = 10 \text{ Ом}$$

то есть условие выполнено. Таким образом, окончательно заземлитель будет представлять собой горизонтальный квадратный контур со сторонами по 4,5 м и четырьмя вертикальными электродами по углам длиной по 3 м. Остальные размеры - как в условии примера.

2. Порядок выполнения работы.

2.1. Измерить удельное электрическое сопротивление однородной земли по методу Веннера, пользуясь зажимами на лабораторном стенде, к которым заранее присоединены измерительные электроды, забитые в землю во дворе, или расположенные за стендом резисторы, имитирующие их сопротивления.

2.2. Определить расчетом удельное сопротивление однородной земли при использовании метода пробного электрода для заданных показаний прибора и размеров этого электрода.

2.3. Определить расчетные значения удельных сопротивлений, измеренные значения которых получены в пункте 1.

2.4. Определить расчетное удельное электрическое сопротивление однородной земли табличным методом.

2.5. Рассчитать для заданных исходных данных размеры заземляющего устройства подстанции.

Таблица 3. - Варианты исходных данных для расчета размеров искусственного заземлителя ТП 10/0,4 кВ

Номера вариантов	Наибольшее допустимое сопротивление заземлителя R_z , Ом	Расчетные значения удельного сопротивления, Ом·м		Длина стержней $l_{\text{ст}}$, м	Ширина полки угловой стали для стержней B , м	Горизонтальные элементы	
		Для вертикальных стержней $\rho_{\text{р.в}}$	Для горизонтальных элементов $\rho_{\text{р.г}}$			Глубина заложения t , м	Диаметр d , м
1	8	150	400	3,5	0,04	0,75	0,012
2	6	80	240	3,0	0,045	0,8	0,010
3	10	200	500	5,0	0,050	0,70	0,016
4	4	60	120	2,5	0,055	0,60	0,020
5	9	100	300	4,0	0,035	0,65	0,018
6	12	50	100	4,5	0,060	0,55	0,014
7	10	300	400	3,2	0,065	0,50	0,016

Содержание отчета. Схема измерения по методу Веннера, результат измерения и вычислений измеренного и расчетного значений, полученных по этому методу и по методу пробного электрода, а также расчет значения $\rho_{\text{р}}$ по табличному методу. Расчет размеров заземлителя для своего варианта исходных данных.

2.13 Лабораторная работа № ЛР-13 (2 часа).

Тема: «Проверка защитных проводников и расчет заземлителей в двухслойной земле»

2.13.1 Цель работы: освоить методику расчета заземлителей в двухслойной земле.

2.13.2 Задачи работы:

1. Освоить методику использования прибора М-372.

2.13.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Справочные материалы.
2. Табличные данные.

2.13.4 Описание (ход) работы:

1. Общие сведения

Кроме заземлителей и эффективности зануления, в процессе эксплуатации проверяют измерениями и осмотром состояние защитных проводников: нулевых защитных и заземляющих (от электроприемника до магистрали зануления или заземления, включая контактные соединения по концам). Перед вводом новой электроустановки в эксплуатацию проверяют эффективность зануления лишь для 10 % всех электроприемников: самых удаленных или самых мощных, для которых труднее всего обеспечить эффективное действие защиты от однофазных коротких замыканий в системе зануления. Для остальных электроприемников проверяют сопротивление защитного проводника, которое должно быть не более 0,1 Ом. В дальнейшем эти измерения делают после капитального или текущего ремонта электроприемника или участка электрической сети, по которому он питается, но не реже одного раза в год. Кроме того, проверяют осмотром надежность присоединения

заземляющей проводки или нулевого защитного проводника к электрооборудованию, а также состояние наружных частей защитного проводника одновременно с осмотром этого электрооборудования, но не реже одного раза в 6 месяцев, а в сырых и особо сырых помещениях или с агрессивной средой - раз в 3 месяца.

Специально для измерений сопротивления защитного проводника предназначен комбинированный омметр-вольтметр типа М-372, электрическая принципиальная схема которого приведена в учебнике. Во время измерений электрик подвешивает его горизонтально на груди при помощи тканевых ремней. Прибор позволяет измерять сопротивление от 0 до 50 Ом (первое деление 0,1 Ом), а также обнаружить напряжение на зануленном элементе оборудования до 380 В (первое деление 60 В). К прибору прилагается струбцина, на которой есть электрический зажим. При помощи струбцины один из зажимов прибора присоединяют к зачищенному месту на магистральном нулевом или заземляющем проводнике медным гибким проводом, длина которого должна быть вдвое больше площади его сечения, чтобы сопротивление провода было таким же, как применявшееся на заводе при градуировке прибора. Кроме того, к прибору прилагается щуп с изолированным гибким проводником, который присоединяют ко второму зажиму прибора. Острые щупа прижимают к зануленной части электрооборудования, например к корпусу электродвигателя, на зачищенном от краски месте. Таким образом, цепь, сопротивление которой проверяют, включает в себя не только собственно защитный проводник, но и контакты в месте соединения этого проводника с корпусом электроприемника и с магистралью зануления или заземления.

При работе в качестве омметра прибор питается от дискового аккумулятора, параллельно которому присоединены зажимы для использования в случае необходимости какого-либо гальванического элемента на 1,5 В. Измерения выполняют в следующем порядке:

- присоединяют струбцину к магистрали, а проводник от зажима на струбцине - к зажиму прибора;

- присоединяют провод от щупа ко второму зажиму прибора;

- у горизонтально подвешенного на груди прибора корректором устанавливают стрелку на нуль;

- нажимают кнопку, конструктивно совмещенную с первым зажимом, а рукояткой переменного резистора г. которая помещается на правой боковой стенке прибора, добиваются установки стрелки на отметке «00». Если стрелка не доходит до этой отметки, заменяют дисковый аккумулятор или присоединяют к третьему и четвертому зажимам гальванический элемент;

- отпустив кнопку, касаются щупом проверяемого электрооборудования, которое должно быть включено под напряжение. Прибор в этом положении работает как индикатор напряжения (вольтметр невысокой точности) с пределом измерения 380 В и приблизительной ценой первого деления 60 В. Если стрелка отклонилась от нуля хотя бы на часть первого деления, это значит, что у данного электроприемника повреждена изоляция и по защитному проводнику протекает ток; падение напряжения на сопротивлении проводника от тока повреждения и обнаруживает прибор. При этом нельзя нажимать кнопку прибора во избежание его повреждения. Если стрелка прибора не отклонялась, нажимают кнопку и считывают значение сопротивления.

Если измеренное значение сопротивления нулевого защитного проводника оказалось более 0,1 Ом, нужно; проверить эффективность зануления путем измерения Z_n - сопротивления петли из фазного и нулевого проводников, как в работе № 8, а когда больше нормы оказалось сопротивление защитного заземляющего проводника, рекомендуется отъединить его от корпуса электроприемника, зачистить контактные поверхности и, снова присоединив проводник, повторить измерение сопротивления.

При отсутствии прибора М-372 можно воспользоваться микроомметром М-246 или других типов. Заменой прибору М-372 может служить измеритель заземлений, если присоединить зажимы «I1» и «E1» измерителя;

МС-08 (или зажимы «1» и «2» прибора М-416) двумя отдельными, возможно более короткими изолированными проводами площадью сечения 2,5...4 мм² к магистрали зануления под болт, а зажимы «I2» и «E2» прибора МС-08 (или «3» и «4» прибора М-416) также отдельными, но более длинными проводами к щупу. В качестве щупа можно использовать напильник со смонтированным на нем зажимом. Измерения приходится делать вдвоем. Сначала надо скомпенсировать сопротивление соединительных проводов. Для этого один из испытателей создает щупом надежный контакт с магистралью зануления или заземления вблизи места присоединения к ней проводов от зажимов «I1» и «E1», а второй при положении переключателя диапазонов «Измерение х0,01» вращает рукоятку индуктора у прибора МС-08 с обычной скоростью (1,5... 2,5 с-1) и рукояткой переменного резистора на боковой стенке прибора добивается нулевого показания. Прекратив вращение индуктора и рукоятки резистора, добиваются надежного контакта щупа с корпусом оборудования, защитный проводник которого проверяют, и, вновь вращая рукоятку индуктора, считывают показания прибора.

При компенсации и при измерении рукоятку индуктора нужно начинать вращать осторожно, так как при плохом контакте щупа с магистралью или корпусом прибор может выйти из строя. При выполнении лабораторной работы лучше всего вместо щупа создавать контакт с магистралью и корпусом, используя смонтированные на них зажимы. Если стрелка прибора отклоняется за максимальные пределы шкалы, это свидетельствует о плохом контакте. В этом случае следует немедленно прекратить вращать рукоятку.

Удельная электрическая проводимость земли на разной глубине различна. Это зависит от структуры разных слоев грунта, их влажности. Если слоев более двух, землю приводят к эквивалентной двухслойной. Учет двухслойности земли обязателен при проектировании сравнительно крупных и относительно дорогих заземлителей, например в электроустановках напряжением выше 1000 В с эффективно заземленной нейтралью (подстанции напряжением 110/10 кВ и выше), за исключением случаев, когда отношение большего и меньшего расчетных удельных сопротивлений слоев оказывается менее двух. Для расчета заземлителей электроустановок напряжением выше 1000 В с изолированной нейтралью (подстанции напряжением 35/10 кВ, 10/0,4 кВ) допускается считать землю однослойной, однако и для подстанций напряжением 35/10 кВ при $\rho_p > 500$ Ом·м учет двухслойности земли может дать уточнение расчета и экономию металла и затрат.

Заземлители подстанций напряжением 110 кВ, а при $\rho_p > 500$ Ом·м и подстанций 35/6...10 кВ представляют собой горизонтальную сетку, образованную замкнутым горизонтальным контуром, выравнивающими потенциал горизонтальными проводниками внутри контура и некоторым числом вертикальных стержней на периметре сетки (для выравнивания потенциалов у входов и въездов), а также вблизи мест присоединения к общему заземлителю молниеотводов, расположенных на порталах.

Ниже приводится один из наиболее простых методов определения сопротивления сетчатого заземлителя в двухслойном грунте $R_{с.д.}$. По существу расчет сводится к расчету в эквивалентном однослойном грунте с эквивалентным расчетным удельным электрическим сопротивлением $\rho_э$, которое определяется через удельные сопротивления слоев в зависимости от геометрических характеристик этих слоев и заземлителя:

$$R_{с.д.} = A \frac{\rho_э}{\sqrt{S}} + \frac{\rho_э}{L}$$

Здесь

$$A = 0,444 - 0,84 (l_э + t) / \sqrt{S} \text{ при } 0 < (l_э + t) / \sqrt{S} \leq 0,1$$

или

$$A = 0,385 - 0,25 (l_g + t) / \sqrt{S} \text{ при } 0,1 < (l_g + t) / \sqrt{S} \leq 0,5$$

l_v - длина одного вертикального стержня, м; t - глубина заложения горизонтальных элементов, м; S - площадь, охваченная сетчатым заземлителем, м²; L - суммарная длина всех его металлических элементов, включая вертикальные, м; ρ_{Σ} - эквивалентное удельное электрическое сопротивление земли, Ом·м;

$$\rho_{\Sigma} = \rho_1 \left(1 - e^{-\alpha h_1 / \sqrt{S}}\right) + \rho_2 \left(1 - e^{-\beta \sqrt{S} / h}\right)$$

где ρ_1 и ρ_2 - расчетные значения удельного электрического сопротивления верхнего и нижнего слоев соответственно, Ом·м; α и β - безразмерные коэффициенты, зависящие от соотношения ρ_1 и ρ_2 , если $\rho_1 > \rho_2$, то $\alpha=3,6$ и $\beta=0,1$, а если $\rho_1 < \rho_2$, то $\alpha=110$ и $\beta=0,003$; h_1 - толщина верхнего слоя земли, м.

Пример 17.1. Определить с учетом двухслойности земли сопротивление заземлителя подстанции напряжением 110/10 кВ. Заземлитель - горизонтальная сетка с размерами 100x50 м и с выравнивающими полосами, проложенными вдоль большей стороны на расстоянии в среднем 2,5 м одна от другой и вдоль меньшей стороны в среднем на расстоянии 5 м. К сетке присоединены вертикальные электроды длиной по 5 м, расположенные вблизи мест присоединения к заземлителю молниеотводов, а также у входов и въездов на территорию, охваченную сетчатым заземлителем. Всего $n_v=12$ вертикальных электродов. Известно, что $t=0,7$ м, $h_1=2$ м, $\rho_1=120$ Ом·м, $\rho_2=60$ Ом·м, ток короткого замыкания, стекающий с заземлителя, $I_k=3$ кА.

Решение. Находим $\rho_1/\rho_2=2$, что не менее двух. Значит, учет двухслойности земли необходим.

$$\sqrt{S} = \sqrt{100 \cdot 50} = 70,7 \text{ м}^2$$

$$(l_g + t) / \sqrt{S} = (5 + 0,7) / 70,7 = 0,08 < 0,1$$

$$\text{Поэтому } A = 0,444 - 0,84 \cdot 0,08 = 0,377$$

$$\rho_{\Sigma} = 120 (1 - e^{-3,6 \cdot 2 / 70,7}) + 60 (1 - e^{-0,1 \cdot 70,7 / 2}) = 69,9 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

При определении ρ_{Σ} можно воспользоваться программой для программируемого микрокалькулятора типа МК-61, приведенной в приложении П-20.

Всего выравнивающих полос вдоль большей стороны $n_v.p.=50/2,5-1=19$ и вдоль меньшей стороны $n_v.p.=100/5-1=19$. Их общая длина $19 \cdot 100 + 19 \cdot 50 = 2850$ м.

Периметр контура $2 \cdot 100 + 2 \cdot 50 = 300$ м. Общая длина вертикальных стержней $12 \cdot 5 = 60$ м. $L = 2850 + 300 + 60 = 3210$ м, $R_{с.д} = 0,377 \cdot 69,9 / 70,7 + 69,9 / 3210 = 0,395$ Ом, что не превышает допустимого значения 0,5 Ом.

Напряжение на заземлителе, с которого возможен вынос потенциала, не должно превышать 10 кВ, а если оно превышает 5 кВ, должны быть приняты меры по защите изоляции кабелей связи и телемеханики, выходящих за пределы заземлителя подстанции, от пробоя с заземленной оболочки на жилы кабеля.

$$\text{Проверяем: } U_3 = I_k R_{с.д} = 3 \cdot 0,395 = 1,18 \text{ кВ} < 5 \text{ кВ}.$$

Железобетонные фундаменты производственных зданий можно применять в качестве естественного заземлителя для электроустановок, расположенных в здании или примыкающих к нему, в любых грунтах, кроме скальных или песков с влажностью меньше 3%. При этом можно не сооружать искусственные заземлители и быть уверенным, что требования ПУЭ к R_z заземляющего устройства выполняются, если соблюдаются следующие условия.

Для электроустановок напряжением $U_N > 1000$ В с эффективно заземленной нейтралью (подстанции напряжением 110 кВ и выше)

$$\sqrt{S_n} \geq K_1 \rho_p$$

где S_n - площадь, ограниченная периметром здания, м²; $K_1 = 1$ Ом-1; $\rho_p \leq 500$ Ом·м.

2. Порядок выполнения работы.

2.1. Ознакомиться с принципом действия и порядком использования прибора М-372 и выполнить измерение на лабораторном стенде.

2.2. Ознакомиться с использованием измерителей заземлений типа М-416 или МС-08 и выполнить измерение на лабораторном стенде.

2.3. Изучить методику расчета заземлителей в двух слойной земле и определить сопротивление заземлителя подстанции напряжением 110/10 кВ, а также условие удовлетворительности фундаментного заземлителя для своего варианта исходных данных.

2.4. Сравнить полученные результаты с допустимым значением для данного заземлителя.

2.5. Если условие удовлетворительности фундаментного заземлителя не соблюдается, найти его сопротивление заземления, как естественного заземлителя.

Если сопротивление заземлителя окажется больше нормы, площадь нужно увеличить с выходом за ограду подстанции.

Для заданных исходных данных определить, требуется ли, кроме фундаментного заземлителя, сооружать дополнительный искусственный заземлитель, а также - какое сопротивление он должен иметь.

Содержание отчета. Схема подключения к проверяемому защитному проводнику прибора, использованного при измерении; результат измерения и вывод о соответствии или несоответствии его норме, о необходимых мероприятиях при несоответствии; расчет заземлителя подстанции напряжением 110/10 кВ для своего варианта исходных данных; расчетная проверка, требуется ли сооружать искусственный заземлитель заданной подстанции, кроме фундаментного заземлителя, и значение сопротивления искусственного заземлителя в этом случае.

Таблица 1. - Варианты исходных данных для расчета заземлителей подстанций напряжением 110/10 кВ и фундаментных заземлителей

Номера вариантов	Удельное сопротивление слоев земли, Ом·м		Толщина верхнего слоя h , м	Площадь, охватываемая контуром заземления*, $a \times b = S$, м ²	Глубина заложения горизонтальных элементов t , м	Вертикальные элементы		Расстояние (м) между выравнивающими полосами, проложенными вдоль стороны контура		Расчетный ток I_z , кА	Фундаментный заземлитель предназначен для подстанции напряжением, кВ	Площадь, занятая зданием, S_z , м ²
	верхнего ρ_1	нижнего ρ_2				длина l_B , м	число n_B	меньшей a_1	большей a_2			
1	60	500	3,0	60×100	0,8	3,0	12	3,0	4,0	2,0	10/0,4	400
2	200	80	0,7	80×42	0,65	3,0	10	4,0	5,0	2,5	35/10	1600
3	150	60	1,0	100×38	0,7	5,0	20	3,5	6,0	4,0	110/10	3600
4	30	100	0,5	70×53	0,5	2,5	7,0	2,5	4,5	1,5	6/0,4	100
5	50	100	2,5	80×60	0,7	5,0	15	3,0	5,0	3,5	35/6	4000
6	100	50	2,0	50×80	0,8	4,0	13	3,5	5,5	5,0	110/35/10	6400
7	200	50	0,6	60×100	0,6	3,5	8	4,0	3,0	3,0	20/64	2500

2.14. Лабораторная работа № ЛР-14 (2 часа).

Тема: «Защитное отключение и расчет естественных заземлителей»

2.14.1 Цель работы: изучить принципы действия устройств защитного отключения (УЗО), применяемых в сельском хозяйстве.

2.14.2 Задачи работы:

1. Освоить методику определения расчетом сопротивления естественных заземлителей.

2.14.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Справочные материалы.
2. Табличные данные.

2.14.4 Описание (ход) работы:

1. Общие сведения

Защитным отключением в электроустановках до 1000 В называется автоматическое отключение всех фаз или полюсов участка сети, обеспечивающее безопасные для человека сочетания тока через тело и времени его протекания при замыканиях на корпус или снижении сопротивления изоляции ниже определенного значения. Продолжительность срабатывания современных УЗО - сотые доли секунды. За такое время для человека практически безопасны токи через тело до 500 ... 650 мА и соответствующие напряжения прикосновения, приложенные к телу на пути от руки к ногам (до 500...650 В для взрослого человека).

При использовании зануления защита (например, плавкие предохранители) срабатывает за много большее время: иногда за десятки секунд.

Как и все защитные меры (технические способы защиты человека), защитное отключение можно использовать и как единственный способ защиты, и в сочетании с другими.

В сельском хозяйстве используются следующие 3 принципа действия УЗО (рис. 19.1): по напряжению, появляющемуся на корпусе электроприемника (УЗО по напряжению на корпусе), по току нулевой последовательности в установках с глухозаземленной нейтралью и с занулением и по току утечки через изоляцию на корпус, на землю. Хотя токи утечки также имеют нулевую последовательность, последние УЗО обычно выделяют в отдельную разновидность, так как они могут применяться в сетях как с заземленной, так и с изолированной нейтралью, обладают высокой чувствительностью и могут защищать людей не только при повреждении изоляции, но и в случаях прикосновения к токо- ведущим частям, на которые приходится не менее половины всех поражений электрическим током.

Одним из первых начал применяться принцип УЗО по напряжению на корпусе. На рисунке 1, а приведена упрощенная схема ХИОТ. Между корпусом электроприемника М и вспомогательным заземлителем Е включена катушка реле напряжения KV, которое срабатывает при появлении напряжения на корпусе выше уставки реле (например, 12 В) и действует на катушку отключения YAT установочного автоматического выключателя QF (или на катушку магнитного пускателя). Вспомогательный заземлитель Е проще и дешевле, чем защитное заземление или повторное заземление в системе зануления, так как может иметь гораздо большее сопротивление (например, 120 Ом, а не 4...30 Ом). Однако для избирательного отключения именно поврежденного электроприемника, если их несколько, вспомогательные заземлители у каждого должны быть отдельными и, кроме того, должны отстоять от фундамента защищаемого электроприемника на расстоянии 10... 20 м, иначе на заземлителе Е и на корпусе М, с которого ток может стекать не только через KV, но и через фундамент, будет приблизительно одинаковый потенциал и реле KV не сработает. Можно обходиться без вспомогательного заземлителя (рис. 19.1, б - схема МИОТ), однако такое УЗО менее чувствительно и менее надежно, чем выполненное по схеме а. Из-за недостатков УЗО по напряжению их применяют редко.

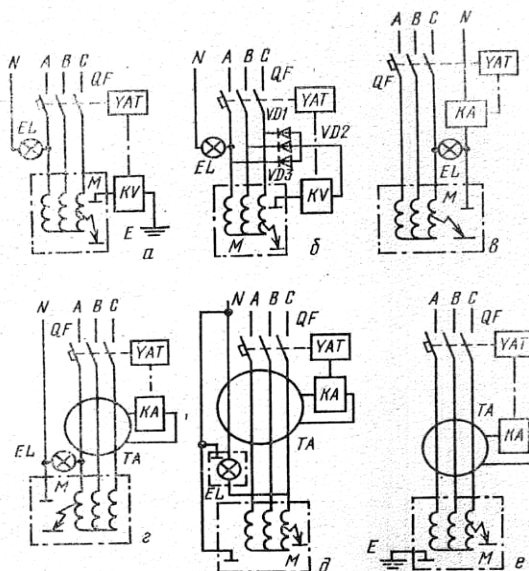


Рис. 1. Принципы действия устройств защитного отключения: а и б - по напряжению на корпусе (а - схема ХИОТ; б - схема МИОТ); в и г - по току нулевой последовательности; д и е - по току утечки через изоляцию (д - в случае трехфазно-однофазной нагрузки с рабочим нулевым и отдельным защитным нулевым проводами; е - при трехпроводной силовой сети).

УЗО по току нулевой последовательности (рис.1, в, г) имеет ток срабатывания порядка сотен миллиампер или единиц ампер и выше. Ток срабатывания должен быть больше рабочего тока в нулевом проводе, когда имеются однофазные электроприемники ЕЛ. Обычно он меньше рабочего тока в фазе, так что эти УЗО повышают чувствительность и быстродействие в сравнении с работой защиты от однофазных коротких замыканий в системе зануления. Практически схема в (рис. 1) применяется в КТП напряжением 10/0,4 кВ, изготовляемом Минским трансформаторным заводом. Студенты знакомятся с ним в курсе «Электроснабжение сельского хозяйства».

В схемах защитного отключения по току утечки (рис. 1, д, е) преобразователем (датчиком) тока утечки служит трансформатор тока нулевой последовательности ТА с кольцевым магнитопроводом, сквозь который при четырехпроводной сети со смешанной трех-фазно-однофазной нагрузкой должны проходить все 4 рабочих провода, а если УЗО сочетается с занулением, то нулевой защитный проводник (5-й) должен присоединяться к рабочему нулевому проводу до ТА по ходу энергии, как показано на рисунке 1, д. При отсутствии утечки магнитные потоки от токов всех рабочих проводов взаимно компенсируются. На рисунке 19.2 показаны векторы токов и магнитных потоков

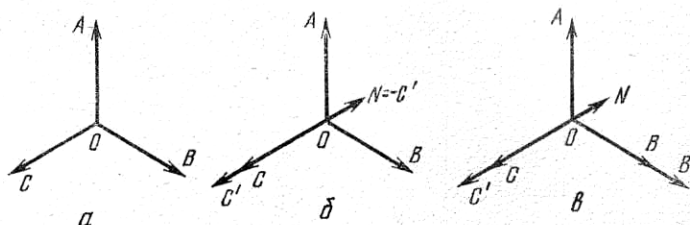


Рис. 19.2. Векторы токов и магнитных потоков в трансформаторе тока нулевой последовательности ТА на рисунке 1:

а - при симметричной нагрузке; б - при наличии силовой и однофазной нагрузки; в - при появлении тока утечки на фазе В.

в трансформаторе ТА этой схемы при симметричной трехфазной нагрузке и отсутствии тока утечки (а); при несимметричной, трехфазно-однофазной нагрузке (последняя - на фазе С) и отсутствии тока утечки (б); при трехфазно-однофазной нагрузке и появлении тока утечки В' в фазе В (в).

Появление соответствующего магнитного потока, который в отличие от случаев а и б не уравнивается потоками от других фаз, приводит к появлению тока во вторичной обмотке и срабатыванию УЗО.

На рисунке 3 показана принципиальная схема стенда для выполнения данной лабораторной работы. Сплошными линиями показаны части схемы, соединенные за стендом, пунктиром - те, которые студенты соединяют для сборки схемы УЗО по напряжению на корпусе, штрихпунктирные добавляются для сборки схемы УЗО по току утечки, увеличение которого имитируется реостатом R . Электроприемником тогда служит лампа EL , а реле KV остается в качестве выходного промежуточного реле, поскольку примененное реле KA имеет замыкающий контакт, а для отключения магнитного пускателя KM надо разорвать цепь его катушки.

Одно из самых современных УЗО, применяемых в сельской местности в ремонтных мастерских, в школах, типа УЗО 10.2.010.П.УХЛ2.

Устройство однофазное на $U_N=220$ В; $I_n=10$ А (при $\cos\varphi = 0,7$). Номинальное значение тока срабатывания 10 мА при температуре окружающей среды $+20 \dots \pm 5$ °С. Пределы рабочих температур от -20 до $+50$ °С, причем ток срабатывания отклоняется от номинального на $\pm 25\%$ - Продолжительность срабатывания $t_c = 0,04$ с.

В сельском хозяйстве применяют также однофазное УЗО типа УЗОС 10.010УЗ (например для электрических садовых опрыскивателей), трехфазное трехпроводное (3Х380 В) типа ЗОУП-25 и трехфазное четырех-проводное реле РУД-05 (для сетей 380/220 В). Схемы и характеристики двух последних описаны в учебнике.

Кнопку «Контроль» любого УЗО полагается нажимать при каждом включении электроприемника в работу, но не реже 1 раза в 3 месяца.

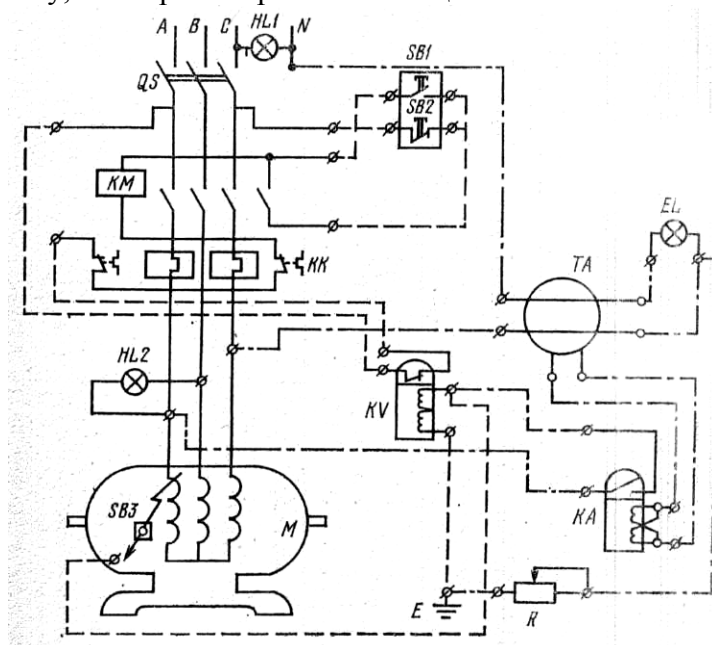


Рис. 3. Схема стенда для выполнения лабораторной работы: сплошные линии - соединения за стендом, нарисованные на его передней панели; пунктирные - добавляемые провода при сборке схемы ХИОТ; штрих- пунктирные - добавляемые для сборки схемы УЗО по току утечки вместе с пунктирными.

Определение сопротивления естественных заземлителей в виде нулевых проводов и железобетонных фундаментов изучалось в предыдущих работах. Сопротивление других естественных заземлителей (положенных в земле трубопроводов, свинцовых оболочек кабелей, стальных проводников, практически не изолированных от земли) зависит от их числа, при прокладке по одной трассе и от числа таких трасс, отходящих от места, где они будут присоединены к искусственному заземлителю. Перечисленные заземлители относятся к протяженным. Формулы для их расчета базируются на теории волновых процессов.

Назовем результирующее сопротивление всех естественных заземлителей одного вида (например кабелей), проложенных по всем трассам, их входным сопротивлением $Z_{e.вх}$. Оно определится по формуле

$$Z_{e.вх} = \sqrt{N} \left(\sum_{i=1}^n \frac{1}{Z_{\text{вх}i}} \right)^{-1} \quad (1)$$

где N - число трасс; $Z_{\text{вх}i}$ - входное сопротивление заземлителей данного вида, проложенных по одной i -й трассе, Ом:

$$Z_{\text{вх}i} = Z_{\text{в}i} \frac{R_{\Pi} + Z_{\text{в}i} \gamma l_i}{Z_{\text{в}i} + R_{\Pi} \gamma l_i} \quad (2)$$

Здесь $Z_{\text{в}i}$ - волновое сопротивление протяженного естественного заземлителя, Ом; R_{Π} - сопротивление растеканию тока в земле с заземляющего устройства потребителя, до которого проложены данные естественные заземлители (кабели, трубопроводы), Ом; γ - постоянная распространения волны, 1/м; l_i - длина естественного заземлителя на i -й трассе, м.

При наличии заземляющего устройства (или только естественных заземлителей) на приемном конце кабеля его металлические оболочки и броня должны быть соединены с заземляющим устройством. Трубопроводы, которые ведут в любой электрифицированный объект, также заземляют на нем (или зануляют, то есть через нулевой провод соединяют с повторным заземлением на вводе или на вводной опоре у этого объекта).

Значения $Z_{\text{в}i}$ и γ определяют по формулам

$$Z_{\text{в}i} = \frac{1,6}{n_i^{0,1}} \sqrt{\rho_p R'_{np}} \quad (3)$$

$$\gamma = \frac{0,62}{n_i^{0,1}} \sqrt{\frac{R'_{np}}{\rho_p}} \quad (4)$$

где n_i - число естественных заземлителей, проложенных по i -й трассе; ρ_p - расчетное удельное сопротивление земли, Ом·м. Когда имеются значения ρ для электрически многослойной земли, в качестве ρ_p можно в первом приближении принимать расчетное значение ρ_2 нижнего слоя; R'_{np} - погонное продольное сопротивление протяженного заземлителя, Ом/м (в отличие от удельного, Ом/км). Его определяют по следующим формулам: а) для кабелей с свинцовой оболочкой и броней

$$R'_{np} = \frac{0,32 \rho_{об}}{d_h b + 450 \rho_{об}} \quad (5)$$

б) для трубопроводов

$$R'_{np} = \frac{0,044}{d_h b} \quad (6)$$

в) для сплошного металлического проводника в земле

$$R'_{np} = \frac{0,32 \rho_{np}}{S_{np}} \quad (7)$$

Здесь $\rho_{об}$ - удельное электрическое сопротивление свинца (0,221 Ом·мм²/м); d_h - наружный диаметр кабеля или трубопровода, мм; b - толщина свинцовой оболочки кабеля или стенки трубы, мм; $\rho_{пр}$ - удельное электрическое сопротивление проложенного в земле неизолированного проводника, $\rho_{пр} = 0,138$ Ом·мм²/м для стали или 0,0184 Ом·мм²/м для меди; S_{np} - площадь сечения металлического проводника, мм².

Значения d_h и b зависят от конкретных типов и площади сечения кабелей и конструкций трубопроводов. Их можно найти в ГОСТах и каталогах или проспектах

промышленности на соответствующие изделия. Для примера в приложениях даны приближенные значения dB и b для кабелей типов СБ и АСБ, а также для водогазопроводных труб.

Пример 1. Тупиковая подстанция напряженной 110/10 кВ питается по линии, на подходе которой к подстанции на длине $l_t = 1$ км подвешен стальной грозозащитный трос площадью сечения 35 мм². Известно $R_{оп} = 10$ Ом. Определить входное сопротивление системы «трос - опоры», как естественного заземлителя.

Решение. По приложению П-23 находим значение $Z_{т.у} = 5$ Ом. Затем определяем

$$z_{т.о} = \sqrt{10 \cdot 5 \cdot 1} \approx 7 \text{ Ом}$$

Таблица 1. - Варианты исходных данных для расчета естественных протяженных заземлителей

Номера вариантов	Вид естественного заземлителя	Число трасс N	Число заземлителей на трассе n_i	Марка и площадь сечения кабеля	Условный проход трубы d , мм	Длина тросового пролета l_t , км	Площадь сечения проводника в земле $S_{пр}$ или троса S , мм ²	Расчетное удельное сопротивление земли ρ_p , Ом·м	Сопротивление заземлителя потребителя R_n , Ом	Длина трассы l_t , м	Сопротивление заземления одной опоры с тросом $R_{оп}$, Ом
1	Кабель	2	1	АСБ-10 3×150	—	—	—	700	10	300	—
2	Трубопровод	1	1	—	50	—	—	100	40	50	—
3	Стальной проводник	1	1	—	—	—	35	300	20	200	—
4	Система «трос — опоры»	1	—	—	—	0,8	50	—	—	—	30
5	Кабель	1	2	СБ-1 3×50 + 1×25	—	—	—	60	30	75	—
6	Трубопровод	2	2	—	125	—	—	200	15	150	—
7	Стальной проводник	1	2	—	—	—	100	500	50	100	—
8	Система «трос — опоры»	2	—	—	—	1,2	35	—	—	—	20

2. Порядок выполнения работы.

2.1. Изучить по приведенному ниже описанию принципы работы применяемых в сельском хозяйстве устройств защитного отключения.

2.2. Собрать схемы устройств на стенде и, имитируя однофазное замыкание на корпус защищаемого электроприемника кнопкой или увеличение тока утечки реостатом, убедиться в работоспособности УЗО.

2.3 Измерить первичный ток срабатывания одного из имеющихся в лаборатории УЗО заводского изготовления (по указанию преподавателя).

2.4. Убедиться в срабатывании этого устройства от кнопки «Контроль».

2.5. Изучить технические данные и особенности имеющихся образцов УЗО.

2.6. Изучить методику определения расчетом входного сопротивления естественных заземлителей и выполнить расчет для заданного варианта.

Выполнить пункты 1.6 задания, взяв исходные данные для расчета естественного заземлителя из таблицы вариантов 1.

Содержание отчета. Одна из схем УЗО, изученных в лабораторной работе (рис. 1, а, б, или рис. 3 - по выбору студента), измеренный ток срабатывания УЗО; расчет естественного заземлителя для своего варианта исходных данных.

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

3.1 Практическое занятие №1 (2 часа).

Тема: «Расчет нагрузок, создаваемых ударной волной»

3.1.1 Задание для работы:

1. Рассмотреть основные понятия и определения
2. Ознакомиться с методикой расчета .
3. Провести оценку степени разрушения объектов для проведения восстановительных работ.

3.1.2 Краткое описание проводимого занятия:

Ударная волна – это скачок уплотнения, распространяющаяся со сверхзвуковой скоростью тонкая переходная область, в которой происходит резкое увеличение плотности, давления и скорости вещества.

Например, при взрыве взрывоопасных веществ образуются высоконагретые продукты, обладающие большой плотностью и находящиеся под высоким давлением. В начальный момент они окружены покоящимся воздухом при нормальной плотности и атмосферном давлении. Расширяющиеся продукты взрыва сжимают окружающий воздух, причём в каждый момент времени сжатым оказывается лишь воздух, находящийся в определённом объёме; вне этого объёма воздух остаётся в невозмущённом состоянии. С течением времени объём сжатого воздуха возрастает.

Ударная волна в обычной среде — это всегда волна сжатия. Однако в тех системах, в которых скорость распространения возмущений уменьшается с ростом плотности, будет наблюдаться ударная волна разрежения.

Для характеристики ударной волны при взрыве газозвудушных смесей используются параметры по своему физическому содержанию аналогичные параметрам ударной волны при взрыве конденсированных взрывоопасных веществ.

Параметры ударной волны представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1.Параметры ударной волны ЯВ мощностью 30 Кт.

Параметры	Расстояние от центра взрыва (км)					
	0,5	0,75	1,0	1,5	2,0	2,5
Избыточное давление во фронте, кПа	135	75	48	26	17	12
Скорость фронта, м/с	494	432	402	374	364	357
Скорость воздуха во фронте, м/с	310	189	124	68	43	31

В случае возникновения ударной волны люди, здания, сооружения могут находиться под прямым или косвенным воздействием ударной волны. Прямое воздействие ударной волны на человека носит травматический характер, а при воздействии на здания, сооружения — разрушительный характер.

Прямое воздействие ударной волны на человека приводит к травматическим последствиям, тяжесть которых зависит от величины давления во фронте ударной волны. Все травмы подразделяются по степени тяжести на легкие, средние, тяжелые и крайне тяжелые.

Открыто расположенные люди получают легкие травмы при избыточном давлении во фронте ударной волны 20–40 кПа. В этом случае человек может получить незначительные повреждения: ушибы, вывихи конечностей, временное повреждение слуха, легкие контузии.

Средние травмы человек получает при давлении 40–60 кПа, которые характеризуются серьезными контузиями, повреждениями слуха, кровотечением из носа и ушей, вывихами, переломами конечностей.

Тяжелые травмы наступают при давлении 60–100 кПа и характеризуются тяжелыми контузиями, значительными переломами конечностей, сильным кровотечением из носа и ушей.

Крайне тяжелые травмы человек получает при избыточном давлении более 100 кПа и такие травмы, как правило, оканчиваются летальным исходом.

Прямое воздействие избыточного давления во фронте ударной волны и скоростной напор на здания, сооружения и т. д. приводит к их частичному или полному разрушению. Разрушения зданий, сооружений в зависимости от величины давления могут быть слабыми, средними, сильными и полными.

Полные разрушения - когда разрушаются все основные элементы здания, в том числе и несущие конструкции. Подвальные помещения могут частично сохраниться.

Сильные разрушения - когда разрушаются несущие конструкции и перекрытия верхних этажей, деформируются перекрытия нижних этажей. Использование здания невозможно, а восстановление нецелесообразно.

Средние разрушения - когда разрушаются крыши, внутренние перегородки и частично перекрытия верхних этажей. После расчистки часть помещений нижних этажей и подвалы могут быть использованы. Восстановление зданий возможно при проведении капитального ремонта.

Слабые разрушения - когда разрушаются оконные и дверные заполнения, кровля и лёгкие внутренние перегородки. Возможны трещины в стенах верхних этажей. Здание может эксплуатироваться после текущего ремонта.

Степень разрушения техники (оборудования):

Полные разрушения - объект не может быть восстановлен.

Сильные повреждения - повреждения, которые могут быть устранены капитальным ремонтом в заводских условиях.

Средние повреждения - повреждения, устраняемые силами ремонтных мастерских.

Слабые повреждения - это повреждения, существенно не влияющие на использование техники и устраняются текущим ремонтом.

Косвенное воздействие ударной волны происходит за счет действия на людей, здания, сооружения и другие объекты обломков (зданий, сооружений, падающих деревьев и др.), появляющихся в результате действия прямой ударной волны.

Для уменьшения поражающего действия ударной волны необходимо выполнять требования строительных норм и при строительстве не допускать отклонений от проекта в сторону ухудшения прочностных характеристик для удешевления строительства.

Под воздействием ударной волны создаются очаги поражения, разрушения, размеры которых зависят от мощности и вида взрыва, рельефа местности (рис. 1.1)

Граница очага поражения на равнинной местности условно ограничивается радиусом с избыточным давлением во фронте ударной волны 10 кПа (0,1 кгс/см). [5]



Рис.1.1 Очаги поражения при воздействии ударной волной

На параметры ударной волны заметное влияние оказывают рельеф местности, лесные массивы и растительность. На скатах, обращенных к взрыву с крутизной более 10° , давление увеличивается: чем круче скат, тем больше давление. На обратных скатах возвышенностей имеет место обратное явление. В лощинах, траншеях и других сооружениях земляного типа, расположенных перпендикулярно к направлению распространения ударной волны, метательное действие значительно меньше, чем на открытой местности. Давление в ударной волне внутри лесного массива выше, а метательное действие меньше, чем на открытой местности. Это объясняется сопротивлением деревьев воздушным массам, движущимся с большой скоростью за фронтом ударной волны.

Поражающее действие ударной волны воздушного ядерного взрыва больше чем наземного той же мощности, так как при воздушном взрыве дополнительно образуется отраженная волна, которая на некотором удалении от взрыва сливается с прямой волной и, соответственно, избыточное давление во фронте ударной волны увеличивается.

Нагрузки, создаваемые ударной волной в результате взрыва емкостей со сжатым газом, взрыва газовоздушной смеси, воздушного и наземного ядерных взрывов, приводят к разрушениям зданий, сооружений, оборудования, установок и т.д.

В результате разрушения объектов возникают чрезвычайные ситуации с соответствующими степенями разрушения, опрокидывания и смещения оборудования и установок.

Для принятия решений по проведению восстановительных работ на объектах, подвергшихся разрушению, необходимо провести оценку степени разрушения.

2. МЕТОДИКА РАСЧЕТА.

2.1. ВЗРЫВ ЕМКООСТИ СО СЖАТЫМ ГАЗОМ:

Тротиловый эквивалент, кг,

$$Q = A / 3,8, \quad (1.1.)$$

где A – работа взрыва (работа газа при адиабатическом расширении), МДж.

$$A = [(p_1 \cdot V)[1 - (p_2 / p_1)^{(m-1)/m}]] / (m - 1), \quad (1.2.)$$

где p_1 – начальное давление в сосуде, МПа; V – начальный объем газа, m^3 ;
 p_2 – конечное давление, МПа, $p_2 = 0,1 \cdot p_1$; m – показатель адиабаты, $m = 1,4$.

Безопасное расстояние, м, от места взрыва для человека

$$R_{\min} = 16 \cdot q^{1/3} \quad (1.3.)$$

Безопасное расстояние, м, места взрыва для жилой застройки

$$R_{\min} = 5 \cdot q^{1/2} \quad (1.4.)$$

2.2. ВЗРЫВ ГАЗОВОЗДУШНОЙ СМЕСИ.

Избыточное давление при взрыве газовой смеси, кПа,

$$\Delta p_{\phi} = (m \cdot H_T \cdot p_0 \cdot z) / (V_n \cdot c \cdot \rho \cdot T_0 \cdot R_H), \quad (1.5.)$$

где m – масса горючего газа, кг; H_T – теплота сгорания, кДж/кг, $H_T = 40 \cdot 10^3$ кДж/кг; $p_0 = 101$ кПа – начальное давление; z – доля участия взвешенного дисперсного продукта при взрыве, $z=0,5$;

V_n – объем помещения, м³; $c = 1,01$ кДж – теплоемкость воздуха; $\rho = 1,29$ кг/м³ – плотность воздуха;

$T_0 = 300$ К – температура в помещении; $R_H = 3$, коэффициент негерметичности помещения;

2.3. ЯДЕРНЫЙ ВЗРЫВ И ВЗРЫВ ЕМКОСТИ

Избыточное давление, кПа, во фронте ударной волны наземного и воздушного ядерного взрыва, а также при взрыве емкости со сжатым газом

$$\Delta p_{\phi} = \frac{105 \cdot (\sqrt[3]{0,5 \cdot q})}{R} + \frac{410 \cdot (\sqrt[3]{(0,5 \cdot q)^2})}{R^2} + \frac{1370 \cdot (0,5 \cdot q)}{R^3}, \quad (1.6.)$$

где R – расстояние от центра взрыва, м.

2.4. СТЕПЕНЬ РАЗРУШЕНИЯ ОБЪЕКТА ВОЗДЕЙСТВИЯ (ЗДАНИЯ, СООРУЖЕНИЯ И Т.Д.)

Степень разрушения объекта воздействия оценивают по критерию физической устойчивости (сильное, среднее, слабое), а объекты воздействия (оборудование, установки и т.д.) – по критерию опрокидывания и смещения.

2.4.1. Если под воздействием ударной волны с избыточным давлением элементы производственного комплекса разрушаются полностью, разрушение оценивается как сильное; если элементы производственного комплекса в этих условиях могут быть восстановлены в короткие сроки, разрушение оценивается как среднее или слабое.

Степень разрушения производственных комплексов в зависимости от избыточного давления может быть оценена следующим образом:

- для промышленного здания с металлическим или железобетонным каркасом: при избыточном давлении 50...60 кПа – сильное, 40...50 – среднее, 20...40 кПа – слабое;
- для кирпичного многоэтажного здания с остеклением: при избыточном давлении 20...30 кПа – сильное, 10...20 кПа – среднее, 8...10 кПа – слабое;
- для кирпичного одно- и двухэтажного здания с остеклением: при избыточном давлении 25...35 кПа – сильное, 15...25 кПа – среднее, 8...15 кПа – слабое;
- для приборных стоек: при избыточном давлении 50...70 кПа – сильное, 30...50 кПа – среднее, 10...30 кПа – слабое;

- для антенных устройств: при избыточном давлении 40 кПа – сильное, 20...40 кПа – среднее, 10...20 кПа – слабое;
- для открытых складов с железобетонным перекрытием: при избыточном давлении 200 кПа – сильное.

2.4.2. Степень опрокидывания и смещения антенного устройства или приборной стойки.

Скоростной напор взрыва, кПа,

$$P_{\text{ск.}} = 2,5 \cdot \Delta p_{\phi}^2 / (\Delta p_{\phi} + 7p_0), \quad (1.7.)$$

где p_0 – начальное скоростное давление, кПа, $p_0 = 101 \text{ кПа}$.

Допустимый скоростной напор взрыва, кПа, при опрокидывании антенного устройства или приборной стойки

$$P_{\text{ск.}}^{\text{доп.}} \geq (a / b) \cdot [G / (C_x \cdot S)], \quad (1.8.)$$

где a и b – высота и ширина объекта, м; G – масса объекта, кг; C_x – коэффициент аэродинамического сопротивления; S – площадь поперечного сечения приборной стойки, м².

Если скоростной напор взрыва больше допустимого при опрокидывании, то антенное устройство или приборная стойка опрокинется.

Допустимый скоростной напор взрыва при смещении антенного устройства или приборной стойки

$$P_{\text{ск.}}^{\text{см.}} \geq (f \cdot G) / (C_x \cdot S), \quad (1.9.)$$

где f – коэффициент трения.

Если скоростной напор взрыва больше допустимого при смещении, то антенное устройство сместится.

3.3.3 Результаты и выводы:

1. Выберите вариант
2. Ознакомьтесь с методикой расчета.
3. Выполните расчет в соответствии с выбранным вариантом.
4. Подпишите отчет и сдайте преподавателю.

3.2 Практическое занятие №2 (2 часа).

Тема: «Оценка радиационной обстановки»

3.2.1 Задание для работы:

1. Определить радиус зоны разрушения.
2. Определить величину уровня радиации через определенные интервалы времени.
3. Определить коэффициент защищенности укрытия.

3.2.2. Краткое описание проводимого занятия:

1. Общие сведения

В настоящее время практически в любой отрасли хозяйства и науки во все более возрастающих масштабах используются радиоактивные вещества и источники ионизирующих излучений. Особенно высокими темпами развивается ядерная энергетика. Атомная наука и техника таят в себе огромные возможности, но вместе с тем и большую опасность для людей и окружающей среды.

Ядерные материалы приходится возить, хранить, перерабатывать. Все эти операции создают дополнительный риск радиоактивного загрязнения окружающей среды, поражения людей, животных и растительного мира.

В случае аварии на химически опасных объектах происходит не только заражение приземного слоя атмосферы, заражение водных источников, продуктов питания, почвы, но может произойти массовое поражение людей, животных и растений АХОВ (аварийно химически опасные вещества).

Опасность поражения людей, сельскохозяйственных животных, растений требует быстрой оценки радиационной и химической обстановки и принятия на основе анализа и выводов из оценки решения на ведение спасательных работ в очаге радиоактивного загрязнения и химического заражения.

При авариях на объектах атомной энергетики, а также в случае применения ядерного оружия радиоактивному загрязнению подвергнется воздух, местность и расположенные на ней сооружения, техника и имущество.

Наиболее характерным вариантом обстановки для сельскохозяйственного объекта, расположенного, как правило, в загородной зоне, может быть такая ситуация, когда объект оказывается вне зон воздействия ударной волны и светового излучения ядерного взрыва, но подвергается опасному радиоактивному загрязнению. При этом варианте обстановки управление по делам ГО и ЧС объекта проводит оценку влияния радиоактивного загрязнения на производственную деятельность объекта. На основании оценки уровня радиации, защитных свойств жилых и производственных зданий, противорадиационных укрытий, а также транспортных средств вырабатывается режим работы сельскохозяйственного объекта, который бы исключал радиационные потери среди рабочих и служащих.

Радиационная обстановка - это ситуация, складывающаяся на объекте в результате радиоактивного загрязнения местности и всех расположенных на ней предметов и требующая принятия определенных мер защиты, исключающих радиационные потери среди населения и животных.

Под оценкой радиационной обстановки понимают определение показателей радиоактивного загрязнения местности и влияния их на людей, животных, растения и сооружения.

К основным показателям относят: уровни радиации на территории объекта и размеры зон радиоактивного загрязнения местности.

Оценка радиационной обстановки является обязательным элементом работы управлений по делам ГО и ЧС и командиров ГО гражданских организаций и проводится для принятия необходимых мер по защите людей, животных, кормов, продовольствия, воды, техники и других объектов.

Оценка радиационной обстановки может проводиться двумя способами:

- по результатам прогнозирования;
- по данным радиационной разведки.

Целью прогнозирования радиоактивного загрязнения местности является установление с определенной степенью достоверности местоположения и размеров зон радиоактивного загрязнения. Для прогнозирования радиоактивного загрязнения необходимо знать время взрыва; координаты центра (эпицентра) взрыва; мощность ядерного взрыва; вид взрыва; направление и скорость среднего ветра в районе взрыва.

Радиационная обстановка, выявленная методом прогноза, дает только приближенные характеристики радиоактивного загрязнения. Однако она обладает неоспоримым преимуществом - быстротой получения данных о возможном загрязнении, что обеспечивает своевременное принятие мер по организации защиты людей, помогает выбрать наиболее целесообразные способы действий, поставить задачи разведке.

Фактическая радиационная обстановка выявляется поданным разведки на основании измеренных уровней радиации после выпадения радиоактивных веществ из облака ядерного взрыва и образования следа облака на местности.

Для оценки радиационной обстановки необходимо иметь следующие исходные данные:

- время и вид ядерного взрыва, от которого произошло радиоактивное загрязнение объекта или маршрутов передвижения формирований;
- коэффициенты ослабления уровней радиации зданий, сооружений, убежищ, противорадиационных укрытий, транспортных средств, используемых для защиты;
- установленные для выполнения заданий допустимые дозы облучения;
- сроки выполнения поставленных задач;
- метеорологические данные (направление и скорость среднего ветра).

Время взрыва может быть установлено органами разведки или получено из управления по делам ГО и ЧС района или города. Если по каким-либо причинам время ядерного взрыва не установлено, то его определяют расчетным путем.

Если время ядерного взрыва неизвестно, то его определяют по скорости спада уровня радиации со временем. Для этого в какой-либо точке на территории объекта дважды одним и тем же прибором измеряют величину уровня радиации с определенным интервалом между замерами.

Затем рассчитывают отношение уровней радиации при втором и первом замерах $P_2:P_1$ - По найденному отношению и известному интервалу времени определяют время с момента взрыва до второго измерения.

Значение коэффициентов ослабления уровня радиации зданиями, противорадиационными укрытиями и транспортными средствами берут из справочных материалов. Коэффициент показывает, во сколько раз укрытие ослабляет воздействие уровня радиации, а следовательно, и дозу облучения.

Значение коэффициента определяют по зависимости

$$K_{\text{осл}} = P_{\text{вн}} + P_{\text{в}}$$

где $K_{\text{осл}}$ - коэффициент ослабления уровня радиации здания, сооружения, транспортного средства;

$P_{\text{вн}}, P_{\text{в}}$ - соответственно уровень радиации вне укрытия и внутри укрытия, Р/ч.

Допустимые дозы облучения устанавливают таким образом, чтобы они не вызывали у людей радиационных поражений. При установлении допустимых доз учитывают, что облучение может быть однократным и многократным.

Допустимые дозы для выполнения задания, как правило, определяют старшие начальники.

Сроки выполнения задач определяют старшие начальники, но по продолжительности они не должны превышать время, за которое личный состав может получить дозы выше допустимой.

Метеорологические данные управление по делам ГО и ЧС объекта будет получать с метеостанций или метеопостов.

2 Оценка радиационной обстановки

В начале излагаются исходные данные, в соответствии со своим вариантом (приложение 1), в следующей последовательности.

В результате аварии, уровень радиации на территории _____ через _____ часов после взрыва составил _____ Р/ч, установленная доза облучения _____ Р, время выпадения радиоактивных осадков _____ часов после взрыва.

Для защиты населения необходимо дополнительно построить противорадиационное укрытие (ПРУ) или щель из указанного преподавателем материала _____, вместимостью на _____ человек.

Для оценки обстановки необходимо:

1. Дать определение что такое устойчивость работы сельскохозяйственного объекта.
2. Определить предел устойчивости здания и МТП к воздействию ударной волны (Приложение №7).
3. Определить эталонный уровень радиации (на 1 час после взрыва) (P_1) на территории объекта

Воспользуемся формулой вычисления эталонной мощности:

$$P_1 = P_t t_{но}^{1.2} \quad (2.1)$$

где P_t – уровень радиации принятый на произвольный момент времени $t_{но}$, отсчитанный от момента взрыва.

4. Определить и вычертить график спада мощности дозы (P_t) за период 96 часов. От момента взрыва первые и вторые сутки определение делать на 1, 2, 6, 12, 18, 24, 30, 42, 48, часов, третьи и четвертые сутки на 60, 72, 84, 96

5. Определить дозу облучения персонала МТП за 4 суток при условии его работы на открытой местности (время смены составляет 8 ч):

$$D_4 = \frac{5 P_1 \Delta t^{-0.2}}{k_{защ}} \quad (2.2)$$

где Δt – время воздействия поражающего фактора, ч;

$\Delta t = t_p - t_{но}$

t_p – время работы, ч

$k_{защ}$ – коэффициент защиты здания, для открытой местности равен 1.

6. Определить требуемый коэффициент ослабления ($K_{тр.}$) при котором люди могут получить дозу облучения не более допустимой доза .

$$K_{Tr} = \frac{D_4}{D_{дон}} \quad (2.3)$$

7. Сравнивая коэффициент ослабления фактически ($K_{фак.}$) для зданий и сооружений (подвал) по заданию с коэффициентом требуемым ($K_{тр.}$) необходимо сделать вывод: устойчиво ваше сооружение радиоактивному заражению или неустойчиво $K_{фак.}$ выбирается из таблицы (приложение 2).

Защита населения

1. Определить расход материалов, продолжительность строительства и затраты труда на строительство ПРУ или щели, используя свои исходные данные (приложение № 7).

2. Определить режим защиты населения в создавшейся ситуации (приложение 3).

3. Определить время ввода формирований МТП и допустимую продолжительность их работы (смен) на территории зараженной радиоактивными веществами (приложение 4).

Определение уровня устойчивости работы МТП в чрезвычайных ситуациях

Для этого необходимо:

Определить степень загрязнения техники после выпадения радиоактивных осадков по формуле:

$$Q_{тех} = 80 P_{ос},$$

где $Q_{тех}$ – степень загрязнения техники, 80 – постоянный коэффициент, $P_{ос}$ – уровень радиации на момент выпадения радиоактивных осадков.

Делается вывод о возможности использования техники без обеззараживания (при крайней необходимости). (Приложение 5).

3.2. Определить расход материалов и время для дезактивации машин, используя способ обмывания струей воды (Приложение 6). Данные в приложении по продолжительности дезактивации объектов приняты для работы с одним брандспойтом и не включает время, необходимое на подготовку объектов к обработке и последующую чистку и смазку частей и деталей, подвергающихся коррозии. Расход ветоши дан с учетом необходимой сухой протирки и смазки наиболее ответственных частей.

3.2.3 Результаты и выводы:

1. Внимательно изучить вариант задания, выданный преподавателем.
2. Изучить основные положения и методику расчета.
3. Произвести оценку радиационной обстановки на объекте АПК.
4. Определить уровень устойчивости работы МТП в чрезвычайных ситуациях.

5. Сделать общие выводы по проделанной работе с указанием мероприятия по повышению устойчивости работы машинно-тракторного парка в чрезвычайной ситуации по защите населения, по подготовке объекта к работе в чрезвычайных ситуациях, по подготовке к восстановлению нарушенного производства, по подготовке системы управления. В ответах необходимо ссылаться на проделанные расчеты.

6. Оформить отчет и сдать преподавателю.

3.3 Практическое занятие № ПЗ-3 (2 часа).

Тема: «Прогнозирование параметров взрыва легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ) на нефтескладах в сельском хозяйстве»

3.3.1 Задание для работы:

1. Определить среднюю скорость, полное время истечения и расход бензина.
2. Определить площади разливного бензина.
3. Определить радиуса разлива.
4. Рост площади разлива бензина в зависимости от времени.
5. Расчет радиуса взрывоопасной зоны.
6. Величина избыточного давления при взрыве цистерны с бензином.

3.3.2 Краткое описание проводимого занятия:

1. Общие сведения

Современная нефтеперерабатывающая и нефтехимическая промышленность вырабатывает из нефти широкий ассортимент продуктов, необходимых народному хозяйству страны. Из всего многообразия этих продуктов значительную часть потребляет сельское хозяйство в качестве моторных топлив для двигателей внутреннего сгорания (бензин, керосин, дизельное топливо различных марок, мазут), смазочных и других масел и мазей, растворителей для смол, каучука и лакокрасочных материалов. Все эти продукты переработки нефти позволяют обеспечить длительную и безотказную работу МТП.

В процессе технического обслуживания и ремонта применяется большое количество различных моющих средств, лакокрасочных материалов, органических растворителей, значительная часть которых вырабатывается из нефти. Все нефтепродукты, необходимые сельскохозяйственному производству, с нефтеперерабатывающих и нефтехимических заводов различными видами транспорта доставляются к месту хранения потребления.

Легкая испаряемость, горючесть и повышенная взрывоопасность - свойства нефтепродуктов, опасные в пожарном отношении.

Пожар – это неконтролируемое горение вне специального очага, в результате которого уничтожаются или повреждаются материальные ценности, создается опасность для жизни и здоровья людей.

Горение - это быстро протекающий химический процесс окисления или соединения горючего вещества и кислорода воздуха, сопровождающийся выделением газа, тепла и света. Известно горение и без кислорода воздуха с образованием тепла и света. Таким образом, горение представляет собой не только химическую реакцию соединения, но и разложения.

Для того чтобы происходило горение требуется наличие трех условий:

1. Горючая среда (материал и предметы, способные гореть);
2. Источник зажигания (открытый огонь, искра, химические реакции с выделением большого количества тепла и т.п.);
3. Окислитель (наличие в воздухе кислорода более 14%. При снижении содержания кислорода до 10% горение переходит в тление). Если не будет хотя бы одного из этих условий, горения не произойдет. Например, при наличии горючей среды и источника зажигания, но отсутствии окислителя горение не произойдет. Окислителем может быть не только кислород, но и хлор, фтор, бром, йод, окислы азота и т.д.

Для того чтобы произошел пожар, требуется наличие четырех условий:

1. Горючая среда;

2. Источник зажигания;
3. Окислитель;
4. Пути распространения пожара (горючие вещества по которым огонь может распространяться на дальние расстояния).

Горючая среда (горючая нагрузка) представляет собой всю обстановку жилого помещения. Она может быть более или менее горючей в зависимости от содержимого этой среды. В этой связи существует понятие группы горючести веществ или материалов. По горючести все вещества и материалы подразделяются на 3 группы:

- негорючие - не способны к горению в воздухе, но тем не менее могут быть пожароопасными в виде окислителей или веществ, выделяющих горючие продукты при взаимодействии с водой(например, негорючий карбид кальция при контакте с влагой воздуха выделяет взрывоопасный газ ацетилен);

- трудногорючие - способны возгораться от источника зажигания, но самостоятельно не горят, когда этот источник удаляют;

- горючие - самовозгораются, а также возгораются от источника зажигания и продолжают гореть после его удаления.

Вспышка - процесс горения паровой фазы жидкого или твердого вещества, которая образуется под поверхностью горючего тела при воздействии на вещество открытого огня или раскаленного тела. По температуре вспышки различают легковоспламеняемые (до 45°C – ацетон, скипидар, спирт) и горючие (свыше 45°C - растительные масла, минеральные смазки).

Воспламенение – процесс, при котором вещество, нагреваясь до температуры кипения, продолжает гореть и тлеть до тех пор, пока происходит парообразование или выделение летучих углеводородов и других горючих соединений. Температура воспламенения выше температуры вспышки для горючих веществ на $5...30^{\circ}\text{C}$, для легковоспламеняемых – на $2...5^{\circ}\text{C}$.

Самовоспламенение – процесс самостоятельного ускорения реакции, проходящей в горении.

Пары нефтепродуктов в смеси с воздухом образуют взрывоопасные смеси. Пары нефтепродуктов в 2 - 2,5 раза тяжелее воздуха. В тихую погоду они стелются по земле и заполняют все пониженные места. Взрыв смеси возможен вблизи нефтехранилищ или в помещениях, частично заполненных парами нефтепродуктов. Взрыв происходит от искры, открытого пламени и даже от раскаленного предмета. Сила взрыва велика, она может привести к пожару и вызвать значительные разрушения.

При эксплуатации производств допускается незначительная утечка химических продуктов через небольшие, но в ряде случаев многочисленные рассредоточенные неплотности в аппаратуре и оборудовании.

Вследствие непредвиденной значительной разгерметизации технологических систем, а также по другим причинам в химических и нефтехимических производствах происходят и аварийные залповые выбросы взрывоопасных продуктов. Условия формирования взрывоопасных газовоздушных смесей при аварийных залповых выбросах существенно отличаются от условий переноса вредных веществ при малых утечках газов; значительно различаются и концентрации газовых смесей. При залповых выбросах нижний предел воспламенения смесей значительно превышает допускаемые концентрации по санитарным нормам

Аварийные залповые выбросы газов (паров) часто приводят к образованию в атмосфере взрывоопасного облака большого объема и последующему взрыву его.

При оценке пожарной безопасности веществ и материалов необходимо учитывать их агрегатное состояние. Поскольку горение, как правило, происходит в газовой среде, то в качестве показателей пожарной опасности необходимо учитывать условия, при которых образуется достаточное для горения количество газообразных горючих продуктов.

Предусматриваемые при проектировании каждого конкретного здания (сооружения, помещения) противопожарные мероприятия должны учитывать степень его пожарной или взрывной опасности, которая зависит от размещенного в этом здании (сооружении, помещении), производства.

В зависимости от характера технологического процесса различают производства пяти категорий: А, Б – взрывоопасные; В, Г и Д – пожароопасные.

Категория А – производства, где имеются: горючие газы с нижним пределом воспламенения до 10 % объема воздуха; жидкости с температурой вспышки паров до 28 °С включительно (при условии, что указанные газы и жидкости могут образовывать взрывоопасные смеси объемом более 5 % объема помещений); твердые вещества, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или между собой (клады бензина, спирта, карбида кальция и т.д.; газогенераторные помещения; участки отделения, где выполняются работы с красками и органическими растворами, и др.).

Категория Б – производства, в которых могут находиться: горючие газы с нижним пределом взрываемости более 10 % объема воздуха; жидкости с температурой воспламенения паров 28...61 °С включительно; жидкости, нагретые в условиях производства до температур вспышки и выше; горючие пыли или волокна с нижним пределом воспламенения до 65 г/м³ к объему воздуха. При этом указанные газы, жидкости и пыли могут образовывать взрывоопасные смеси объемом более 5 % объема помещения (склады лаков и красок, баллонов с кислородом или сжатым аммиаком; цехи по приготовлению травяной муки, комбикормов, белково-витаминных добавок, дроблению сухого сена, соломы, жмыха; машинные и аппаратные залы аммиачных компрессорных станций и др.).

Категория В – производства, где используются: жидкости с температурой вспышки паров выше 61 °С; горючие пыли и волокна с нижним пределом взрываемости более 65 г/м³ к объему воздуха; вещества, способные только гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или между собой; твердые горючие вещества и материалы (зерносушилки; элеваторы зерна; участки диагностики и ремонта двигателей; гаражи; столярные мастерские; отделения дробления и просеивания концентрированных кормов; цехи сушки молока, крови, яйцепродуктов и др.).

Категория Г – производства, в которых обрабатываются: негорючие материалы и вещества в горячем и расплавленном состоянии при наличии выделений лучистой теплоты, искр, пламени; производства с использованием твердых, жидких и газообразных веществ, сжигаемых или утилизируемых в качестве топлива (котельные; кузницы; сварочные участки; термические, травильные, лудильные отделения; машинные залы фреоновых холодильных установок и др.).

Категория Д – производства, связанные с обработкой негорючих веществ и материалов в холодном состоянии (токарный, инструментальный, разборочно-моечные цехи; овощехранилища; силосохранилища и др.).

Меры противопожарной защиты можно разделить на пассивные и активные.

Пассивные меры сводятся к архитектурно-планировочным решениям. При проектировании здания необходимо предусмотреть удобство подхода и проникновения в помещения пожарных подразделений, снижение опасности распространения огня между этажами, отдельными помещениями и зданиями, конструктивные меры, обеспечивающие незадымляемость зданий, противопожарные разрывы, преграды для распространения огня, выполнение конструкции здания из трудногорючих материалов и т. д.

Активные меры заключаются в создании автоматической пожарной сигнализации, установке систем автоматического пожаротушения, снабжении помещений первичными средствами пожаротушения и др.

Пассивные меры. Архитектурно-планировочные решения заключаются в зонировании территории предприятия и установлении между отдельными зданиями противопожарных разрывов.

2. Методика расчета.

1. Определение средней скорости; полного времени истечения; расхода бензина.

$$V_{cp} = \mu \cdot \sqrt{2g \cdot H} \quad (3.1)$$

где μ -коэффициент расхода жидкости (равен 0,3)

H-высота столба жидкости в цистерне (диаметр цистерны)

g- ускорение свободного падения (9,8 м/с²)

Полное время истечения ЛВЖ.

$$\tau = \frac{M_{ц}}{G}, \text{ мин} \quad (3.2)$$

где $M_{ц}$ -масса бензина в цистерне

G-расход бензина, кг/мин

$$M_{ц} = \rho_{жс} \cdot V_{жс} \cdot e \quad (3.3)$$

$\rho_{ж}$ - плотность ЛВЖ, кг/м³ (800 кг/м³)

$V_{ж}$ -полная емкость цистерны, м³

e-степень заполнения цистерны.

$$G = 60 \cdot V_{cp} \cdot \rho_{жс} \cdot S_0, \text{ кг/мин} \quad (3.4)$$

где S_0 - площадь сечения сливного прибора, м²

V_{cp} - средняя скорость истечения

$\rho_{ж}$ - плотность ЛВЖ

2. Определение площади разлитого бензина.

$$S_p = f \cdot e \cdot V_{жс}, \text{ м}^2 \quad (3.5)$$

где f-коэффициент разлива

при расположении цистерны в низине или на ровной поверхности, уклон до 1° равен 5

при расположении цистерны на возвышенности равен 12.

$V_{ж}$ - вместимость цистерны, м³.

3. Определение радиуса разлива

При расположении в низине:

$$R_p = \left(\frac{S_p}{\pi} \right)^{\frac{1}{2}}, \text{ м} \quad (3.6)$$

При расположении на возвышенности:

$$b = \left(\frac{k_{ук} \cdot S_p}{\pi} \right)^{\frac{1}{2}}, \text{ м} \quad (3.7)$$

$$a = \frac{4 \cdot S_p}{\pi \cdot b}, \text{ м.}$$

$k_{ук}$ - коэффициент характеризующий уклон.

При уклоне от 1° до 3° $k_{ук}=8$, более 3° $k_{ук}=16$.

4. Рост площади разлива бензина.

$$S_p(\tau) = \left(\frac{f \cdot G}{\rho_{жс}} \right) \cdot \tau \quad (3.8)$$

5. Расчет радиуса взрывоопасной зоны

$$R_{взп} = 3,2 \cdot k^{\frac{1}{2}} \cdot \left[\frac{P_n}{C_{нкр}} \right]^{0,8} \cdot \left[\frac{M_p}{\rho_n \cdot P_n} \right]^{0,33} \quad (3.9)$$
$$k = \frac{T}{14400}$$

где T - расчетная продолжительность поступления паров ЛВЖ в окружающее пространство, но не более 14400.

$$T = M_u / (J_p \cdot S_p) < 14400$$

P_n - давление насыщенных паров ЛВЖ при расчетной температуре

$C_{нкпр}$ - нижний концентрационный предел распространения пламени, равен 1,1.

M_p - масса паров ЛВЖ поступивших в открытое пространство за время полного испарения, но не более 14400 с кг.

ρ_n - плотность паров ЛВЖ, кг/м³

η - коэффициент принимаемый по таблице №2

M_m - молекулярная масса, кг/моль.

P_n - давление насыщенных паров

t_p - расчетная температура

V_0 - мольный объем, равный 22,413 м³кмоль⁻¹

Для определения радиуса взрывоопасности определим параметры

5.1. Масса пролитой ЛВЖ в зависимости от времени истечения:

$$M(\tau) = G \cdot \tau \quad (3.10)$$

5.2. Давление насыщенных паров:

$$P_n = 0,133 \cdot 10^{\left(5,14031 - \frac{695,019}{223,220 + t_p}\right)} \quad (3.11)$$

Константы уравнения:

$A=5,1403$

$B=695,019$

$CA=223,220$

5.3. Определение интенсивности испарения паров бензина при неподвижной среде:

$$J_p = 10^{-6} \cdot \eta \cdot M_m^{0,5} \cdot P_n \quad (3.12)$$

5.4. Определение расчетной продолжительности поступления паров бензина в окружающее пространство:

$$T = \frac{M_u}{J_p \cdot S_p} \quad (3.13)$$

5.5. Определение массы паров, поступления в окружающее пространство с полной поверхности пролитого бензина:

$$M_p = J_p \cdot T \cdot S_p \quad (3.14)$$

5.6 Определяем плотность паров бензина при расчетной температуре:

$$\rho_n = \frac{M_m}{V_0(1 + 0,00367 \cdot t_p)} \quad (3.15)$$

5.7. Определение радиуса взрывоопасной зоны при полной разгерметизации:

$$R_{взр.} = 3,2 \cdot k^{0,5} \cdot \left(\frac{P_n}{C_{нкпр}}\right)^{0,8} \cdot \left(\frac{M_p}{\rho_n \cdot P_n}\right)^{0,33} \quad (3.16)$$

5.8. Масса паров бензина, поступающих в окружающее пространство в зависимости от времени истечения:

$$M_p(\tau) = \left(\frac{J_p \cdot T \cdot f \cdot G}{\rho_{жс}}\right) \tau \quad (3.17)$$

Определим расчетное количество паров бензина, поступающее в окружающее пространство в зависимости от времени истечения

5.9. Радиус зоны загазованности взрывоопасности изменяется во времени в зависимости от количества паров бензина:

$$R_{\text{вз}} = \left[\frac{3,2 \cdot k \left(\frac{P_n}{C_{\text{нпнк}}} \right)^{0,8}}{(\rho_n \cdot P_n)^{0,33}} \cdot \left(\frac{J_p \cdot T \cdot f \cdot G}{\rho_{\text{ж}}} \right)^{0,33} \cdot \tau^{0,33} \right] \quad (3.18)$$

Рассчитаем радиус взрывоопасной зоны в любой момент времени.

6. Величина избыточного давления ΔP при взрыве ТВС, образовавшихся в результате аварии цистерны с бензином по формуле:

$$\Delta P = P_a \left(\frac{0,8 \cdot M_{\text{np}}^{0,33}}{R_{\text{вз}}^2} + \frac{3 \cdot M_{\text{np}}^{0,66}}{R_{\text{вз}}^2} + \frac{5 \cdot M_{\text{np}}}{R_{\text{вз}}^3} \right) \quad (3.19)$$

где P_a – атмосферное давление, кПа;

$R_{\text{вз}}$ – расстояние от геометрического центра облака ТВС кг;

M_{np} – приведенная масса паров ЛВЖ, кг.

6.1. Рассчитываем величину приведенной массы паров бензина при проливе всего количества бензина, находящегося в цистерне:

$$M_{\text{np}} = \left(\frac{Q_{\text{cr}}}{Q_o} \right) \cdot M_p \cdot K_z \quad (3.20)$$

где Q_{cr} – удельная теплота сгорания, кДж/кг;

Q_o – константа, равная $4,52 \cdot 10^3$ кДж/кг;

M_p – масса паров ЛВЖ в окружающем пространстве;

K_z – коэффициент участия горючего во взрыве, равный 0,1.

6.2. Определяем величину избыточного давления на границе взрывоопасной зоны:

$$\Delta P = P_a \left(\frac{0,8 \cdot M_{\text{np}}^{0,33}}{R_{\text{вз}}^2} + \frac{3 \cdot M_{\text{np}}^{0,66}}{R_{\text{вз}}^2} + \frac{5 \cdot M_{\text{np}}}{R_{\text{вз}}^3} \right)$$

Выводы по защите людей, выносятся на основе результатов оценки величины зоны взрывоопасности и величины избыточного давления при взрыве ТВС.

Таблица величины избыточного давления при различных расстояниях от центра разлива.

τ				
S_p				
$R_{\text{взр}}$				
$R_{\text{вз}}$				
ΔP				

3.3.3 Результаты и выводы:

1. Внимательно изучить вариант задания, выданный преподавателем.
2. Изучить основные положения и методику расчета.
3. Определить среднюю скорость полного времени истечения, расхода бензина.
4. Определить площадь разлитого бензина и радиус разлива.
5. Рассчитать величины избыточного давления на различных расстояниях от геометрического центра облака.
6. Внести данные в таблицу величины избыточного давления при различных расстояниях от центра разлива

7. Вычертить схему зоны разлива бензина, и размера взрывоопасной зоны в зависимости от времени продолжения аварии. Данная схема должна выполняться в масштабе выбранном произвольно. На ней должны быть показаны:

- а) объект непосредственного и место (участок) непосредственного разлива.
- б) объект народного хозяйства.
- в) расстояние от места выброса до ближайшего строения.

К схеме должны прилагаться условные обозначения.

8. Оформить отчет и сдать преподавателю.

3.4 Практическое занятие № ПЗ-4 (2 часа).

Тема: « Огнегасительные вещества и технические средства тушения пожаров.

Расчет пожарного запаса воды»

3.4.1 Задание для работы:

- изучить принципы работы и устройство огнетушителей, порядок их проверки;
- ознакомиться с пожарной классификацией производственных процессов и зданий в зависимости от огнестойкости, с методикой расчетов пожарного запаса воды и молниеотводов.

3.4.2 Краткое описание проводимого занятия:

1. Общие сведения

Пожаром называют неконтролируемое горение, наносящее материальный ущерб и создающее угрозу жизни и здоровью людей.

Горение представляет собой сложный химический процесс, в основе которого лежит реакция окисления горючих веществ, т. е. соединения их с кислородом воздуха или другими окислителями (фтор, бром, хлор и др.).

Обычно в воздухе содержится 20,95 % кислорода, Для поддержания реакции горения достаточно 16 % а при более низкой концентрации происходит тление горючих веществ, которое прекращается при содержании кислорода в воздухе менее 8 %. Один из основных способов подавления горения - снижение концентрации кислорода в воздухе путем введения в зону горения инертных газов, паров и аэрозолей негорючих веществ. Прекратить горение можно охлаждением зоны горения ниже критической температуры, изолированием горючих веществ от зоны горения и торможением скорости образования горючих паров и газов, химическим торможением реакции горения.

В соответствии с этим все огнегасящие вещества делятся на разбавляющие (инертные газы, порошковые составы, водяной пар и др.), охлаждающие (вода, твердый диоксид углерода, пена и др.), изолирующие (пена химическая и воздушно-механическая или смеси их, вода с загустителями, порошковые составы и др. и химически тормозящие реакцию горения (галоидированные углеводороды, некоторые марки порошковых составов, вода с добавками галоидированных углеводородов). Большинство огнегасящих средств обладают комбинированными свойствами.

Огнетушители служат для ликвидации небольших очагов возгораний или пожаров в их начальной стадии.

В зависимости от вида используемых огнетушащих средств они подразделяются на пенные (химические, воздушно-механические), газовые (углекислотные аэрозольные и углекислотно-бромэтиловые), порошковые, комбинированные и др.

Действие химических пенных огнетушителей ОХП- 10, применяющихся для тушения загораний различных материалов, в том числе легковоспламеняющихся жидкостей, основано на образовании пены при смешивании с щелочной и кислотных частей заряда. Они не эффективны при тушении веществ, горение которых происходит без доступа воздуха. Их нельзя применять для тушения электроустановок, находящихся под напряжением, а также для тушения щелочных металлов. Огнегасящий эффект достигается изоляцией горящего

вещества и снижением концентрации кислорода в зоне горения диоксидом углерода CO_2 , выделяющимся при разрушении пузырьков пены.

Конструктивно огнетушитель ОХП-10 представляет собой стальной корпус, в который помещена щелочная часть заряда (8,5 л). Она состоит из водного раствора гидрокарбоната натрия NaHCO_3 (400 г) и солодкового экстракта (50 г). Для повышения стойкости пены в щелочную часть добавляется небольшое количество вспенивателя (паста РАС или карбоксиметилцеллюлоза). Кислотная часть заряда (450 г) помещена в полиэтиленовый стакан и представляет собой смесь серной кислоты H_2SO_4 с сульфатом железа $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ и сульфата алюминия $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$. В нерабочем состоянии кислотная часть заряда закрыта в стакане клапаном, который укреплен штоке и прижимается к седлу стакана пружиной. С другой стороны шток клапана крепится к эксцентриковой рукоятке. Для приведения в действие огнетушителя следует повернуть вверх рукоятку 6 и перевернуть огнетушитель. При этом шток с клапаном, сжимая прижимную пружину, переместится к горшке и обеспечит соединение щелочной и кислотных частей заряда через отверстия. В результате реакции выделяется большое количество диоксида углерода, который интенсивно вспенивает раствор, и при достижении давления 0,1 МПа разрывает запорную мембрану и выбрасывает пену струей через распылитель. Кратность образуемой пены, объем ее 43 л, длина струи пены 6 м, время выброса пены 60 с. Температурные пределы использования огнетушителя: от +2 до +30°C. При добавлении в щелочную часть заряда огнетушителя этиленгликоля, препятствующего замерзанию, его можно использовать и при отрицательных температурах. Конструкция огнетушителя химического воздушно-пенного ОХВП-10 аналогична ОХП-10. Разница состоит в том, что в огнетушителе ОХВП-10 (рис. 4.1) на распылитель наворачивается пенная насадка 9, которая перемешивает химическую пену с воздухом. Рабочий заряд огнетушителя ОХВП-10 состоит из: а) щелочной части, в которую входят гидрокарбонат натрия (450 г), пенообразователь ПО-1 (500 см³) и вода (8 л); б) водного раствора серной кислоты плотностью 1,51 (200 см³).

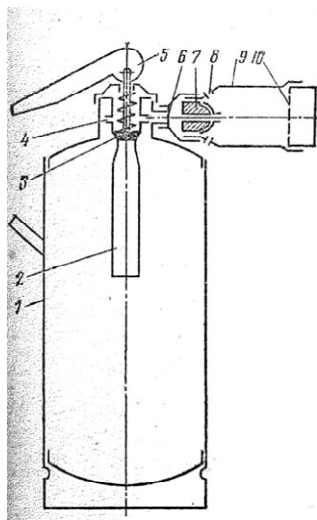


Рис.4.1 Схема огнетушителя ОХВП-10:

1 – корпус; 2 – стакан; 3 – клапан; 4 – выходные отверстия; 5 – пусковая рукоятка; 6 – запорная мембрана; 7 – распылитель; 8 – окна для эжектирования воздуха; 9 – корпус пенной насадки; 10 – сетка.

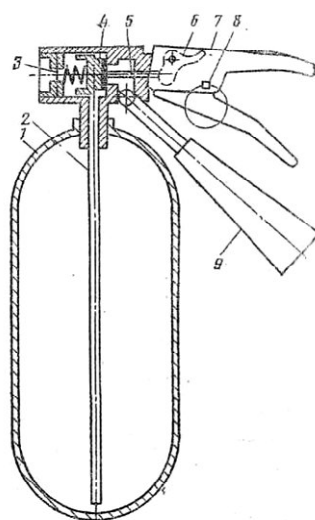


Рис.4.2. Схема огнетушителя ОУ-2:

1 – баллон; 2 – сифонная трубка; 3 – предохранительная мембрана; 4 – клапан; 5 – шток; 6 – пусковая кулиса; 7 – пусковой рычаг; 8 – предохранительная чека с кольцом; 9 – раструб.

Огнетушитель ОХВП-10 приводится в действие так же, как и ОХП-10. Образующаяся при смешивании щелочной и кислотной частей пена под действием избыточного давления диоксида углерода разрывает запорную мембрану 6 и поступает в пенную насадку 9,

Проходя через распылитель 7, она дробится на мелкие капли, засасывает окружающий воздух через окна 8 в задней части насадки, перемешивается с ним, продавливается через сетку 10 и выбрасывается наружу. Объем вырабатываемой пены достигает 500 л при кратности до 55, длина струи 3 - 5 м, время действия огнетушителя 40 - 60 с.

Ознакомиться с устройством и принципом действия углекислотных огнетушителей ОУ-2, ОУ-5.

Углекислотные огнетушители ОУ-2, ОУ-5 предназначены для тушения небольших загораний различных веществ (кроме веществ, горение которых может происходить без доступа воздуха) и электроустановок, находящихся под напряжением не выше 1000 В, и применяются в диапазоне температур от -40 до +50°C

Огнетушители ОУ-2, ОУ-5 представляют собой толстостенные стальные баллоны 1 (рис. 4.2) объемом соответственно 2 и 5 л, в горловины которых ввернуты запорные головки с сифонной трубкой 2 и раструбами 9. Запорные головки имеют предохранительные мембраны 3, рассчитанные на давление разрыва 16 - 19 МПа.

В качестве рабочего заряда в огнетушителях используется сжиженный под давлением 6,0 МПа углекислый газ. Для приведения в действие необходимо выдернуть предохранительную чеку 8, нажать на пусковой рычаг, который открывает запорный клапан 4. После этого диоксид углерода проходит через сифонную трубку 2, раструб 9 и выбрасывается наружу в виде белых снегообразных хлопьев с температурой - 78,5°C. Огнегасящий эффект заряда основан на разбавлении концентрации кислорода в зоне горения (горение прекращается при концентрации диоксида углерода в воздухе не менее 30%) и на снижении температуры очага горения за счет поглощения теплоты при переходе диоксида углерода из твердого состояния в газообразное.

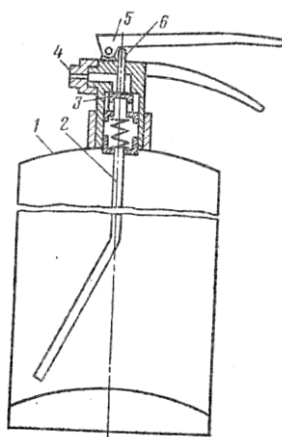


Рис.4.3. Схема огнетушителя ОУБ-3:

1 - корпус; 2 - сифонная трубка; 3 - клапан; 4 - распылитель; 5 - пусковая рукоятка; 6 - шток.

Масса заряда у огнетушителей ОУ-2 и ОУ-5 составляет соответственно 1,4 и 3,5 кг, длина струи выброса заряда 1,5 и 4,5 м, продолжительность выброса 15 с.

При использовании углекислотных огнетушителей следует помнить, что диоксид углерода - токсичный газ, его содержание в воздухе до 10 % опасно, а при 20 % смертельно опасно для человека (может наступить паралич органов дыхания).

Ознакомиться с устройством и принципом работы углекислотно-бромэтиловых огнетушителей ОУБ-3, ОУБ-7.

Огнетушители ОУБ-3, ОУБ-7 предназначены для тушения небольших загораний всех видов горючих и тлеющих материалов, а также электроустановок, находящихся под напряжением до 380 В. Они непригодны для тушения щелочных, щелочноземельных металлов и сплавов на их основе, т. к. в этом случае может произойти взрыв или усиление горения, а также для тушения других материалов, горение которых может происходить без доступа воздуха. Эти огнетушители применяются в диапазоне температур от -60 до +55 °С.

Огнетушители ОУБ-3, ОУБ-7 представляют собой тонкостенные баллоны 1 (рис. 4.3) с сифонной трубкой 2 внутри баллона и пусковыми головками рычажного типа с распылителями. В качестве огнетушащего заряда применяется состав 4НД (97 % бромистого этила и 3 % жидкого диоксида углерода). Для выталкивания заряда в корпус огнетушителей нагнетается (воздух под давлением 0,8 МПа. Огнегасящий эффект достигается химическим торможением реакции горения бромистым этилом, и он в несколько раз выше, чем у углекислотных огнетушителей. Диоксид углерода добавляется в заряд для улучшения распыления.

Чтобы привести в действие огнетушитель, необходимо вытащить предохранительную чеку, нажать на пусковой рычаг 5, который через шток 6 открывает запорный клапан 3. Под действием сжатого воздуха заряд проходит по сифонной трубке 2 и выбрасывается наружу через распылитель 4 в виде мелкодисперсного аэрозоля.

Объем баллона огнетушителей ОУБ-3 равен 3,2 л, огнетушителя ОУБ-7-7,4 л, масса заряда 3,5 и 8,0 кг соответственно, продолжительность выброса 20 и 30 с, длина струи выброса 3-4 м.

В огнетушителе ОУБ-3 могут применяться другие заряды: хладон 114В2, тетрафтордибромэтан, тогда ему присваивается марка ОХ-3; заряд «3,5», состоящий из 70 % бромэтилена и 30 % диоксида углерода, и прочие заряды, содержащие галоидированные углеводороды огнегасящий эффект у хладонового заряд; в 12 раз, у заряда «3,5», в 3,5 раза, а у заряда «4НД» в 4 раза сильнее, чем у диоксида углерода.

Ознакомиться с устройством и принципом работы ручных порошковых огнетушителей ОП-1 «Момент-2П» и ОП-10А.

Порошковые огнетушители предназначены для тушения легковоспламеняющихся и горючих жидкостей твердых горючих материалов, щелочных металлов, установок, находящихся под напряжением, а также для тушения очагов пожара в помещениях, где находятся ценные материалы. В качестве рабочих зарядов в порошковых огнетушителях наиболее распространены порошки ПСБ-3 (гидрокарбонат натрия, аэросил и нефелиновый концентрат), П-1А (аммофос и аэросил), ПФ (фосфорно-аммонийные соли, аэросил и тальк), ПО (карбонат натрия, графит), СИ-2 (силикагель МСК хладон 114В2) и др. Порошок выбрасывается из корпуса огнетушителя избыточным давлением рабочего газа (диоксид углерода, азот, воздух).

Огнегасящий эффект заряда основан на ингибировании химических реакций горения и разбавлении концентрации кислорода в зоне горения продуктами разложения порошков.

Огнетушитель ОП-1 «Момент-2П» (рис.4.4) представляет собой пластмассовый корпус 1 объемом 1 л, в котором находится порошковый состав. На корпус наворачивается головка 12. На головке установлен рычаг включения огнетушителя, шток 8 с клапаном 6 и иглой, корпус стаканчика 4 для баллончика 3 с рабочим газом (диоксидом углерода) и сифонная трубка 2.

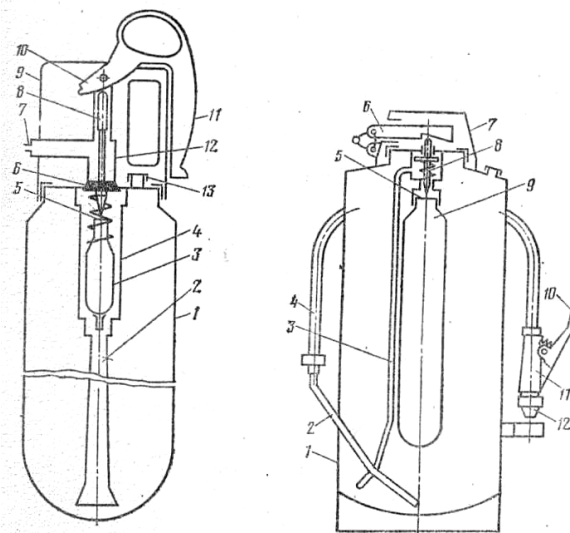


Рис.4.4 Схема огнетушителя ОП-1 «Момент- 2П»:

1 – корпус; 2 – сифонная трубка; 3 – баллончик для рабочего газа; 4 – стаканчик для баллона; 5 – мембрана; 6 – клапан; 7 – щелевая насадка; 8 – шток; 9 – колпачок головки; 10 – хвостовик; 11 – рычаг; 12 – головка; 13 – пробка.

Рис.4.5. Схема огнетушителя ОП-10А:

1 – корпус; 2 – металлическая трубка; 3 – трубка подачи рабочего газа; 4 – прорезиненный шланг; 5 – мембрана; 6 – конусная чека; 7 – крышка головки; 8 – игла; 9 – баллончик для рабочего газа; 10 – ручка; 11 – запорный пистолет; 12 – распыляющая насадка.

Для приведения в действие огнетушителя необходимо резко поднять вверх до отказа рычаг 11. В результате этого хвостовик 10 рычага нажимает на шток 8. Шток, сжимая пружину, перемещается вниз, открывает клапан 6 и прокалывает иглой мембрану 5 газового баллончика. Газ из баллончика по сифонной трубке 2 поступает в корпус 1 огнетушителя, псевдооживляет порошковый состав. При этом под действием пружины и давления газа клапан 6 вновь закрывается. В дальнейшем при подъеме рычага 11 порошок выбрасывается через щелевую насадку 7, при опускании подача порошка прекращается.

Масса порошкового заряда огнетушителя 0,9 кг, время выброса заряда 6 - 8 с; давление газа в баллончике 0,8 МПа, в корпусе огнетушителя 0,6 МПа. Температурный предел использования от - 25 °С до +35 °С.

Огнетушитель ОП-10А представляет собой стальной корпус 1 (рис.4.5) с порошковым составом. В корпусе установлен баллончик 9 с рабочим газом для выброса порошка. Газ в баллончике удерживается мембраной 5. Для приведения в действие огнетушителя необходимо сорвать пломбу и выдернуть чеку 6. При этом конусная часть чеки перемещает шток с иглой 9, которая прокалывает мембрану 5 газового баллончика 9. Газ выходит из баллончика, проходит по трубке 3 и поступает в корпус огнетушителя, псевдооживляет порошковый состав и по стальной трубке 2, далее по гибкому прорезиненному шлангу 4 поступает - к запорному пистолету 11. После нажатия ручки 10 клапан открывается и порошковый состав через щелевидную насадку 12 выбрасывается наружу.

Масса заряда огнетушителя 10 кг, начальное рабочее давление 1,2 МПа, продолжительность действия 18 - 20 с. Температурный предел использования ±50 °С.

В сельской местности противопожарный и хозяйственный водопроводы обычно объединяют. Расчетный расход воды Q (в кубометрах или тоннах) из гидрантов на тушение одного пожара подсчитывают по формуле

$$Q = 3,6(q_i + q_a)t_r$$

где 3,6 - коэффициент перевода литров в кубометры и часов в секунды;

q_n и q_a - удельный расчетный расход воды соответственно на наружное и внутреннее тушение пожара, определяемый по приложениям, л/с; $t_r=3$ ч - расчетная продолжительность пожара.

Расчетное число пожаров на промышленном или сельскохозяйственном предприятии зависит от занимаемой им площади (до 150 га - 1, более 150 га - 2). При этом расчетный расход надо брать для каждого из пожаров по зданию, требующему наибольшего расхода воды на наружное тушение. Когда большое здание делится на части противопожарными стенками, удельный расход на наружное тушение пожара принимают по той части, для которой он получается наибольшим, если считать эту часть за самостоятельное здание.

Группу огнестойкости здания и пожарную категорию производства, необходимые для пользования приложениями.

Пример 4.1. Определить расчетный расход воды на тушение пожара в цехе сенной муки объемом $ABh_{\text{Смен}} = 15 \text{ м} \cdot 10 \text{ м} \cdot 7 \text{ м} = 1050 \text{ м}^3$, который помещается в отдельном здании с несгораемыми основными элементами.

Решение. Определяем, что здание I степени огнестойкости, производство в нем категории Б. По приложениям находим удельный расход на наружное и внутреннее тушение

пожара: $q_n = 10$ л/с; $q_v = 2 \cdot 2,5$ л/с = 5 л/с. Как указывалось выше, $t_n = 3$ ч. Тогда $Q = 3,6(10+5) \cdot 3 = 152 \text{ м}^3$.

Высоту одиночного стержневого молниеотвода определяют по формуле

$$h \geq r_x \sqrt{2/3} + h_x / 0,92 \quad (4.1)$$

где h_x - высота защищаемого объекта в самой удаленной от молниеотвода точке, м; r_x - расстояние от молниеотвода до самой удаленной от него точки объекта на высоте h_x , м.

Если молниеотвод установлен на коньке защищаемого здания прямоугольного в плане (в середине здания), то расчет по этой формуле делают дважды: один раз - при r_{x1} , равном половине длины здания $A/2$ и высоте h_{x1} , равной высоте конька над землей (полагаем, что конек вдоль всего здания имеет одинаковую высоту), а второй раз - при r_{x2} , равном расстоянию до угла здания в плане, то есть при

$$r_{x2} = \sqrt{(B/2)^2 + r_{x1}^2}$$

(где B - ширина крыши здания) и высоте угла крыши (стены) над землей h_{x2} , м. Из двух полученных результатов надо принять больший.

Если здание длинное, на нем целесообразнее разместить вместо одного длинного 2 или более стержневых молниеотводов покороче, каждая соседняя пара которых образует двойной стержневой молниеотвод. Расчет высоты таких молниеотводов начинают с использования формулы (4.1) по условию защиты конца конька и угла здания ближайшим к ним стержнем. Если тот расположен на некотором расстоянии r_{x1} от конца конька, то формулу (4.1) используют также два раза, как и при одиночном молниеотводе, и берут большее из полученных значений. Если же последний молниеотвод расположен на конце конька (у торца здания), то $r_{x1} = 0$, а $r_{x2} = B/2$ и формулой (4.1) пользуются только при r_{x2} и h_{x2} .

Затем проверяют, соблюдается ли соотношение $L/h \leq 1,5$, где L - расстояние между соседними молниеотводами, м. Обычно L берут одинаковым для каждой пары ближайших один к другому стержней, оно зависит от числа стержней n и от r_{x1} , а определяется по формуле

$$L = \frac{A - 2r_{x1}}{n - 1}.$$

Если соотношение соблюдается, то h определено. Если же $L/h > 1,5$, то надо определить h еще по двум условиям:

$$h \geq 0,9 h_c + L / 8 \quad (4.2)$$

и

$$h \geq L / 8 + h_{x2} / 1,13 + 2r_{cx} / 3 \quad (4.3)$$

где h_c - наименьшая допустимая высота зоны защиты посередине между стержнями двойного молниеотвода на оси между ними. Она равна высоте конька или высоте вентиляционных и дымовых труб, если они выше конька вблизи середины расстояния между стержнями молниеотвода; r_{c-x} - наименьший допустимый радиус зоны защиты посередине между парой молниеотводов (это половина ширины крыши в плане, если стержни на коньке); h_{x2} - определено выше.

Пример 4.2. Здание длиной $A = 25$ м, шириной $B = 16$ м и высотой конька $h_{x1} = 9$ м и стен $h_{x2} = 15$ м защищено двумя молниеотводами, расположенными на коньке крыши на расстоянии $r_{x1} = 1$ м от торца здания (конек имеет одинаковую высоту вдоль всего здания). Можно принять $h_c = h_{x1}$. Определить высоту h стержней молниеотвода.

Решение.

$$r_{x2} = \sqrt{(16 / 2)^2 + 1^2} = 8,06 \text{ м}$$

$$L = \frac{25 - 2 \cdot 1}{2 - 1} = 23 \text{ м}$$

$$h_1 \geq r_{x1} \cdot 2 / 3 + h_{x1} / 0,92 = 1 \cdot 2 / 3 + 9 / 0,92 = 10,4 \text{ м}$$

$$h_2 \geq r_{x2} \cdot 2 / 3 + h_{x2} / 0,92 = 8,06 \cdot 2 / 3 + 5 / 0,92 = 10,8 \text{ м}$$

Принято

$$h = 10,8 \text{ м} . \quad L / h = 23 / 10,8 \approx 1,5$$

Определяем h по формулам (4.2) и (4.3)

$$h_3 \geq 0,9 \cdot 9 + 23 / 8 = 11,0 \text{ м}$$

$$h_4 \geq 23 / 8 + 5 / 1,13 + 2 \cdot 8 / 3 = 12,6 \text{ м}$$

Окончательно принимаем h=12,6 м, то есть над коньком

$$\Delta h = h - h_{x1} = 12,6 - 9 = 3,6 \text{ м}$$

Порядок выполнения работы. **Изучить** по описанию и имеющимся в лаборатории образцам принцип работы и устройство огнетушителей. Проверить взвешиванием сохранность заряда двух образцов огнетушителя ОУ-2 и сделать заключение.

Испытать предохранительный клапан огнетушителя ОВП-100 на испытательном стенде при помощи автомобильного насоса и результаты зарегистрировать по форме таблицы 4.1

Таблица 4.1.

Результаты испытания предохранительного клапана

Дата освидетельствования	Что проверено и результаты освидетельствования	Разрешенное давление, МПа	Срок следующего освидетельствования

Изучить методику расчета пожарного запаса воды, пожарную классификацию зданий по степени огнестойкости, а также методику определения высоты молниеотводов по настоящему описанию и выполнить расчеты для исходных данных.

2. Определение кратности воздушно-механической пены

По мерной линейке 6, нанесенной на смотровое стекло, отмечается объем пенообразователя в баке 5. При необходимости доливается 6%-ный раствор пенообразователя до объема 4-5 л.

Включается электродвигатель. При этом раствор пенообразователя насосом подается в пенообразующую насадку 1, где он дробится на мелкие капли, засасывает воздух, интенсивно перемешивается с ним, продавливается через пакет сеток и выходит в виде пены.

По мерной линейке 4 отмечается объем пены. Определяется кратность воздушно-механической пены по формуле:

$$K = Q_{\text{п}} / Q_{\text{р}}, \quad (4.4)$$

где $Q_{\text{п}}$ - объем полученной пены, л; $Q_{\text{р}}$ - объем израсходованного пенообразователя, л.

3.4.3 Результаты и выводы:

1. Сделать общие выводы об условиях получения пены и эффективности тушения очага горения огнетушителем.
2. В отчете о практической работе дать краткую характеристику огнетушащих средств: воды, пены, инертных газов, галоидированных углеводородов.
3. Оформить отчет и сдать преподавателю.

3.5 Практическое занятие № ПЗ-5 (2 часа).

Тема: «Расчет эвакуационных путей, выходов и потребного запаса воды на пожаротушение»

3.5.1 Задание для работы:

1. Методика расчета эвакуационных путей, выходов и потребного запаса воды;
2. Расчет эвакуационных путей и выходов;
3. Расчет потребного запаса воды на пожаротушение.

3.5.2 Краткое описание проводимого занятия:

1. Общие сведения

Опасными факторами, воздействующими на людей и материальные ценности во время пожара, являются:

- пламя и искры;
- повышенная температура окружающей среды;
- токсичные продукты горения и термического разложения;
- дым;
- пониженная концентрация кислорода.

К вторичным проявлениям опасных факторов пожара относятся:

- осколки, части разрушившихся аппаратов, агрегатов, установок, конструкций;
- радиоактивные и токсичные вещества и материалы, вышедшие из разрушенных аппаратов и установок;
- электрический ток, возникший в результате разрушения электроустановок;
- огнетушащие вещества;
- опасные факторы взрыва, произошедшего вследствие пожара (максимальное давление и температура взрыва);
- скорость нарастания давления при взрыве; давление во фронте ударной волны;
- дробящие и фугасные свойства взрывоопасной среды.

Зачастую в пожаре человек погибает не столько от открытого пламени, сколько от влияния токсичных продуктов горения. Обычно в нормальных условиях в процессе дыхания человек поглощает из окружающей среды кислород и выделяет углекислый газ. Человек за счет попеременных вдохов и выдохов вентилирует легкие, поддерживая в легочных пузырьках (альвеолах) относительно постоянный газовый состав. В атмосферном воздухе большое содержание кислорода (20,9%) и низкое содержание углекислого газа (0,03%). При выдохе содержание кислорода в воздухе может достигать 16% и углекислого газа 4—5%.

В условиях пожара создаются условия, резко отличающиеся от обычных условий производственной деятельности людей.

При вдыхании воздуха, содержащего 0,1% окиси углерода, в течение часа наблюдаются сильная головная боль, тошнота, мышечная слабость, судороги, потеря сознания. Вдыхание воздуха с содержанием 0,5% окиси углерода в течение 20—30 мин приводит к смерти. Вдыхание воздуха, содержащего 4—6% углекислого газа, вызывает общее недомогание, головную боль, головокружение, а при концентрации 10% может наступить смерть.

При определенных тепловых импульсах возникают ожоги открытых и защищенных одеждой участков кожи. Обычно различают четыре степени ожогов.

Ожог первой степени представляет собой поверхностное поражение кожных покровов, внешне выражающееся в покраснении (гиперемии) и отечности. Ожоговая рана, как правило, не образуется. Заживление наступает обычно в течение 2—4 дней.

Ожог второй степени характеризуется образованием пузырей на фоне отека кожных покровов. Через 3—4 дня серозное содержимое пузырей рассасывается, а в случае инфицирования образуются гноящиеся, медленно заживающие раны.

Для ожога третьей степени характерно омертвление (некроз) глубоких слоев кожи. Заживление участков некроза происходит медленно и продолжается до нескольких месяцев.

Ожог четвертой степени приводит к оугливанию и необратимым изменениям всех мягких тканей, а иногда и костей. На месте ожогов образуются глубокие раны, как правило, не способные к самостоятельному заживлению. Если такой ожог охватывает более 10% кожной поверхности, возникает тяжелая ожоговая болезнь, несовместимая с жизнью.

Легче всего предусмотреть необходимые противопожарные мероприятия в процессе проектирования зданий и сооружений или в период их строительства, и значительно сложнее это сделать, а иногда невозможно, когда здание уже построено и эксплуатируется.

Для возникновения горения требуется наличие трех факторов: горючего вещества, окислителя и источника зажигания. Горючее вещество и окислитель образуют горючую среду.

Предотвращение пожара по ГОСТ 12.1.004, таким образом, достигается:

предотвращением образования горючей среды и (или) предотвращением образования в горючей среде (или внесения в нее) источников зажигания.

Предотвращение образования горючей среды обеспечивается одним из следующих способов или их комбинацией:

- максимально возможным применением негорючих и трудногорючих веществ и материалов;
- максимально возможным по условиям технологии и строительства ограничением массы и (или) объема горючих веществ, материалов и наиболее безопасным способом их размещения;
- изоляцией горючей среды (применением изолированных отсеков, камер, кабин и т. п.);
- поддержанием безопасной концентрации горючей среды;
- поддержанием температуры и давления среды, при которых распространение пламени исключается;
- максимальной механизацией и автоматизацией технологических процессов, связанных с обращением горючих веществ;
- установкой пожароопасного оборудования по возможности в изолированных помещениях или на открытых площадках;
- применением устройств защиты производственного оборудования с горючими веществами от повреждений и аварий установкой отключающих, отсекающих и других устройств и др.

Предотвращение образования в горючей среде источников зажигания достигается одним из следующих способов или их комбинацией:

- применением машин, механизмов, оборудования, устройств, при эксплуатации которых не образуются источники зажигания;
- применением электрооборудования, соответствующего пожароопасной и взрывоопасной зонам;
- применением в конструкции быстродействующих средств защитного отключения возможных источников зажигания;
- применением технологического процесса и оборудования, удовлетворяющего требованиям электростатической искробезопасности по ГОСТ 12.1.018;
- устройством молниезащиты зданий, сооружений и оборудования;
- поддержанием температуры нагрева поверхности машин, механизмов, оборудования, устройств, веществ и материалов, которые могут войти в контакт с горючей средой, ниже предельно допустимой, составляющей 80% наименьшей температуры самовоспламенения

горючего;

—исключением возможности появления искрового разряда в горючей среде с энергией, равной и выше минимальной энергии зажигания;

—применением инструмента, не образующего искр при работе с легковоспламеняющимися жидкостями и горючими газами;

—ликвидацией условий для теплового, химического и (или) микробиологического самовозгорания обращающихся веществ, материалов, изделий и конструкций и др.

Ограничение массы и (или) объема горючих веществ и материалов, а также наиболее безопасный способ их размещения достигаются применением одного из следующих способов или их комбинацией:

—уменьшение массы и (или) объема горючих веществ и материалов, находящихся одновременно в помещении или на открытых площадках;

—устройство аварийного слива пожароопасных жидкостей и аварийного стравливания горючих газов из аппаратуры;

—устройство на технологическом оборудовании систем протии во взрывной защиты;

—периодическая очистка территории, на которой располагается объект, помещений, коммуникаций, аппаратуры от горючих отходов, отложений пыли, пуха и т. п.;

—удаление пожароопасных отходов производства;

—замена легковоспламеняющихся (ЛВЖ) и горючих (ГЖ) жидкостей на пожаробезопасные технические моющие средства.

Ограничение распространения пожара за пределы очага достигается применением одного из следующих способов или их комбинацией:

—устройство противопожарных преград;

устройство аварийного отключения и переключения установок и коммуникаций;

применение средств, предотвращающих или ограничивающих разлив и растекание жидкостей при пожаре;

— применение огнепреграждающих устройств в оборудовании и др. Каждый объект должен иметь такое объемно-планировочное и

техническое исполнение, чтобы эвакуация людей из него была завершена до наступления предельно допустимых значений опасных факторов пожара, а при нецелесообразности эвакуации была обеспечена защита людей в объекте.

Для обеспечения эвакуации необходимо:

—установить количество, размеры и соответствующее конструктивное исполнение эвакуационных путей и выходов;

—обеспечить возможность беспрепятственного движения людей по эвакуационным путям;

—организовать при необходимости управление движением людей по эвакуационным путям (световые указатели, звуковое и речевое оповещение и т. п.).

Средства коллективной и индивидуальной защиты должны обеспечивать безопасность людей в течение всего времени действия опасных факторов пожара.

Коллективную защиту следует обеспечивать с помощью пожаробезопасных зон и других конструктивных решений. Средства индивидуальной защиты следует применять также для пожарных, участвующих в тушении пожара.

Система противодымной защиты объектов должна обеспечивать незадымление, снижение температуры и удаление продуктов горения и термического разложения на путях эвакуации в течение времени, достаточного для эвакуации людей, и коллективную защиту людей и защиту материальных ценностей.

На каждом объекте должно быть обеспечено своевременное оповещение людей и (или) сигнализация о пожаре в его начальной стадии техническими или организационными средствами.

Перечень и обоснование достаточности для целевой эффективности средств оповещения и (или) сигнализации на объектах согласовывается в установленном порядке.

2. Расчет эвакуационных путей и выходов

Во время загорания и тушения пожара важной задачей является обеспечение успешной эвакуации людей, животных и материальных ценностей.

Допустимая продолжительность эвакуации зависит от времени достижения критических для человека условий:

1. Критической температуры (60°C)
2. Снижения концентрации кислорода (O_2) в воздухе помещений
3. Снижение видимости из-за задымления
4. Появления токсических веществ

Основные параметры эвакуации:

1. Скорость движения людского потока, (м/мин)
2. Плотность размещения людей на площади участка эвакуации, (чел/м²)
3. Пропускная способность путей (выходов), (чел/мин)

Скорость движения V при вынужденной эвакуации принимают- 16 м/мин;

По лестнице вниз- 10 м/мин; вверх- 8 м/мин.

Допустимое время (T) эвакуации из зданий I и II степеней огнестойкости принимают- 6 мин;

Из зданий III и IV степеней огнестойкости- 4 мин;

Из зданий V степени огнестойкости- 3 мин.

Для детских учреждений время эвакуации уменьшают на 20%.

Расчет ведется в следующей последовательности:

1. Предельно допустимая длина (м) эвакуационного участка определяется по формуле:

$$L_{\text{п}} = V \cdot T, \quad (5.1)$$

где V - скорость движения людей, м/мин;

T - допустимое время эвакуации, мин.

Допустимая длина эвакуации должна быть не более 50 м. в одноэтажных производственных зданиях I и II степеней огнестойкости с производствами категории- «А» и не более 100 м. в зданиях категорий «Б» и «В». В многоэтажных производственных зданиях это расстояние соответственно 40 и 75 м.

2. Плотность (чел/м²) размещения людей на площади эвакуационного участка (показатель свободы перемещения) определяется по формуле

$$D = N/S, \quad (5.2)$$

где N - число человек на площади участка с учетом занимаемой площади в горизонтальной проекции человека- 0,1...0,13 м², с рюкзаком- 0,32 м² (в зависимости от его возраста, вида одежды и переносимого груза)

S - площадь пути участка эвакуации, м².

Массовые людские потоки характерны продольной плотностью, которая достигает 10...12 чел/м² для взрослых и 20...25 чел/м² для детей-школьников.

3. Расчетное значение ширины эвакуационного участка (B_p) определяется по формуле:

$$B_p = N/L_{\text{п}} \cdot D, \text{ м}; \quad (5.3)$$

где N - число людей, чел;

$L_{\text{п}}$ - предельно допустимая длина, м;

D - плотность размещения людей на площади участка, чел/м².

Ширину (B) участков эвакуации принимают с учетом расчетного значения (табл. 5.1).

Таблица 5.1 - Ширина проходов, коридоров, дверей, маршей и площадок лестниц, м

Участок эвакуации	Наименьшее значение	Наибольшее значение
Проход	1	Расчетное
Коридор	1,4	-
Дверь	0,8	2,4
Марш	1,05	2,4
Площадка лестницы	1,05, но не менее ширины марша	расчетное

Примечание: Ширину проходов к одиночным рабочим местам, а также лестниц на галереи, этажи, площадки допускается уменьшить до 0,7 м; ширину маршей и площадок лестниц в подвалы и чердаки, а также лестниц, предназначенных для эвакуации менее 50 чел- до 0,9 м.

4. Число путей эвакуации определяется по формуле

$$П_{э} = 0,6N/100Д \cdot S \quad (5.4)$$

Полученное значение округляют в большую сторону, но в любом случае число эвакуационных выходов принимают не менее двух, т.е. $n_{э} \geq 2$.

5. Пропускная способность пути (чел/мин), т.е. количество людей, проходящих в единицу времени через поперечное сечение пути шириной (В) определяется по формуле:

$$Q = Д \cdot v \cdot В, \quad (5.5)$$

Удельная пропускная способность дверей и лестниц шириной до 1,5м принимается 50 чел/м·мин; шириной 1,5...2,4м- 60 чел/м·мин.

6. Число ворот для эвакуации животных из помещений определяется по формуле:

$$n_{в} = N_{ж}/P \cdot В, \quad (5.6)$$

где $N_{ж}$ - число животных содержащихся в помещении,голов;

P - число животных на 1м. ширины выхода; принимается (табл. 5.2)

В - ширина одних ворот принимается для коровников и конюшен не менее 2м; для овчарен не менее 2,5м; для свинарников не менее 1,5м.

Таблица 5.2. - Допустимое число животных на 1м. ширины выхода в зависимости от степени огнестойкости зданий

Вид животных	Число животных на 1м. ширины выхода в зданиях со степенью огнестойкости	
	II и III	IV и V
Коровы	30	20
Лошади	25	15
Свиньи:		
- матки с приплодом и хряки	25	15
- поголовье и молодняк на откорме	250	150
Овцы	200	120

В животноводческих помещениях должно быть не менее двух выходов (ворот). Их следует, по возможности устраивать в противоположных сторонах помещения.

3. Расчет потребного запаса воды на пожаротушение

Требуемый запас воды на наружное пожаротушение сельскохозяйственных зданий и сооружений рассчитывается по формуле:

$$Q_{н} = 3,6q_{н} \cdot T_{п} \cdot n_{п}, \text{ м}^3, \quad (5.7)$$

где q_n - удельный расход воды на наружное пожаротушение, л/с (табл.5.3);

T_n - расчетное время тушения одного пожара, принимается равным 3ч;

n_n - число одновременно возможных пожаров.

$n_n = 1$ при площади предприятия менее 1,5 км²,

$n_n = 2$ при площади 1,5 км² и более.

Таблица 5.3. - Удельный расход воды на один пожар сельскохозяйственных зданий и сооружений

Категория производства	Степень огнестойкости здания	Расход воды, л/с, при объеме зданий, тыс.м ³				
		До 3	3,1...5	5,1...20	20,1...50	50,1...200
Г, Д	I и II	5	5	10	10	15
А, Б, В	I и II	10	10	15	20	30
Г, Д	III	10	10	15	25	-
В	III	10	15	20	30	-
Г, Д	IV и V	10	15	20	30	-
В	IV и V	15	20	20	40	-

Нормы средств пожаротушения и условные обозначения (символы) пожарной техники, оборудования и путей эвакуации представлены в таблицах 5.4, 5.5, 5.6 и 5.7.

Таблица 5.4 - Нормы средств пожаротушения в сельскохозяйственных производственных помещениях

Наименование помещений, сооружений и участков	Площадь помещения, м ²	Количество пожарного оборудования и первичных средств пожаротушения			
		огнетушитель	Ящик с песком 0,3 м ³ и совковой лопатой	Бочка с водой (200л) и 2..4 ведра	Войлок, асбестовое полотно или кошма (1×2 м)
Механические мастерские по ремонту СХТ	600	1	-	-	-
Механические участки (отделения) по обработке металлов	50	1	-	-	-
Газоэлектросварочные, жестяницкие и медницкие участки	200	1	1	-	-
Участки мойки и окраски	100	2	1	-	-
Деревообделочные мастерские	100	1	-	1	-
Аккумулятор-ные участки (помещения)	100	2	-	-	-
Гаражи	100	1	1	-	1
Животновод-ческие помещения	100	1	-	1	-
Кормопригото-вительные	100	1	1	-	-

помещения					
Склады фуража	300	1	-	1	-
Склады зерна	200	1	-	4	-
Склады мин. Удобрений	500	1	-	1	-
Склады ЛВЖ и ГЖ	200	2	2	-	1
Служебные помещения	200	1	-	-	-

Примечание: На территории гаражей; деревообделочных мастерских, мельниц, ремонтных мастерских, зернотоков, животноводческих ферм, хлебопекарен, столовых и складов помимо указанных выше средств пожаротушения должны быть установлены пожарные щиты с набором пожарного инвентаря: 2 - огнетушителя; 2 - лома; 3 - багра; 2- топора; 2- лопаты; 2- ведра. Здесь же необходимо иметь ящик с песком 0,5 м² и приставные лестницы (не менее одной на каждое здание).

Таблица 5.5 - Нормы средств пожаротушения для пункта приготовления травяной муки

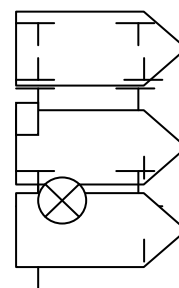
Производственная площадка, склад, установка	Наименование первичных средств пожаротушения				
	Огнетушитель ОХП-10 ОХПВП-10	Порошковый или углекислотный огнетушитель	Ящик с песком (0,5 м ²) и совковыми лопатами	Бочка с водой (250л) и двумя ведрами	Войлок, асбестовое полотно или кошма (1×2м)
Место установки агрегата и площадка для зеленой массы (100 м ² или 1 агрегат)	1	1	1	1	1
Место установки гранулятора (50 м ² или 1 агрегат)	1	-	-	-	-
Электрошкаф	-	2	-	-	-
Склад предварительной выдержки или постоянного хранения витаминной муки (50 м ²)	1	1	-	-	-
Площадка для установки емкостей с топливом (100 м ² на 10 м ³ емкости)	2	-	2	-	2

Таблица 5.6 - Количество средств пожаротушения на сельскохозяйственных машинах

машины	Количество, шт.		
	Огнетушителей (химически пенные или порошковые)	Штыковых лопат	швабры
Тракторы	1	1	-
Самоходные комбайны	1	2	2
Самоходные шасси	1	1	-
Жатка:			
-прицепная	-	1	2
-навесная	-	1	2

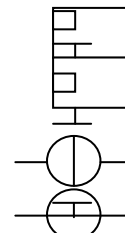
Таблица 5.7 - Условные графические обозначения (символы) пожарной техники и оборудования

1. Автомобиль пожарный
(общее обозначение)
2. Автонасос пожарный
3. Автомобиль пожарный пенного тушения
4. Мотопомпа пожарная:



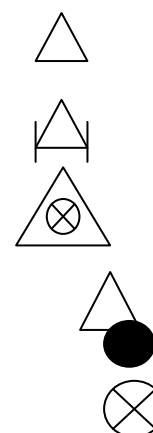
Переносная
Прицепная

5. Гидрант пожарный
6. Кран пожарный
7. Огнетушитель:



Переносной ручной
(порошковый или углекислотный)
Передвижной
(порошковый или углекислотный)

8. Огнетушитель переносной
(пенный)
9. В одном месте установлены два огнетушителя
одного наименования 2
10. Вода (общее обозначение)
11. Пена (общее обозначение)

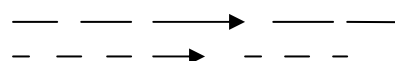


На планах пожарной защиты внешний контур выполняется красным цветом.

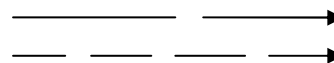
1. **Условные обозначения путей эвакуации и выходов**

На планах используются символы:

1. Основной эвакуационный путь
2. Запасный эвакуационный путь



3. Основной выход
4. Запасный выход



Пути эвакуации выполняются зеленым цветом.

3.5.3 Результаты и выводы:

1. Выберите вариант .
2. Рассчитайте количество эвакуационных путей и выходов, а также потребный запас воды на пожаротушение для предлагаемого объекта.
3. Подпишите отчёт и сдайте преподавателю

3.6 Практическое занятие № ПЗ-6 (2 часа).

Тема: «Расчет и проектирование молниезащиты с/х объекта»

3.6.1 Задание для работы:

1. Изучение конструкций молниезащитных устройств;
2. Расчет молниезащиты.

3.6.2 Краткое описание проводимого занятия:

1. Общие сведения

Молния представляет собой электрический разряд длиной в несколько километров, развивающийся между грозовым облаком и землей или каким-либо наземным сооружением.

Прямой удар молнии в здание или разряд от электростатической и электромагнитной индукции внутри здания могут поражать людей и вызывать пожары и взрывы, разрушения каменных и бетонных сооружений, расщеплять деревянные опоры воздушных линий и повреждать изоляцию.

Молниезащита представляет собой комплекс мероприятий, направленных на предотвращение прямого удара молнии в объект или на устранение опасных последствий, связанных с прямым ударом.

Средство защиты от прямых ударов молнии служит **молниеотвод** – устройство, рассчитанное на непосредственный контакт с каналом молнии и отводящее её ток в землю.

Молниеотводы разделяются на отдельно стоящие, обеспечивающие растекание тока молнии, минуя объект, и установленные на самом объекте; растекание тока происходит по контролируемым путям так, что обеспечивается низкая вероятность поражения людей (животных), взрыва и пожара.

Молниеотвод состоит из следующих элементов: молниеприемника, опоры, токоотвода и заземлителя. Однако на практике они могут образовывать единую конструкцию, например металлическая мачта или ферма здания представляет собой молниеприемник, опору и токоотвод одновременно.

По типу молниеприемника молниеотводы разделяются на стержневые (вертикальные), тросовые (горизонтальные протяженные) и сетки, состоящие из продольных и поперечных горизонтальных электродов, соединенных в местах пересечения. Стержневые и тросовые молниеотводы могут быть как отдельно стоящие, так и установленные на объекте; молниеприемные сетки непосредственно укладываются на неметаллическую кровлю защищаемых зданий и сооружений. Однако укладка сеток рациональна лишь на зданиях с горизонтальными крышами, где равновероятно поражение молнией любого участка.

В целях защиты зданий и сооружений от прямых ударов молнии следует максимально использовать в качестве естественных молниеотводов существующие высокие сооружения (дымовые трубы, водонапорные башни, прожекторные мачты, воздушные линии электропередач и т.п.), а также молниеотводы других близкорасположенных сооружений.

Если здание или сооружение частично вписывается в зону защиты естественных молниеотводов или соседних объектов, защита от прямых ударов молнии должна предусматриваться только для остальной, незащищенной его части.

Опоры стержневых молниеотводов должны быть рассчитаны на механическую прочность как свободно стоящие конструкции, а опоры тросовых молниеотводов – с учетом натяжения троса и действия на него ветровой и гололедной нагрузки.

Опоры отдельно стоящих молниеотводов могут выполняться из стали любой марки, железобетона или дерева.

Стержневые молниеприемники должны быть изготовлены из стали любой марки сечением не менее 100 мм^2 и длиной не менее 200 мм и защищены от коррозии оцинкованием, лужением или окраской.

Тросовые молниеприемники должны быть выполнены из стальных многопроволочных канатов сечением не менее 35 мм^2 .

Соединения молниеприемника с токоотводами и токоотводов с заземлителями должны выполняться, как правило, сваркой, а при недоступности огневых работ разрешается выполнение болтовых соединений с переходным сопротивлением не более 0,05 Ом при обязательном ежегодном контроле последнего перед началом грозового сезона.

Токоотводы, соединяющие молниеприемники всех видов с заземлителями, следует выполнять из стали размерами не менее указанных в табл. 2.

При установке молниеотводов на защищаемом объекте и невозможности использования в качестве токоотводов металлических конструкций здания, токоотводы должны быть проложены к заземлителям по наружным стенкам здания кратчайшими путями.

Тяжесть последствий удара молнии зависит, прежде всего, от взрыво-, пожароопасности здания и сооружения при термических воздействиях молнии, а также искрениях и перекрытиях, вызванных другими видами воздействий. Например, в производствах, постоянно связанных с открытым огнем, процессами горения, применением несгораемых материалов и конструкций, протекание тока молнии не представляет большой опасности. Напротив, наличие внутри объекта взрывоопасной среды создает угрозу разрушений, человеческих жертв, больших материальных ущербов.

При таком разнообразии технологических условий предъявлять одинаковые требования к молниезащите всех объектов означало бы или вкладывать в её выполнение чрезмерные ресурсы, или мириться с неизбежностью значительных ущербов, вызванных молнией. Поэтому все здания и сооружения разделены на три категории, отличающиеся по тяжести возможных последствий поражения молнией.

К I категории отнесены производственные помещения, в которых в нормальных технологических режимах могут находиться и образовываться взрывоопасные концентрации газов, паров, пылей, волокон. Любое поражение молнией, вызывая взрыв, создает повышенную опасность разрушений и жертв не только для данного объекта, но и для близрасположенных.

Во II категорию попадают производственные здания и сооружения, в которых появление взрывоопасной концентрации происходит в результате нарушения нормального технологического режима, а также наружные установки, содержащие взрывоопасные жидкости и газы. Для этих объектов удар молнии создает опасность взрыва только при совпадении с технологической аварией или срабатыванием дыхательных или аварийных клапанов на наружных установках.

К III категории отнесены объекты, последствия, поражения которых связаны с меньшим материальным ущербом, чем при взрывоопасной среде. Сюда входят здания и сооружения с пожароопасными помещениями или строительными конструкциями низкой огнестойкости, причем для них требования к молниезащите ужесточаются с увеличением вероятности поражения объекта. Кроме того, к III категории отнесены объекты, поражение которых представляет опасность электрического воздействия на людей и животных: большие общественные здания, животноводческие строения, высокие сооружения типа труб, башен, монументов. Наконец, к III категории отнесены мелкие строения в сельской местности, где чаще всего используются сгораемые конструкции. Согласно статистическим данным на эти

объекты приходится значительная доля пожаров, вызванных грозой. Из-за небольшой стоимости этих строений их молниезащита выполняется упрощенными способами, не требующими значительных материальных затрат.

Так же в зависимости от назначения и характера здания, степени его огнестойкости, а также от ожидаемого числа прямых ударов молнии за год, все объекты подразделяются на два типа по зоне защиты при использовании стержневых и тросовых молниеотводов: **тип А**, где вероятность защиты составляет 99,5% и **тип Б**, с вероятностью защиты 95%.

2. Методика расчета молниезащиты

2.1. Подсчет ожидаемого количества N поражений молнией в год производится по формуле:

для сосредоточенных зданий и сооружений (дымовые трубы, вышки, башни)

$$N = 9\pi h^2 n \cdot 10^{-6}$$

для зданий и сооружений прямоугольной формы

$$N = [(B+6h)(A+6h) - 7,7h^2] n \cdot 10^6$$

где h – наибольшая высота здания или сооружения, м;

B, A – соответственно ширина и длина здания или сооружения, м;

n – среднегодовое число ударов молнии в 1 км² земной поверхности (удельная плотность ударов молнии в землю) в месте нахождения здания или сооружения.

Для зданий и сооружений сложной конфигурации в качестве A и B рассматриваются ширина и длина наименьшего прямоугольника, в который может быть вписано здание или сооружение в плане.

Удельная плотность ударов молнии в землю n , определяется исходя из среднегодовой продолжительности гроз в часах (табл.6.1)

Таблица 6.1. Средняя за год продолжительность гроз в часах для территории РФ

Среднегодовая продолжительность гроз, ч	Удельная плотность ударов молнии в землю n , 1/(км ² ×год)
10 - 20	1
20 - 40	2
40 - 60	4
60 - 80	5,5
80 - 100	7
100 и более	8,5

2.2. Определение категории зданий и сооружений

Таблица 6.2 Перечень зданий и сооружений с установление их категории молниезащиты

Наименований помещений и зданий	Тип зоны защиты при использовании стержневых и тросовых молниеотводов	Категория молниезащиты
1. Здания и сооружения или их части, помещения которые согласно ПУЭ относятся к зонам классов В-I и В-II.	А	I
2. То же классов В-Iа, В-Iб, В-IIа: Помещения связанные с перекачкой, отпуском и применением горючих жидкостей; Газорегуляторные (газораспределительные) пункты и помещения хранения горючих газов; Аппаратные и насосные отделения аммиачных холодильных установок; Помещения для хранения бензина, керосина, лакокрасочных материалов, спиртов и других ЛВЖ; Помещения для хранения баллонов с горючими газами (водяного газа,	При ожидаемом количестве	II

водорода, метана, биогаза и т.д.), карбида кальция в барабанах; Помещения для хранения ядовитых веществ и гербицидов, а также веществ, способных при взаимодействии с водой, воздухом и друг с другом взрываться и гореть; Помещения для закрытых емкостей и приемников навоза; Помещения для хранения комбикормов, травяной муки, механизированные и немеханизированные склады напольного хранения зерна; Помещения для текущего ремонта и проверки топливной аппаратуры; Зарядная стартерных аккумуляторных батарей;	поражения молнией в год: $N > 1 - A$ при $N \leq 1 - B$.	
3. Здания и сооружения или их части, помещения которых согласно ПУЭ относятся к зонам П-I, П-II, П-IIIа: Помещения для хранения смазочных материалов для централизованной заправки машин после ремонта и технического обслуживания; Помещения для хранения отремонтированных машин, ремонтного фонда, запчастей, узлов и агрегатов в сгораемой таре; Помещения для хранения твердых горючих веществ и материалов, негорючих веществ и материалов, упакованных в сгораемую тару; Помещения для хранения грубых кормов и подстилки, сухого помета и навоза; Помещения для хранения спецодежды, технических и обтирочных материалов, синтетических моющих средств; Участки технического обслуживания, диагностики и текущего ремонта подвижного состава с двигателями, работающими на бензине, дизельном топливе и сжиженном газе;	При $0,1 < N \leq 2 - A$, при $N > 2 - B$	III
4. Здания вычислительных центров, в том числе расположенных в городской застройке.	Б	III
5. Животноводческие и птицеводческие здания и сооружения для крупного рогатого скота и свиней на 100 голов и более, для овец на 500 голов и более, для птиц на 1000 голов и более, для лошадей на 40 голов и более.	Б	III
6. Дымовые и прочие трубы предприятий и котельных, башни и вышки всех назначений высотой 15 м и более.	Б	III
7. Жилые и общественные здания, высота которых более чем 25 м больше средней высоты окружающих зданий в радиусе 400 м, а также отдельно стоящие здания высотой более 30 м, удаленные от других зданий более чем на 400 м.	Б	III
8. Общественные здания следующего назначения: детские дошкольные учреждения, школы, лечебные учреждения, спальные корпуса, гостиницы, культурно-просветительские учреждения и т.п.	Б	I II

Молниезащита I категории

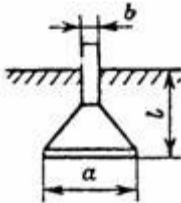
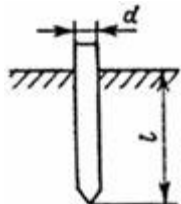
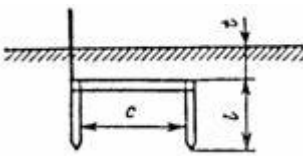
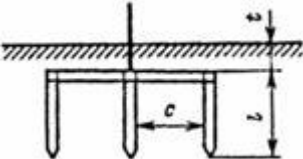
Защита от прямых ударов молнии зданий и сооружений, относимых по устройству молниезащиты к I категории, должна выполняться отдельно стоящими стержневыми или тросовыми молниеотводами. Указанные молниеотводы должны обеспечивать зону защиты типа А. Наименьшее допустимое расстояние S_B по воздуху от защищаемого объекта до опоры (токоотвода) стержневого или тросового молниеотвода определяется в зависимости от высоты здания, конструкции заземлителя и эквивалентного удельного электрического сопротивления грунта ρ .

Выбор заземлителя защиты от прямых ударов молнии (естественного или искусственного) определяется требованиями п.1.8. «Инструкции по устройству молниезащиты зданий и сооружений» (РД 34.21.122 – 87). При этом для отдельно стоящих молниеотводов приемлемы следующие конструкции заземлителей (табл.6.3):

1. один (и более) железобетонный подножник длиной не менее 2 м или одной (и более) железобетонная свая длиной не менее 5 м;
2. заглубленная в землю не менее чем на 5 м стойка железобетонной опоры диаметром не менее 0,25 м;
3. железобетонный фундамент произвольной формы с площадью поверхности контакта с землей не менее 10 м^2 ;

4. искусственный заземлитель, состоящий из трех вертикальных электродов и более, длиной не менее 3 м, объединенных горизонтальным электродом, при расстоянии между вертикальными электродами не менее 5 м. Минимальные сечения (диаметры) электродов определяются по табл.6.4.

Таблица 6. 3. Конструкции заземлителей

Заземлитель	Эскиз	Размеры, м
Железобетонный подножник		$a \geq 1,8$ $b \geq 0,4$ $l \geq 2,2$
Железобетонная свая		$d = 0,25 \dots 0,4$ $l \geq 5$
Стальной двухстержневой: полоса размером 40×4 мм; стержни диаметром d=10-20 мм		$t \geq 0,5$ $l = 3 \dots 5$ $c = 3 \dots 5$
Стальной трехстержневой: полоса размером 40×4 мм; стержни диаметром d= 10-20 мм		$t \geq 0,5$ $l = 3 \dots 5$ $c = 3 \dots 5$

Искусственные заземлители следует располагать под асфальтовым покрытием или в редко посещаемых местах (на газонах, в удалении на 5 м и более от грунтовых проезжих и пешеходных дорог и т.п.).

Железобетонные фундамент зданий, сооружений, наружных установок, опор молниеотводов, как правило, используют в качестве естественного заземлителя молниезащиты при условии обеспечения непрерывной электрической связи по их арматуре и присоединения её к закладным деталям с помощью сварки.

Таблица 6. 4. Минимальное сечение электродов искусственных заземлителей

Форма токоотводов и заземлителя	Сечение (диаметр) токоотвода и заземлителя, проложенные	
	Снаружи здания на воздухе	В земле
Круглые токоотводы и перемычки диаметром, мм	6	-
Круглые вертикальные электроды диаметром, мм	-	10
Круглые горизонтальные электроды* диаметром, мм	-	10
Прямоугольные электроды: сечением, мм ²	48	160
толщиной, мм	4	4

* для прокладки наружных контуров на дне котлована по периметру здания

Битумные и битумно-латексные покрытия не являются препятствием для такого использования фундаментов. В средне- и сильноагрессивных грунтах, где защита железобетона от коррозии выполняется эпоксидными и другими полимерными покрытиями, а также при влажности грунта менее 3% использовать железобетонные фундаменты в качестве заземлителей **не допускается**.

При невозможности использования железобетонных фундаментов в качестве заземлителей под асфальтовым покрытием площадки на глубине не менее 0,5 м. через каждые 25 м. должны быть проложены радиально расходящиеся горизонтальные электроды сечением не менее 100 мм², присоединенные к заземлителям защиты сооружений от прямых ударов молнии.

Удельное электрическое сопротивление однородного по электрическим свойствам грунта ρ равно сопротивлению куба грунта со сторонами 1 м, у которого между противоположными гранями обеспечен хороший контакт с подводящими ток проводами по всей плоскости граней. Оно зависит от его состава (от структуры, наличия солей) и влажности. Ниже приведены рекомендуемые для предварительных расчетов значения ρ (Ом · м) различных грунтов и воды (для каменных грунтов ρ можно принять с учетом степени выветривания и уровня грунтовых вод):

каменистый грунт:	
граниты, гнейсы.....	700...10 ⁶
сланец глинистый, известняк, ракушечник.....	100...1000
песок при залегании грунтовых вод:	
глубже 5 м	1000
до 5 м	500
почва (чернозем и др.).....	200
супесь влажная, мергель.....	150
суглинок полутвердый или лессовидный.....	100
мел или глина полутвердая.....	60
сланцы графитовые, мергель глинистый.....	50
суглинок пластичный.....	30
торф, глина пластичная.....	20
вода, равнинной реки.....	50
подземные водоносные слои (разной минерализации).....	5...50
морская вода.....	1

Колебания влажности грунта в связи с высыханием летом сильно влияют на ρ . Например, для глины ρ уменьшается приблизительно в 13 раз с увеличением влажности от 10 до 20 %. Промерзание грунта сильно увеличивает ρ . Стержневые заземлители рекомендуется забивать на большую глубину, чем глубина промерзания, и по возможности ниже низшего уровня грунтовых вод. Однако, учитывая, что значительная часть стержней длиной 2...5 м лежит в зоне, подверженной сезонным колебаниям удельное электрическое сопротивление грунта увеличивается на коэффициент сезонности k_c , учитывающий промерзание почвы:

$$\rho_0 = k_c \cdot \rho$$

В табл. 6.5. Приведены значения коэффициента сезонности k_c в зависимости от климатических зон и типов заземлителей.

Таблица 6.5. Коэффициенты сезонности в зависимости от климатических зон

Признаки зон и коэффициенты сезонности	I зона	II зона	III зона	IV зона
Средняя многолетняя температура января, °С	От -20 до -15	От -15 до -10	От -10 до 0	От 0 до +5
То же, июля	От +15 до +18	От +18 до +22	От +22 до +24	От +24 до +26
Среднегодовое количество осадков, см	40	50	50	30...50
Длительность стояния льда, дней	190...170	150	100	0
Коэффициент сезонности k_c для протяженных горизонтальных заземлителей на глубине заложения 0,8 м.	4,5...7,0	3,5...4,5	2,0...2,5	1,5...2,0
Коэффициент сезонности k_c для вертикальных стержней длиной 2...3 м при глубине заложения вершины 0,5...0,8 м.	1,8...2,0	1,6...1,8	1,4...1,6	1,2...1,4
То же, при длине стержней 5 м и глубине заложения вершины 0,7...0,8 м.	1,35	1,25	1,15	1,1

Для зданий и сооружений высотой не более 30 м наименьшее допустимое расстояние S_B , м, равно:

при $\rho \leq 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ для заземлителя любой конструкции $S_B = 3 \text{ м}$.

при $100 < \rho \leq 1000 \text{ Ом} \cdot \text{м}$:

для заземлителей, состоящих из одной железобетонной сваи, одного железобетонного подножника или заглубленной стойки железобетонной опоры, $S_B = 3 + 10^{-2}(\rho - 100)$;

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 значение S_B должно быть увеличено на 1 м в расчете на каждые 10 м высоты объекта сверх 30 м.

Наименьшее допустимое расстояние S_{B1} от защищаемого объекта до троса в середине пролета определяется в зависимости от конструкции заземлителя, удельного сопротивления грунта ρ и суммарной длины l молниеприемников и токоотводов.

При длине $l < 200 \text{ м}$ наименьшее допустимое расстояние S_{B1} , м, равно:

при $\rho \leq 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ для заземлителя любой конструкции $S_{B1} = 3,5 \text{ м}$;

при $100 < \rho \leq 1000 \text{ Ом} \cdot \text{м}$:

для заземлителей, состоящих из одной железобетонной сваи, одного железобетонного подножника или заглубленной стойки железобетонной опоры, $S_{B1} = 3,5 + 3 \cdot 10^{-3}(\rho - 100)$;

для заземлителей, состоящих из четырех железобетонных свай либо подножников, расположенных в углах прямоугольника на расстоянии 3 – 8 м один от другого, или искусственных заземлителей $S_{B1} = 4 \text{ м}$.

При суммарной длине молниеприемников и токоотводов $l = 200 \dots 300 \text{ м}$ наименьшее допустимое расстояние S_{B1} должно быть увеличено на 2 м по сравнению с определенными выше значениями.

При наличии на зданиях и сооружениях прямых газоотводных и дыхательных труб для свободного отвода в атмосферу газов, паров и взвесей взрывоопасной концентрации в зону защиты молниеотводов должно входить пространство над обрезом труб, ограниченное полушарием радиусом 5 м.

Для газоотводных и дыхательных труб, оборудованных колпаками, в зону защиты молниеотводов должно входить пространство над обрезом труб, ограниченное цилиндром высотой H и радиусом R :

для газов тяжелее воздуха при избыточном давлении установки менее 5,05 кПа $H = 1 \text{ м}$, $R = 2 \text{ м}$; 5,05 – 26,25 кПа $H = 2,5 \text{ м}$, $R = 5 \text{ м}$;

для газов легче воздуха при избыточном давлении внутри установки до 25,25 кПа $H=2,5$ м, $R=5$ м; свыше 25,25 кПа $H=5$ м, $R=5$ м.

Не требуется включать в зону защиты молниеотводов пространство над обрезом труб: при выбросе газов невзрывоопасной концентрации; при постоянно горящих факелах и факелах, поджигаемых в момент выброса газов; для вытяжных вентиляционных шахт, предохранительных и аварийных клапанов, выброс газов взрывоопасной концентрации, осуществляемых только в аварийных случаях.

Молниезащита II категории

Защита от прямых ударов молнии зданий и сооружений II категории с неметаллической кровлей должна быть выполнена отдельно стоящими или установленными на защищаемом объекте стержневыми или тросовыми молниеотводами, обеспечивающими зону защиты в соответствии с требованиями приложений 1 и 2. При установке молниеотводов на объекте от каждого стержневого молниеприемника или каждой стойки тросового молниеприемника должно быть обеспечено не менее двух токоотводов. При уклоне кровли не более 1 : 8 может быть использована также молниеприемная сетка, которая должна быть выполнена из стальной проволоки диаметром не менее 6 мм и уложена на кровлю сверху или под несгораемые или трудносгораемые утеплитель или гидроизоляцию. Шаг ячеек сетки должен быть не более 6х6 м. узлы сетки должны быть соединены сваркой. Выступающие над крышей металлические элементы (трубы, шахты, вентиляционные устройства) должны быть присоединены к молниеприемной сетке, а выступающие неметаллические элементы – оборудованы дополнительными молниеприемниками, также присоединенными к молниеприемной сетке.

Установка молниеприемников или наложение молниеприемной сетки не требуется для зданий и сооружений с металлическими фермами при условии, что в их кровлях используются несгораемые или трудносгораемые утеплители и гидроизоляция.

На зданиях и сооружениях с металлической кровлей в качестве молниеприемника должна использоваться сама кровля. При этом все выступающие неметаллические элементы должны быть оборудованы молниеприемниками, присоединенными к металлу кровли.

Токоотводы от металлической кровли или молниеприемной сетки должны быть приложены к заземлителям не реже чем через 25 м по периметру здания.

При прокладке молниеприемной сетки и установке молниеотводов на защищаемом объекте всюду, где это возможно, в качестве токоотводов следует использовать металлические конструкции зданий и сооружений (колонны, фермы, рамы, пожарные лестницы и т.п., а также арматуру железобетонных конструкций) при условии обеспечения непрерывной электрической связи в соединениях конструкции и арматуры с молниеприемниками и заземлителями, выполняемых, как правило, сваркой.

Токоотводы, прокладываемые по наружной стене здания, следует располагать не ближе чем в 3 м от входов или в местах, не допустимых для прикосновения людей.

В качестве заземлителей защиты от прямых ударов молнии во всех возможных случаях следует использовать железобетонные фундаменты зданий и сооружений.

При невозможности использования фундаментов предусматриваются искусственные заземлители:

при наличии стержневых и тросовых молниеотводов, каждый токоотвод присоединяется к заземлителю представленному в таб.

при наличии молниеприемной сетки или металлической кровли по периметру здания или сооружения прокладываются наружный контур следующей конструкции:

в грунтах с удельным сопротивлением $\rho \leq 500$ Ом · м при площади здания более 250 м² выполняется контур из горизонтальных электродов, уложенных в земле на глубине не менее 0,5 м, а при площади здания менее 250 м² к этому контуру в местах присоединения токоотводов приваривается по одному вертикальному или горизонтальному лучевому электроду длиной 2–3 м;

в грунтах с удельным сопротивлением $500 < \rho \leq 1000 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ при площади здания более 900 м^2 достаточно выполнить контур только из горизонтальных электродов, а при площади здания менее 900 м^2 к этому контуру в местах присоединения токоотводов приваривается не менее двух вертикальных или горизонтальных лучевых электродов длиной $2 - 3 \text{ м}$ на расстоянии $3 - 5 \text{ м}$ один от другого.

При установке отдельно стоящих молниеотводов расстояние от них по воздуху и в земле до защищаемого объекта и вводимых в него подземных коммуникаций не нормируется.

Наружные установки, содержащие горючие и сжиженные газы и легковоспламеняющиеся жидкости, следует защищать от прямых ударов молнии следующим образом:

а) корпуса установок из железобетона, металлические корпуса установок и отдельных резервуаров при толщине металла крыши менее 4 мм должны быть оборудованы молниеотводами, установленными на защищаемом объекте или отдельно стоящими;

б) металлические корпуса установок и отдельных резервуаров при толщине металла крыши 4 мм и более, а также отдельные резервуары вместимостью менее 200 м^3 независимо от толщины металла крыши, а также металлические кожухи теплоизолированных установок достаточно присоединить к заземлителю.

Для резервуарных парков, содержащих сжиженные газы, общей вместимостью более 8000 м^3 , а также для резервуарных парков с корпусами из металла и железобетона, содержащие горючие газы и легковоспламеняющиеся жидкости, при общей вместимости группы резервуаров более 100 тыс. м^3 защиту от прямых ударов молнии следует, как правило, выполнять отдельно стоящими молниеотводами.

Очистные сооружения подлежат защите от прямых ударов молнии, если температура вспышки содержащего в сточных водах продукта превышает его рабочую температуру менее чем на 10°C . В зону защиты молниеотводов должно входить пространство, основание которого выходит за приделы очистного сооружения на 5 м в каждую сторону от его стенок, а высота равна высоте сооружений плюс 3 м .

Если на наружных установках или в резервуарах (наземных или подземных), содержащих горючие газы или легковоспламеняющиеся жидкости, имеются газоотводные или дыхательные трубы, то они и пространство над ними должно быть защищены от прямых ударов молнии. Такое же пространство защищается над срезом горловины цистерн, в которые проходит открытый налив продукта на сливноналивной эстакаде. Защите от прямых ударов молнии подлежат также дыхательные клапаны и пространство над ними, ограниченное цилиндром высотой $2,5 \text{ м}$ с радиусом основания 5 м .

Для резервуаров с плавающими крышами или понтонами в зону защиты молниеотводов должно входить пространство, ограниченное поверхностью, любая точка которой отстоит на 5 м от легковоспламеняющейся жидкости в кольцевом зазоре.

Для все выше перечисленных установок в качестве заземлителей следует по возможности использовать железобетонные фундаменты этих установок или опор отдельно стоящих молниеотводов либо выполнять искусственные заземлители, состоящие из одного вертикального или одного горизонтального электрода длиной не менее 5 м . К этим заземлителям, размещенным не реже чем через 50 м по периметру основания установки, должны быть присоединены корпуса наружных установок или токоотводы установленных на них молниеотводов, число заземлителей - не менее двух.

Молниезащита III категории

Защита от прямых ударов молнии зданий и сооружений, относимых по устройству молниезащиты к III категории, выполняется способами, аналогичными для зданий II категории, при этом в случае использования молниеприемной сетки шаг её ячеек должен быть не более $12 \times 12 \text{ м}$.

Во всех возможных случаях в качестве заземлителей следует использовать железобетонные фундаменты зданий и сооружений. При невозможности их использования выполняют искусственные заземлители:

каждый токоотвод от стержневых и тросовых молниеприемников должен быть присоединен к заземлителю, состоящему из двух вертикальных электродов (и более) длиной не менее 3 м, объединенных горизонтальным электродом длиной не менее 5 м;

при наличии молниеприемной сетки или металлической кровли по периметру здания или сооружения прокладываются наружный контур на глубине не менее 0,5 м, состоящий из горизонтальных электродов. В грунтах с удельным сопротивлением $500 < \rho \leq 1000 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ при площади здания менее 900 м^2 к этому контуру в местах присоединения токоотводов приваривается по одному вертикальному или горизонтальному лучевому электроду длиной 2 – 3 м.

При защите строений для крупного рогатого скота и конюшен отдельно стоящими молниеотводами их опоры и заземлители следует располагать не ближе чем в 5 м от входа в строение.

Молниезащита наружных установок, содержащих горючие жидкости с температурой вспышки паров выше 61°C должна быть выполнена следующим образом:

а) корпуса установок из железобетона и корпуса установок и резервуаров из металла при толщине крыши менее 4 мм должны быть оборудованы молниеотводами, установленными на защищаемом сооружении или отдельно стоящими;

б) металлические корпуса установок и резервуаров при толщине крыши 4 мм и более следует присоединять к заземлителю. Конструкция заземлителей аналогична конструкции для резервуаров и наружных установок II категории.

Расположенные в сельской местности небольшие строения с неметаллической кровлей подлежат защите от прямых ударов молнии одним из упрощенных способов:

- при наличии на расстоянии 3 – 10 м от строения деревьев, в 2 раза и более превышающих его высоту с учетом всех выступающих на кровле предметов по стволу ближайшего из деревьев должен быть проложен токоотвод, верхний конец которого выступает над кровлей дерева не менее чем на 200 мм. У основания дерева токоотвод должен быть присоединен к заземлителю;

- если конец кровли соответствует наибольшей высоте строения, над ним должен быть подвешен тросовый молниеприемник, возвышающийся над коньком не менее чем на 250 мм. Опорами для молниеприемника могут служить закрепленные на стенах строения деревянные планки. Токоотводы прокладываются с двух сторон по торцевым стенам строения и присоединенные к заземлителям. При длине строения менее 10 м токоотвод и заземлители могут быть выполнены только с одной стороны;

- при наличии возвышающихся над всеми элементами кровли дымовой трубы над ней следует установить стержневой молниеприемник высотой не менее 200 мм, проложить по кровле и стене строения токоотвод и присоединить его к заземлителю;

- при наличии металлической кровли её следует хотя бы в одной точке присоединить к заземлителю, при этом токоотводами могут служить наружные металлические лестницы, водостоки и т.п. К кровле должны быть присоединены все выступающие на ней металлические предметы.

Во всех случаях следует применять молниеприемники и токоотводы минимальным диаметром 6 мм, а в качестве заземлителя – один вертикальный высотой 2 – 3 м или горизонтальный электрод длиной 2 – 3 м минимальным диаметром 10 мм, уложенный на глубине не менее 0,5 м.

Защита от прямых ударов молнии неметаллических труб, башен, вышек высотой более 15 м должна быть выполнена путем установки на этих сооружениях при их высоте:

до 50 м – одного стержневого молниеприемника высотой не менее 1 м;

от 50 до 150 м – двух стержневых молниеприемников высотой не менее 1 м, соединенных на верхнем торце трубы;

более 150 м – не менее трех стержневых молниеприемников высотой 0,2 – 0,5 м или по верхнему торцу трубы должно быть уложено стальное кольцо сечением не менее 160 мм².

При высоте сооружения до 50 м от молниеприемников должна быть предусмотрена прокладка одного токоотвода; при высоте более 50 м токоотводы должны быть проложены не реже чем через 25 м по периметру основания сооружения, их минимальное количество два.

В качестве заземлителя следует использовать из железобетонные фундаменты. При невозможности используются искусственные состоящие из двух стержней, соединенных горизонтальным электродом проложенных на глубине не менее 0,5 м и выполненных из электродов круглого сечения.

2.3. Расчет зоны защиты молниеотводов

2.3.1. Одиночный стержневой молниеотвод.

Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода высотой h представляет собой круговой конус (рис 6.1), вершина которого находится на высоте $h_0 < h$. На уровне земли зона защиты образует круг радиусом r_0 . Горизонтальное сечение зоны защиты на высоте защищаемого сооружения h_x представляет собой круг радиусом r_x .

2.3.1.1. Зоны защиты одиночных стержневых молниеотводов высотой $h \leq 150$ м имеют следующие габаритные размеры.

Зона А: $h_0 = 0,85h$; $r_0 = (1,1 - 0,002h)h$; $r_x = (1,1 - 0,002h) \cdot (h - h_x/0,85)$.

Зона Б: $h_0 = 0,92h$; $r_0 = 1,5h$; $r_x = 1,5(h - h_x/0,92)$.

При этом высота молниеприемника для обеих зон определяется по формуле:

$$h = (r_x + 1,63h_x) / 1,5$$

2.3.1.2. Зоны защиты при высоте $150 < h < 600$ м имеют следующие габаритные размеры.

Зона А: $h_0 = [0,85 - 1,7 \cdot 10^{-3}(h - 150)]h$;

$r_0 = [0,8 - 1,8 \cdot 10^{-3}(h - 150)]h$;

$$r_x = [0,8 - 1,8 \cdot 10^{-3}(h - 150)]h \cdot \left\{ 1 - \frac{h_x}{[0,85 - 1,7 \cdot 10^{-3}(h - 150)]h} \right\}$$

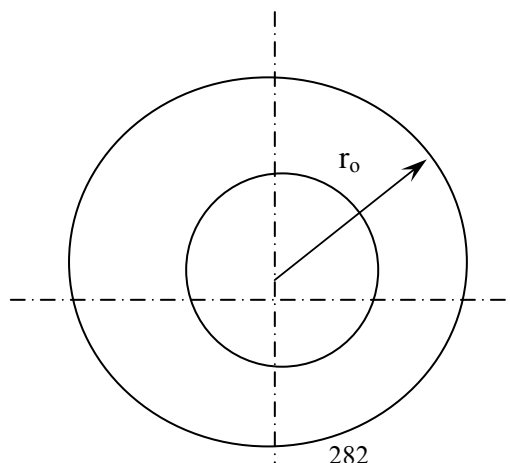
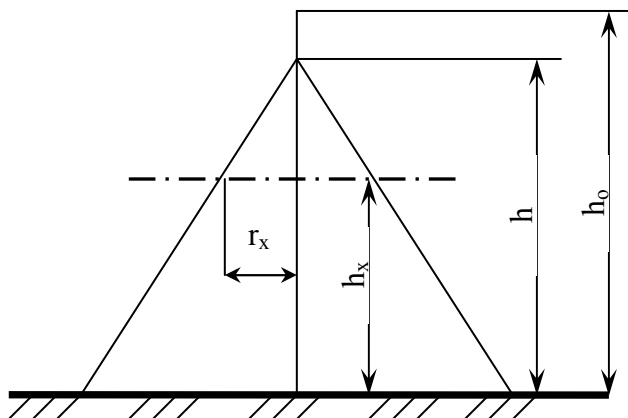


Рис. 6.1. Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода.

Зона Б:

$$h_0 = [0,92 - 0,8 \cdot 10^{-3}(h - 150)]h;$$

$$r_0 = 225 \text{ м};$$

$$r_x = 225 - \frac{225 h_x}{[0,92 - 0,8 \cdot 10^{-3}(h - 150)]h}$$

2.3.2. Двойной стержневой молниеотвод.

2.3.2.1. Для защиты длинных сооружений устанавливают два стержневых молниеотвода. Габаритные размеры торцевых областей зоны защиты (рис 6.2) определяется по формулам п. 2.3.1.1.

Внутренние зоны молниеотвода имеют следующие размеры.

Зона А:

при $L \leq h$

$$h_c = h_0; \quad r_{cx} = r_x; \quad r_c = r_0$$

при $h < L \leq 2h$

$$h_c = h_0 - (0,17 + 3 \cdot 10^{-4}h)(L - h);$$

$$r_c = r_0; \quad r_{cx} = r_0(h_c - h_x)/h_c.$$

при $2h < L \leq 4h$

$$h_c = h_0 - (0,17 + 3 \cdot 10^{-4}h)(L - h);$$

$$r_c = r_0 \left[1 - \frac{0,2(L - 2h)}{h} \right];$$

$$r_{cx} = r_c(h_c - h_x)/h_c.$$

При расстоянии между стержнями молниеотводами $L > 4h$ для построения зоны А молниеотводы следует рассматривать как одиночные.

Зона Б.

при $L \leq h$

$$h_c = h_0; \quad r_{cx} = r_x; \quad r_c = r_0$$

при $h < L \leq 6h$

$$h_c = h_0 - 0,14(L - h);$$

$$r_c = r_0; \quad r_{cx} = r_0(h_c - h_x)/h_c.$$

При расстоянии между стержневыми молниеотводами $L > 6h$ для построения зоны Б молниеотводы следует считать одиночными.

Высота молниеотвода определяется по формуле:

$$h = (h_c + 0,14L)/1,06$$

2.3.2.2. Габаритные размеры торцевых зон защиты двух стержневых молниеотводов разной высоты h_1 и $h_2 \leq 150$ м (рис 6.3) определяются по формулам п. 2.3.1.1. Габаритные размеры внутренней области зоны защиты определяются по формулам: $r_c = (r_{01} + r_{02})/2$; $h_c = (h_{c1} + h_{c2})/2$; $r_{cx} = r_c(h_c - h_x)/h_c$, где значения h_{c1} и h_{c2} вычисляются по формулам для h_c п. 2.3.2.1

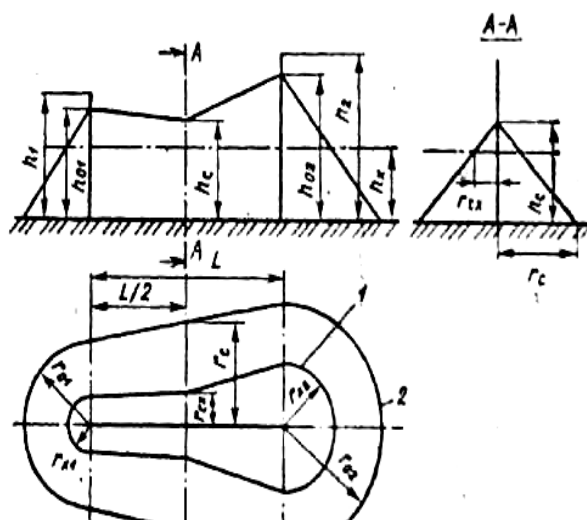
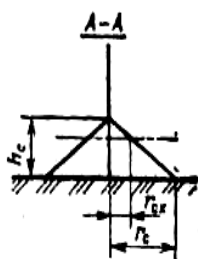
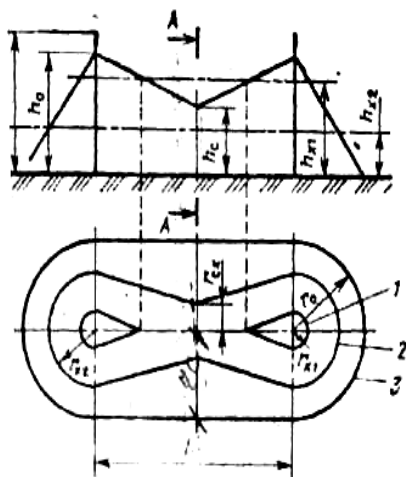


Рис. 6. 2. Зона защиты двойного стержневого молниеотвода

Рис. 6.3. Зона защиты двойного стержневого молниеотвода разной высоты.

2.3.3. Одиночный тросовый молниеотвод

При очень длинных зданиях, когда недостаточно двух стержневых молниеотводов, устраивают одиночные или двойные тросовые молниеотводы.

Зона защиты одиночного тросового молниеотвода приведена на рис. 6.4, где h – высота троса в середине пролета. С учетом стрелы провеса троса сечением $35 - 50 \text{ мм}^2$ при известной высоте опор $h_{\text{оп}}$ и длине пролета a высота троса определяется:

$$h = h_{\text{оп}} - 2 \quad \text{при } a < 120 \text{ м};$$

$$h = h_{\text{оп}} - 3 \quad \text{при } 120 < a < 150 \text{ м}.$$

Зоны защиты одиночного тросового молниеотвода имеют следующие габаритные размеры.

Зона А:

$$h_0 = 0,85h; \quad r_0 = (1,35 - 0,0025h)h;$$

$$r_x = (1,35 - 0,0025h)(h - h_x/0,85).$$

Зона Б:

$$h_0 = 0,92h; \quad r_0 = 1,7h; \quad r_x = 1,7(h - h_x/0,92).$$

Высота одиночного тросового молниеотвода определяется по формуле:

$$h = (r_x + 1,85h_x)/1,7.$$

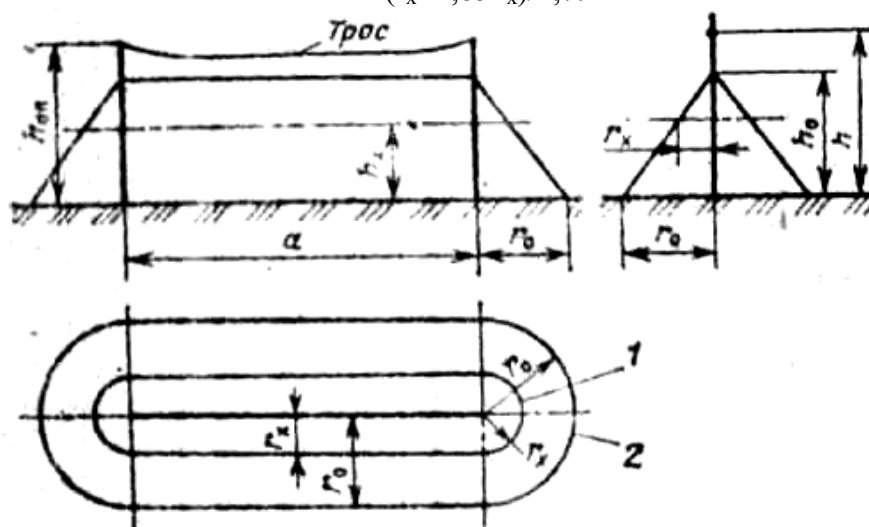


Рис. 6.4. Зона защиты одиночного тросового молниеотвода.

2.3.4. Двойной тросовый молниеотвод

2.3.4.1. Зона защиты двойного тросового молниеотвода приведена на рис. 6.5. Размеры r_o , h_o , r_x определяется по формулам п. 2.3.3. Остальные размеры зон определяются следующим образом.

Зона А:

при $L \leq h$

$$h_c = h_o; \quad r_{cx} = r_x; \quad r_c = r_o$$

при $h < L \leq 2h$

$$h_c = h_o - (0,14 + 5 \cdot 10^{-4}h)(L - h);$$

$$r_x' = \frac{L}{2} \left(\frac{h_o - h_x}{h_o - h_c} \right)$$

$$r_c = r_o; \quad r_{cx} = r_o(h_c - h_x)/h_c$$

при $2h < L \leq 4h$

$$h_c = h_o - (0,14 + 5 \cdot 10^{-4}h)(L - h);$$

$$r_x' = \frac{L}{2} \left(\frac{h_o - h_x}{h_o - h_c} \right)$$

$$r_c = r_o \left[1 - \frac{0,2(L - 2h)}{h} \right];$$

$$r_{cx} = r_c(h_c - h_x)/h_c.$$

При расстоянии между стержнями молниеотводами $L > 4h$ для построения зоны А молниеотводы следует рассматривать как одиночные.

Зона Б:

при $L \leq h$

$$h_c = h_o; \quad r_{cx} = r_x; \quad r_c = r_o$$

при $h < L \leq 6h$

$$h_c = h_o - 0,12(L - h);$$

$$r_x' = \frac{L}{2} \left(\frac{h_o - h_x}{h_o - h_c} \right)$$

$$r_c = r_o; \quad r_{cx} = r_o(h_c - h_x)/h_c.$$

При расстоянии между стержневыми молниеотводами $L > 6h$ для построения зоны Б молниеотводы следует считать одиночными.

Высота тросового молниеотвода находится по формуле:

$$h = (h_c + 0,12L)/1,06$$

2.3.4.2. Зона защиты двух тросов разной высоты приведены на рис. 6.6. Значения r_{o1} , r_{o2} , h_{o1} , h_{o2} , r_{x1} , r_{x2} определяются по формулам п. 2.3.3 как для одиночного тросового молниеотвода. Для определения размеров r_c и h_c используются формулы: $r_c = (r_{o1} + r_{o2})/2$; $h_c = (h_{c1} + h_{c2})/2$; где значения h_{c1} и h_{c2} вычисляются по формулам для h_c п. 2.3.4.1. Значения r_{x1}' , r_{x2}' , r_{cx} вычисляются по тем же формулам п. 2.3.4.1.

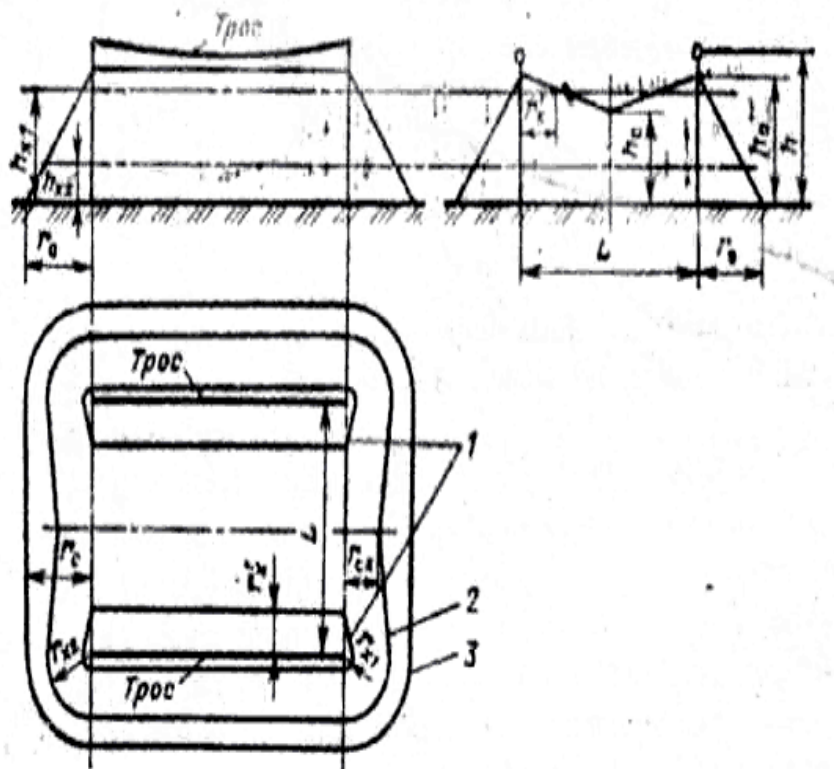


Рис. 6.5. Зона защиты двойного тросового молниеотвода.

3.17.3 Результаты и выводы:

1. Ознакомьтесь с основными категориями молниезащиты и ее необходимостью
2. Ознакомьтесь с методикой расчета молниезащиты для сельскохозяйственных объектов
3. Рассчитайте молниезащиту для предлагаемого объекта по варианту.
4. Оформите отчет и сдайте преподавателю

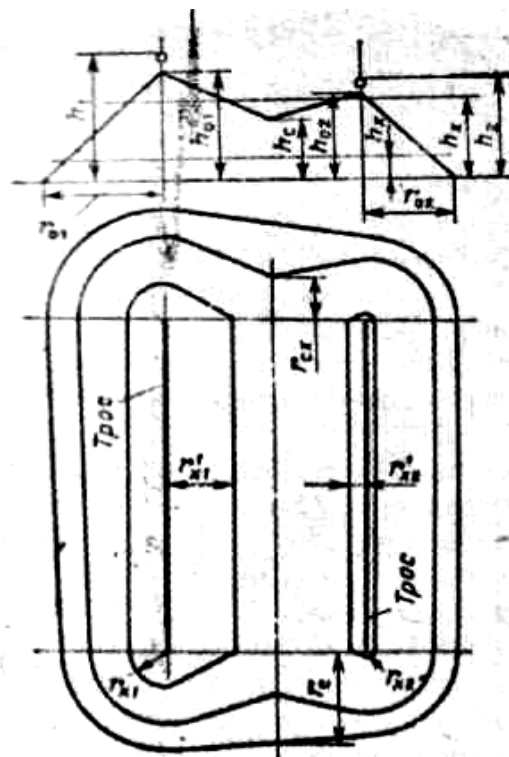


Рис. 6.6. Зона защиты двух тросовых молниеотводов разной высоты.

3.7 Практическое занятие № ПЗ-7 (2 часа).

Тема: «Разработка инструкции по охране труда»

3.7.1 Задание для работы:

1. Изучить исходные материалы для написания инструкции;
2. Разработать инструкцию по профессиям;
 - 2.1. Общие требования безопасности;
 - 2.2. Требования перед началом работы;
 - 2.3. Требования безопасности во время работы;
 - 2.4. Требования безопасности в аварийных ситуациях;
 - 2.5. Требования работы по окончании работы.

3.7.2 Краткое описание проводимого занятия:

1. Общие сведения

Инструкция по охране труда является нормативным документом для работника и разрабатывается исходя из его профессии (электросварщик, станочник, слесарь, электромонтер, доярка и др.), так и на отдельный вид выполняемой работы (на высоте, монтажные, наладочные, ремонтные, проведение испытаний и т.д.).

Разработка инструкций по охране труда осуществляется на основании приказа (распоряжения) работодателя.

Инструкция по охране труда для работника разрабатывается на основе межотраслевой или отраслевой типовой инструкции по охране труда (а при её отсутствии - межотраслевых и отраслевых правил по охране труда), включающие: действующие законы и иные нормативные правовые акты, изучения вида работ, для которого инструкция разрабатывается, изучения условий труда, характерных для соответствующей профессии (вида работ), определения опасных и вредных производственных факторов, характерных для работ, выполняемых работниками соответствующей профессии, анализа типичных, наиболее вероятных для соответствующей профессии (вида работ), причин несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, требований безопасности, изложенных в эксплуатационной и ремонтной документации организаций-изготовителей оборудования, а также в технологической документации организации с учетом конкретных условий производства, определения наиболее безопасных методов и приёмов выполнения применительно к профессии работника или виду работы.

Инструкции выдают работающим на руки под роспись в личной карточке инструктажа или вывешивают на видном месте в рабочей зоне, или хранят в доступном для работающих месте. Их пересматривают не реже 1 раза в 3 года, а также в случае пересмотра типовой инструкции, изменения технологического процесса или условий работы, применения нового вида оборудования, сырья, инструментов и т. п.

В инструкцию по охране труда рекомендуется включать разделы:

1. Общие требования безопасности.
2. Требования безопасности перед началом работы.
3. Требования безопасности во время работы.
4. Требования безопасности в аварийных ситуациях.
5. Требования безопасности по окончании работы.

По мере необходимости в инструкцию по охране труда можно включать другие разделы.

В разделе «**Общие требования безопасности**» рекомендуется отражать:

- условия допуска работников к самостоятельной работе по соответствующей профессии или к выполнению соответствующего вида работ (возраст, пол, состояние здоровья, проведение инструктажей и т.п.);
- указания о необходимости соблюдения правил внутреннего распорядка;
- требования по выполнению режимов труда и отдыха;

- перечень опасных и вредных производственных факторов, которые могут воздействовать на работника в процессе работы;
- перечень спецодежды, спецобуви и других средств индивидуальной защиты, выдаваемых в соответствии с установленными нормами, с указанием обозначений государственных, отраслевых стандартов или технических условий на них;
- требования по обеспечению пожаро- и взрывобезопасности;
- порядок уведомления администрации о случаях травмирования работника и неисправности оборудования, приспособлений и инструмента;
- указания по оказанию первой (доврачебной) помощи;
- правила личной гигиены, которые должен знать и соблюдать работник при выполнении работы.

В разделе **«Требования безопасности перед началом работы»** рекомендуется включать:

- порядок подготовки рабочего места, средств индивидуальной защиты;
- порядок проверки исправности оборудования, приспособлений и инструмента, ограждений, сигнализации, блокировочных и других устройств, защитного заземления, вентиляции, местного освещения и т.п.; порядок проверки исходных материалов (заготовки);
- порядок приема и передачи смены в случае непрерывного технологического процесса и работы оборудования.

В разделе **«Требования безопасности во время работы»** рекомендуется предусматривать:

- способы и приемы безопасного выполнения работ, использования технологического транспортных средств, грузоподъемных механизмов, приспособлений и инструментов;
- требования безопасного обращения с исходными материалами (сырьё, заготовки); указания по безопасному содержанию рабочего места;
- действия, направленные на предотвращения аварийных ситуаций,
- требования, предъявляемые к использованию средств индивидуальной защиты работников.

В разделе **«Требования безопасности в аварийных ситуациях»** рекомендуется излагать:

- перечень основных возможных аварийных ситуаций и причины их вызывающие;
- действия работников при возникновении аварий и ситуаций, которые могут привести к нежелательным последствиям;
- действия по оказанию первой помощи пострадавшим при травмировании, отравлении и внезапном заболевании.

В разделе **«Требования безопасности по окончании работ»** рекомендуется отражать:

- порядок отключения, остановки, разборки, очистки и смазки оборудования, приспособлений, машин, механизмов и аппаратуры;
- порядок уборки отходов, полученных в ходе производственной деятельности;
- требования соблюдения личной гигиены;
- порядок извещения руководителя работ о недостатках, влияющих на безопасность труда, выявленных во время работы.

Инструкции по охране труда должны содержать минимум ссылок на какие-либо нормативные правовые акты, кроме ссылок на правила, на основании которых они разработаны.

В инструкции не должны применяться слова, подчеркивающие особое значение отдельных требований (например, «категорически», «особенно», «обязательно», «строго», «безусловно» и т.п.), так как все требования инструкции должны выполняться работниками в равной степени.

Замена слов в тексте инструкции буквенным сокращением (аббревиатурой) допускается при условии полной расшифровки аббревиатуры при её первом применении.

Инструкции по охране труда для работников разрабатываются в соответствии с наименованием профессий и перечнем видов работ, утверждаемыми работодателем: Перечень инструкций, подлежащих разработке, утверждается руководителем и рассылается в структурные подразделения организации.

Инструкции по охране труда для работников разрабатываются руководителем соответствующих структурных подразделений (служб) организации (пример оформления инструкции приведен ниже) и утверждаются приказом работодателя по согласованию с соответствующим профсоюзным либо иным уполномоченным работником представительным органом.

Служба охраны труда (специалист по охране труда) организации осуществляет контроль за своевременной разработкой, проверкой, пересмотром и утверждением инструкций по охране труда для работников, оказывает методическую помощь работникам.

Для вводимых в действие новых и реконструированных производств допускается разработка временных инструкций по охране труда для работников.

Временные инструкции по охране труда должны обеспечивать безопасное ведение технологических процессов (работ) и безопасную эксплуатацию оборудования и разрабатываются на срок до приемки указанных производств в эксплуатацию.

Инструкции для работников, занятых взрывными работами, обслуживанием электрических устройств и установок, грузоподъемных машин, котельных установок, сосудов, работающих под давлением, и для других работников, требования безопасности труда которых установлены в межотраслевых и отраслевых актах, утверждаемых федеральными надзорами России, разрабатываются на основе указанных актов и утверждаются в порядке, установленном этими органами.

Проверку и пересмотр инструкций по охране труда для работников организует работодатель. Пересмотр инструкций должен проводиться не реже одного раза в 5 лет.

Инструкции по охране труда для работников досрочно пересматриваются:

а) при пересмотре межотраслевых и отраслевых правил и типовых инструкций по охране труда;

б) при изменении условий труда работников;

в) при внедрении новой техники и технологии;

г) по результатам анализа материалов расследований аварий, несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;

д) по требованию представителей органов по труду субъектов Российской Федерации или органов федеральных надзоров России.

Если в течение срока действия инструкции по охране труда для работника условия его труда не изменились, то приказом (распоряжением) работодателя её действия продлевается на следующий срок, о чем делается запись на первой странице инструкции (ставятся текущая дата, штамп «Пересмотрено» и подпись лица, ответственного за пересмотр инструкции, приводятся наименование его должности и расшифровка подписи, указывается срок продления инструкции).

У руководителя структурного подразделения (службы) организации должен храниться комплект действующих в подразделении (службе) инструкций по охране труда для работников данного подразделения (службы), а также перечень этих инструкций.

Местонахождение этих инструкций по охране труда для работников определяет руководитель структурного подразделения (службы) с учетом обеспечения доступности и удобства ознакомления с ними.

Инструкции по охране труда для работников могут быть выданы им на руки (под расписку в личной карточке инструктажа) для изучения при первичном инструктаже на рабочем месте либо вывешены на рабочих местах или участках, либо должны храниться в ином месте, доступном для работников.

Учет инструкций по охране труда для работников осуществляется службой охраны труда (специалистом по охране труда) организации.

В каждой разработанной инструкции по охране труда, которую составляют студенты, приводится список использованных литературных источников в соответствии с выданным заданием.

(титульный лист инструкции по
охране труда для работника)

(наименование организации)

Согласовано

(наименование должности руководителя
профсоюзного либо иного уполномоченного
работниками органа, подпись, ее
расшифровка, дата согласования)

Утверждаю

(наименование должности работодателя,
подпись, ее
расшифровка, дата подтверждения)

ИНСТРУКЦИЯ по охране труда для

(наименование профессии либо вида работ)

(обозначение)

Примечание. На оборотной стороне инструкции рекомендуется наличие виз: разработчика инструкции, руководителя (специалиста) службы охраны труда, энергетика, технолога и других заинтересованных лиц.

Оборудование, исходные материалы. Сельскохозяйственная машина (стационарная или подвижная), машинно-тракторный агрегат.

Типовая инструкция по охране труда.

Заводское руководство по эксплуатации данного вида техники.

ГОСТы, ОСТы, ССБТ в зависимости от вида работ и используемой техники.

Материалы расследования несчастных случаев, акты по форме Н-1, имеющие отношение к данной профессии или виду работы.

Положение о разработке инструкций по охране труда.

3.7.3 Результаты и выводы:

1. Изучить необходимые нормативные документы и исходные материалы для составления инструкции.

2. Изучить технологический процесс, выявите возможные опасные и вредные производственные факторы, возникающие при нормальной работе и при отклонениях от оптимального режима, определите меры и средства защиты от них.

3. Определить безопасные приемы работ, их последовательность. Проанализируйте причины несчастных случаев, произошедших с работниками данной профессии или при выполнении данного вида работы.

4. В отчете о практической работе описать общие требования к составлению инструкций по охране труда, их структуру.

5. Результаты работы представить в виде разработанной инструкции по охране труда.

3.8 Практическое занятие № ПЗ-8 (2 часа).

Тема: «Экономические потери от травматизма и заболеваемости. Эффективность внедрения безопасных условий труда»

3.8.1 Задание для работы:

1. Изучение методики определения экономических последствий от травматизма и заболеваемости;
2. Определение суммарной потери, связанные с травматизмом и заболеваемостью;
3. Определение общей экономии от внедрения мероприятий на охрану труда;
4. Определение показателей затрат на мероприятия по охране труда;
5. Заключение по целесообразности внедрения мероприятий по охране труда с экономической точки зрения.

3.8.2 Краткое описание проводимого занятия:

1. Общие сведения.

Потери рабочего времени на производстве связаны не только с травматизмом, и с заболеваемостью рабочих и служащих из-за неудовлетворительных условий труда (отклонение параметров микроклимата от допустимых значений; концентрации вредных веществ, превышающие ПДК; нерациональная освещенность; высокий уровень шума и вибрации и т. д.). Именно поэтому при экономическом анализе необходимо изучать причины как травматизма, так и заболеваемости.

Внедрение мероприятий по охране труда способствует росту среднегодовой выработки рабочего и экономии средств по социальному страхованию, сокращению трудовых потерь.

Изучить методику экономической оценки мероприятий по охране труда. Получить задание и исходные данные для расчета. Провести экономический расчет последствий травматизма (или заболеваемости). После этого провести расчет экономической эффективности внедрения безопасных и безвредных условий труда.

Изучить методику определения экономических последствий травматизма и заболеваемости.

Суммарные потери хозяйства, связанные с травматизмом и заболеваемостью:

$$P_c = \Sigma P_m + \Sigma P_z; \quad (8.1)$$

где ΣP_m - сумма потерь, связанная с травмами, руб.; ΣP_z - сумма потерь, связанная с заболеваемостью из-за неудовлетворительных условий труда, руб.

Потери P_m , связанные с отдельной травмой, складываются из множества составляющих:

$$P_m = C_a + C_k + C_{3п} + C_n + C_6 + C_p + C_o + C_n; \quad (8.2)$$

где C_a - стоимость амбулаторного лечения, руб.; C_k - стоимость клинического лечения, руб.; $C_{3п}$ - сумма недопроизведенной заработной платы за период лечения, руб.; C_n - убытки из-за недополученной суммы налогов с необлагаемой части дохода (выплат по больничному листку), руб.; C_6 - сумма выплат по больничному листку, руб.; C_p - стоимость расследования несчастного случая, руб.; C_o - стоимость испорченного оборудования или затраты на его ремонт, руб.; C_n - стоимость валовой продукции, недополученной хозяйством вследствие травмы или заболевания, руб.

Потери от одного заболевания P_{z1} , являющегося следствием неудовлетворительных условий труда, определяются суммой следующих слагаемых:

$$P_{z1} = C_a + C_k + C_{3п} + C_{ц} + C_6 + \dots + C_n. \quad (8.3)$$

Примечание. Если пострадавший переводится на менее квалифицированную работу, то необходимо учесть потери, связанные с переводом.

Слагаемые потери от травматизма и заболеваемости определяют по листкам нетрудоспособности, экспертной оценки стоимости испорченного оборудования и инструмента, медицинского заключения, данных бухгалтерии и т. д.

Так, стоимость амбулаторного C_a и клинического C_k лечения определяют соответственно из выражений

$$C_a = C_{a1} D_a \quad \text{и} \quad C_k = C_{k1} D_k, \quad (8.4)$$

где C_{a1} и C_{k1} - соответственно стоимость одного посещения лечебного заведения или одного койко-места в больнице, руб.; D_a и D_k - соответственно продолжительность лечения, дней (для Краснодарского края $C_a = 1,8$ руб.; $C_k = 7,2$ руб. в сельской местности, 8,4 - в городе).

Сумму недопроизведенной заработной платы $C_{зп}$ определяют, исходя из среднего дневного $C_{з1}$ заработка:

$$C_{зп} = C_{з1} D_6, \quad (8.5)$$

где D_6 - число дней нетрудоспособности (для Краснодарского края $C_{з1} = 4...7$ руб.).

Убытки от недополучения налога:

$$C_n = \frac{C_{з1}}{100} (4,4 \cdot 1,5) D_6; \quad (8.6)$$

(выражение в скобках - процент отчисления госстраху).

Сумма выплат по больничному листку:

$$C_6 = C_{61} D_6, \quad (8.7)$$

где C_{61} - стоимость одного дня по больничному листку, руб.

Стоимость расследования несчастных случаев C_p складывается из суммарного дневного заработка C_d лиц, участвующих в расследовании (инженер по охране труда, технический инспектор, общественный инспектор, начальник и др.), умноженного на число дней расследования D_p :

$$C_p = C_d D_p \cdot \quad (8.8)$$

Стоимость испорченного оборудования или инструмента; стоимость ремонта оборудования принимают по данным бухгалтерии.

Стоимость валовой продукции, недополученной из-за травмы или заболевания:

$$C_{п} = \frac{C_v D_{6п}}{n_p D} \quad (8.9)$$

где C_v - стоимость всей валовой продукции, произведенной в хозяйстве за год, руб.;

n_p - среднесписочное число работающих в течение года; D - число рабочих дней (смен) в году; $D_{6п} = (D_1 - D_3)$ - сумма дней нетрудоспособности вследствие травм и заболеваемости.

Подставив результаты расчетов по формулам (8.4.. 8.9) в формулы (8.2 и 8.3), а затем в формулу (8.1), определяют суммарные потери от травматизма и заболеваемости.

Общая экономия от внедрения мероприятий по охране труда:

$$\mathcal{E}_0 = П_{C1} - П_{C2}, \quad (8.10)$$

где $\mathcal{E}_0$ - общая экономия, руб.; $П_{C1}$ - потери из-за травм и заболеваемости в базисном году, руб.; $П_{C2}$ - потери из-за травм и заболеваемости после внедрения мероприятий по охране труда, руб.

Для приближенного расчета общей экономии от внедрения мероприятий по охране труда можно воспользоваться формулой:

$$\mathcal{E}_0 = (C_1 + C_{61})(D_{6п1} - D_{6п2}), \quad (8.11)$$

где C_1 - среднегодовое производство продукции на одного работающего в день, руб.; C_{61} - среднегодовой оплаты больничных листов в день (из-за травм и заболеваний, связанных с условиями труда), руб.; $D_{6п1}$ - дни нетрудоспособности в базисном году; $D_{6п2}$ - дни нетрудоспособности в году после внедрения мероприятий по охране труда.

Для оценки влияния мероприятий по охране труда на увеличение производства продукции применяется показатель расходов $П_0$:

$$П_0 = \frac{З_{п} + З_{д}}{\Phi_0} 100 \% \quad (8.12)$$

где Z_n - затраты на номенклатурные мероприятия по охране труда, руб.; Z_d - затраты на дополнительные мероприятия по охране труда, руб.; Φ_0 - основные производственные фонды, руб.

2. Определить (формула 8.1) суммарные потери, связанные с травматизмом и заболеваемостью (по заданию преподавателя).

Данные

$C_a = \dots$; $D_a = \dots$; $C_k = \dots$; $D_k = \dots$;

$C_{31} = \dots$; $D_6 = \dots$;

$C_{61} = \dots$;

$C_d = \dots$; $D_p = \dots$;

$C_v = \dots$; $D_{6n} = \dots$; $n_p = \dots$; $D = \dots$;

3. Определить общую экономию от внедрения мероприятий по охране труда (формулы 8.10 и 8.11).

Данные

P_{c1} - взять из предыдущего расчета (формула 8.1);

P_{c2} - по заданию преподавателя.

$C_{1\dots}$; $C_{61} = \dots$; $D_{6n1} = \dots$; $D_{6n2} = \dots$

1. Определить показатель затрат на мероприятия по охране труда (формула 8.12).

Данные

$Z_n = \dots$; $Z_d = \dots$; $\Phi_0 = \dots$

2. Дать заключение о целесообразности внедрения мероприятий по охране труда с экономической точки зрения;

Примечание. Если расчеты покажут, что мероприятия по охране труда не дают ощутимого эффекта, в заключение следует отметить необходимость их внедрения с гуманной точки зрения - сохранения здоровья и жизни работающих.

3.8.3 Результаты и выводы:

1. Изучить методику экономической оценки травматизма.

2. Определить суммарные потери, связанные с травматизмом и заболеваемостью (по заданию преподавателя).

3. Дать заключение о целесообразности внедрения мероприятий по охране труда с экономической точки зрения.

4. Оформить отчет и сдать преподавателю.

3.9 Практическое занятие № ПЗ-9 (2 часа).

Тема: «Ознакомление с порядком и документами по расследованию и учету производственного травматизма. Вычисление показателей травматизма»

3.9.1 Задание для работы:

1. Изучение порядка расследования несчастных случаев на производстве;

2. Изучение «Положение о расследовании и учете несчастных случаев на производстве»;

3. Изучение правил заполнения акта формы Н-1;

4. Определение показателей учета и анализа состояния охраны труда;

5. Решение задачи по варианту.

3.9.2 Краткое описание проводимого занятия:

1. Общие сведения

Порядок расследования несчастных случаев на производстве осуществляется в соответствии с Положением о расследовании и учете несчастных случаев на производстве.

Для расследования несчастного случая на производстве в организации работодатель незамедлительно создает комиссию в составе не менее трех человек.

В состав комиссии включаются специалист по охране труда или лицо, назначенное ответственным за организацию работы по охране труда приказом (распоряжением)

работодателя, представители работодателя, представители профсоюзного органа или иного уполномоченного работниками представительного органа, уполномоченный по охране труда. Комиссию возглавляет работодатель или уполномоченный им представитель. Состав комиссии утверждается приказом (распоряжением) работодателя.

Руководитель, непосредственно отвечающий за безопасность труда на участке (объекте), где произошел несчастный случай, в состав комиссии не включается.

В расследовании несчастного случая на производстве у работодателя – физического лица принимают участие указанный работодатель или уполномоченный его представитель, доверенное лицо пострадавшего, специалист по охране труда, который может привлекаться к расследованию несчастного случая и на договорной основе.

Несчастный случай на производстве, происшедший с лицом, направленным для выполнения работ к другому работодателю, расследуется комиссией, образованной работодателем, у которого произошел несчастный случай. В состав данной комиссии входит уполномоченный представитель работодателя, направившего это лицо. Неприбытие или несвоевременное прибытие указанного представителя не является основанием для изменения сроков расследования.

Несчастный случай, происшедший с работником организации, производящей работы на выделенном участке другой организации, расследуется и учитывается организацией, производящей эти работы. В данном случае комиссия, проводившая расследование несчастного случая, информирует руководителя организации, на территории которой производились эти работы, о своих выводах.

Несчастный случай, происшедший с работником при выполнении работы по совместительству, расследуется и учитывается по месту, где производилась работа по совместительству.

Расследование несчастного случая на производстве, происшедшего в результате аварии транспортного средства, проводится комиссией, образуемой работодателем с обязательным использованием материалов расследования, проведенного соответствующим государственным органом надзора и контроля.

Каждый работник или уполномоченный им представитель имеет право на личное участие в расследовании несчастного случая на производстве, происшедшего с работником.

Для расследования группового несчастного случая на производстве, тяжелого несчастного случая на производстве, несчастного случая на производстве со смертельным исходом в состав комиссии также включаются государственный инспектор по охране труда, представители органа исполнительной власти субъекта Российской Федерации или органа местного самоуправления (по согласованию), представитель территориального объединения организаций профессиональных союзов. Работодатель образует комиссию и утверждает ее состав во главе с государственным инспектором по охране труда.

По требованию пострадавшего (в случае смерти пострадавшего – его родственников) в расследовании несчастного случая может принимать участие его доверенное лицо. В случае если доверенное лицо не участвует в расследовании, работодатель или уполномоченный им его представитель либо председатель комиссии обязан по требованию доверенного лица ознакомить его с материалами расследования. Случаи острого отравления или радиационного воздействия, превысившего установленные нормы, расследуются в порядке, устанавливаемом Правительством Российской Федерации.

Если несчастный случай явился следствием нарушений в работе, влияющих на обеспечение ядерной, радиационной и технической безопасности на объектах использования атомной энергии, то в состав комиссии включается также представитель территориального органа федерального надзора по ядерной и радиационной безопасности.

При несчастном случае, происшедшем в организациях или на объектах, подконтрольных территориальным органам федерального органа исполнительной власти, осуществляющего функции по контролю и надзору в сфере промышленной безопасности,

состав комиссии утверждается руководителем соответствующего территориального органа. Возглавляет комиссию представитель этого органа.

При групповом несчастном случае на производстве с числом погибших пять и более человек в состав комиссии включаются также представители федерального органа исполнительной власти, уполномоченного на проведение государственного надзора и контроля за соблюдением трудового законодательства и иных нормативных правовых актов, содержащих нормы трудового права, и общероссийского объединения профессиональных союзов. Возглавляет комиссию руководитель государственной инспекции труда - главный государственный инспектор труда соответствующей государственной инспекции труда или его заместитель по охране труда, а при расследовании несчастного случая, происшедшего в организации или на объекте, подконтрольных территориальному органу федерального органа исполнительной власти, осуществляющего функции по контролю и надзору в сфере промышленной безопасности, - руководитель этого территориального органа

Расследование обстоятельств и причин несчастного случая на производстве, который не является групповым и не относится к категории тяжелых несчастных случаев или несчастных случаев со смертельным исходом, проводится комиссией в течение трех дней.

Расследование группового несчастного случая на производстве, тяжелого несчастного случая на производстве и несчастного случая на производстве со смертельным исходом проводится комиссией в течение 15 дней.

Несчастный случай на производстве, о котором не было своевременно сообщено работодателю или в результате которого нетрудоспособность у пострадавшего наступила не сразу, расследуется комиссией по заявлению пострадавшего или его доверенного лица в течение одного месяца со дня поступления указанного заявления.

При необходимости проведения дополнительной проверки обстоятельств несчастного случая, получения соответствующих медицинских и иных заключений указанные в настоящей статье сроки могут быть продлены председателем комиссии, но не более чем на 15 дней.

В каждом случае расследования несчастного случая на производстве комиссия выявляет и опрашивает очевидцев происшествия, лиц, допустивших нарушения нормативных требований по охране труда, получает необходимую информацию от работодателя и по возможности – объяснения от пострадавшего.

По требованию комиссии в необходимых для проведения расследования случаях работодатель за счет собственных средств обеспечивает:

- выполнение технических расчетов, проведение лабораторных исследований, испытаний, других экспертных работ и привлечение в этих целях специалистов-экспертов;
- фотографирование и (или) видеосъемку места происшествия и поврежденных объектов, составление планов, эскизов, схем;
- предоставление транспорта, служебного помещения, средств связи, специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты.

Материалы расследования несчастного случая включают:

- приказ (распоряжение) о создании комиссии по расследованию несчастного случая;
- планы, эскизы, схемы, протокол осмотра места происшествия, а при необходимости - фото- и видеоматериалы;
- документы, характеризующие состояние рабочего места, наличие опасных и вредных производственных факторов;
- выписки из журналов регистрации инструктажей по охране труда и протоколов проверки знания пострадавшими требований охраны труда;
- протоколы опросов очевидцев несчастного случая и должностных лиц, объяснения пострадавших;
- экспертные заключения специалистов, результаты технических расчетов, лабораторных исследований и испытаний;

- медицинское заключение о характере и степени тяжести повреждения, причиненного здоровью пострадавшего, или причине его смерти, нахождении пострадавшего в момент несчастного случая в состоянии алкогольного, наркотического или иного токсического опьянения;

- копии документов, подтверждающих выдачу пострадавшему специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты в соответствии с действующими нормами;

- выписки из ранее выданных работодателю и касающихся предмета расследования предписаний государственных инспекторов труда и должностных лиц территориального органа соответствующего федерального органа исполнительной власти, осуществляющего функции по контролю и надзору в установленной сфере деятельности (если несчастный случай произошел в организации или на объекте, подконтрольных этому органу), а также выписки из представлений профсоюзных инспекторов труда об устранении выявленных нарушений требований охраны труда;

- другие документы по усмотрению комиссии.

Конкретный перечень материалов расследования определяется председателем комиссии в зависимости от характера и обстоятельств несчастного случая.

На основании собранных документов и материалов комиссия устанавливает обстоятельства и причины несчастного случая, устанавливает обстоятельства и причины несчастного случая, а также лиц, допустивших нарушения требований охраны труда, вырабатывает предложения по устранению выявленных нарушений, причин несчастного случая и предупреждению аналогичных несчастных случаев, определяет, были ли действия (бездействие) пострадавшего в момент несчастного случая обусловлены трудовыми отношениями с работодателем либо участием в его производственной деятельности, в необходимых случаях решает вопрос о том, каким работодателем осуществляется учет несчастного случая, квалифицирует несчастный случай как несчастный случай на производстве или как несчастный случай, не связанный с производством.

Если при расследовании несчастного случая с застрахованным комиссией установлено, что грубая неосторожность застрахованного содействовала возникновению или увеличению вреда, причиненного его здоровью, то с учетом заключения выборного органа первичной профсоюзной организации или иного уполномоченного работниками органа комиссия определяет степень вины застрахованного в процентах. Порядок расследования несчастных случаев на производстве, учитывающий особенности отдельных отраслей и организаций, а также формы документов, необходимых для расследования несчастных случаев на производстве, утверждаются в порядке, установленном Правительством Российской Федерации.

Особенности формирования комиссий по расследованию несчастных случаев, происшедших в отдельных отраслях и организациях с отдельными категориями работников (граждан)

Расследование несчастных случаев проводится комиссиями по расследованию несчастных случаев (далее – комиссия), образуемыми и формируемыми в соответствии с положениями статьи 229 Трудового Кодекса РФ и требованиями цитируемого Положения, в зависимости от обстоятельств происшествия, количества пострадавших и характера полученных ими повреждений здоровья. Во всех случаях состав комиссии должен состоять из нечетного числа членов.

Расследование несчастных случаев (в том числе групповых), происшедших в организации или у работодателя – физического лица, в результате которых пострадавшие получили повреждения, отнесенные в соответствии с установленными квалифицирующими признаками к категории легких, проводится комиссиями, образуемыми работодателем (его полномочным представителем) в соответствии с положениями ч 1 и 2 ст. 229 Трудового кодекса РФ, с учетом требований, установленных цитируемым Положением. Лица,

осуществляющие (осуществлявшие) непосредственный контроль за работой пострадавшего, в состав комиссии не включаются.

Расследование указанных несчастных случаев, происшедших на находящихся в плавании рыбопромысловых или иных морских, речных и других судах, независимо от их отраслевой принадлежности проводится комиссиями, формируемыми из представителей командного состава, представителя судовой профсоюзной организации, а при ее отсутствии – представителя судовой команды. Комиссию возглавляет капитан судна. Состав комиссии утверждается приказом капитана судна.

Несчастные случаи, происшедшие с лицами, направленными в установленном порядке для выполнения работ к другому работодателю и работавшими там под его руководством и контролем (под руководством и контролем его представителей), расследуются комиссией, формируемой и возглавляемой этим работодателем (его представителем). В состав комиссии включается полномочный представитель организации или работодателя – физического лица, направивших упомянутых лиц. Неприбытие или несвоевременное их прибытие не является основанием для изменения сроков расследования.

Несчастные случаи, происшедшие на территории организации с работниками сторонних организаций и другими лицами при исполнении ими трудовых обязанностей или задания направившего их работодателя (его представителя), расследуются комиссией, формируемой и возглавляемой этим работодателем (его представителем). При необходимости в состав комиссии могут включаться представители организации, за которой закреплена данная территория на правах владения или аренды.

Несчастные случаи, происшедшие с работниками и другими лицами, выполнявшими работу по заданию работодателя (его представителя) на выделенном в установленном порядке участке сторонней организации, расследуются комиссией, формируемой и возглавляемой работодателем (его представителем), производящим работу, с обязательным участием представителя организации, на территории которой производилась эта работа.

Несчастные случаи, происшедшие с работниками при выполнении работы по совместительству, расследуются комиссией, формируемой и возглавляемой работодателем (его представителем), у которого фактически производилась работа по совместительству. В этом случае комиссия, проводившая расследование, информирует о результатах расследования и сделанных выводах работодателя (его представителя) по месту основной работы пострадавшего.

Расследование несчастных случаев со студентами или учащимися образовательных учреждений соответствующего уровня, проходящими в организациях производственную практику или выполняющими работу под руководством и контролем работодателя (его представителя), проводится комиссиями, формируемыми и возглавляемыми этим работодателем (его представителем). В состав комиссии включаются представители образовательного учреждения.

Расследование несчастных случаев со студентами или учащимися образовательных учреждений, проходящими производственную практику на выделенном для этих целей участках организации и выполняющими работу под руководством и контролем полномочных представителей образовательного учреждения, проводится комиссиями, формируемыми руководителями образовательных учреждений. В состав комиссии включаются представители организации.

Несчастные случаи, происшедшие с профессиональными спортсменами во время тренировочного процесса или спортивного соревнования, независимо от количества пострадавших и тяжести полученных ими повреждений, расследуются комиссиями, формируемыми и возглавляемыми работодателями (их представителями) с обязательным участием представителей профсоюзного органа или иного уполномоченного профессиональными спортсменами органа, с учетом требований настоящего Положения.

Расследование и учет несчастных случаев, происшедших со студентами образовательных учреждений высшего и среднего профессионального образования,

учащимися образовательных учреждений среднего, начального профессионального образования и образовательных учреждений основного общего образования во время учебно-воспитательного процесса в указанных образовательных учреждениях, осуществляется в порядке, установленном федеральным органом исполнительной власти, ведающим вопросами образования, по согласованию с Министерством труда и социального развития Российской Федерации.

Расследование и учет несчастных случаев, происшедших со спортсменами-любителями во время учебно-тренировочных занятий и проведения спортивных соревнований, осуществляется в порядке, установленном федеральным органом исполнительной власти, ведающим вопросами физической культуры и спорта по согласованию с Министерством труда и социального развития Российской Федерации.

Несчастные случаи, происшедшие с профессиональными спортсменами, а также тренерами, специалистами и другими работниками профессиональных спортивных организаций при осуществлении иных действий, обусловленных трудовыми отношениями с работодателем или совершаемых в его интересах, расследуются в установленном порядке.

Тяжелые несчастные случаи и несчастные случаи со смертельным исходом, происшедшие с лицами, выполнявшими работу на основе договора гражданско-правового характера, расследуются в установленном порядке государственными инспекторами труда на основании заявления пострадавшего, членов его семьи, а также иных лиц, уполномоченных пострадавшим (членами его семьи) представлять его интересы в ходе расследования несчастного случая, полномочия которых подтверждены в установленном порядке (далее – доверенные лица пострадавшего). При необходимости к расследованию таких несчастных случаев могут привлекаться представители соответствующего исполнительного органа Фонда социального страхования Российской Федерации и других заинтересованных органов.

Несчастные случаи с тяжелым исходом, а так же групповые или со смертельным исходом подлежат социальному расследованию, в ходе которого необходимо:

- произвести осмотр и при необходимости детальное фотографирование места происшествия;

- составить схему места происшествия с необходимыми данными (расположение оборудования, местонахождение пострадавшего и др.);

- взять письменные объяснения (протоколы опросов) очевидцев несчастного случая, а также должностных лиц, ответственных за соблюдение требований ГОСТов, ССБТ, норм и правил по охране труда;

- собрать документальные данные о профессиональной подготовке, квалификации, инструктаже и обучении по вопросам охраны труда пострадавшего, а при необходимости и других работников, имеющих отношение к расследуемому несчастному случаю;

- ознакомиться с технической документацией, имеющей отношение к данному происшествию (технологические карты, проекты производства работ и др.);

- установить, соответствует ли состояние участка, оборудования, рабочего места, места происшествия несчастного случая требованиям техники безопасности, производственной санитарии;

- получить информацию об обеспеченности пострадавшего необходимыми средствами индивидуальной защиты, о соблюдении режима рабочего времени и времени отдыха и других производственных факторах, которые могут иметь отношение к расследуемому несчастному случаю;

- при необходимости потребовать от администрации проведения экспертизы, измерений, лабораторных исследований, испытаний и других работ для выяснения причин несчастного случая; определить причины несчастного случая; указать, какие требования правил и норм охраны труда, ГОСТов, ССБТ и других нормативных актов были нарушены, кто допустил эти нарушения;

- составить предложения по предупреждению несчастных случаев.

В настоящей деловой игре не используются акты другие материалы расследования несчастных случаев, а дается лишь описание их обстоятельств, составленное по материалам расследования.

Нормативные документы, исходные материалы.

Положение о расследовании и учете несчастных случаев на производстве.

Положение об организации работы по охране труда в системе Госагропрома РФ.

Должностная инструкция по технике безопасности; для бригадира тракторно-полеводческой бригады.

Правила техники безопасности при работе на тракторах, сельскохозяйственных и специализированных машинах.

Инструкция по технике безопасности для комбайнеров зерноуборочных комбайнов.

ГОСТ 12.0.004 - 79 «ССБТ. Организация обучения работающих безопасности труда. Общие положения».

ОСТ 46.0.126 - 82 «ССБТ. Организация обучения охране труда в сельском хозяйстве. Общие положения».

Материалы расследования несчастных случаев.

Обстоятельства несчастных случаев. Ситуация № 1. После затянувшегося ненастья с 18 августа в совхозе «Рассвет» возобновилась уборка зерновых, 20 августа комбайнер Васильев начал жатву в 9 ч, а в 10 ч почувствовал себя плохо и ушел домой, предупредив бригадира комплексной бригады. Чтобы не прерывать работу комбайна, бригадир поехал домой к слесарю ремонтных мастерских Лебедеву, отдыхавшему после ночной смены, и попросил его поработать на комбайне вместо Васильева. Лебедев согласился и около 11 ч начал работу. Лебедев в течение 10 лет работал в совхозе. Начинал работу трактористом, имел удостоверение тракториста-машиниста III класса в течение четырех сезонов работал на комбайне. Н в октябре прошлого года за грубое нарушение правила техники безопасности был лишен удостоверения и переведен на работу слесарем в ремонтные мастерские 20 августа он закончил смену в 6 ч утра.

В этот день на отвозке зерна от комбайна на Тракторе Т-40 с прицепом работал учащийся средней школы Антонов. 10 июля текущего года ему исполнилось 16 лет. В прошлом году он помогал отцу ремонтировать трактор Т-40 и имел некоторый навык обращения с ним. 15 августа Антонов письменно обратился к Директору совхоза с просьбой разрешить ему работу на тракторе. Директор разрешил и поставил на заявлении визу «В приказ», однако приказом по предприятию Антонов оформлен не был. Главный инженер совхоза, когда Антонов пришел к нему получать трактор, обратился с претензией к директору. Несмотря на это, директор устно обязал главного инженера выполнить его распоряжение, мотивируя это тем, что, наконец, установилась хорошая погода, а в хозяйстве мало механизаторов. Работу Антонов начал 20 августа в 8 ч утра.

В 19 ч, когда Антонов подъехал к комбайну за зерном, Лебедев остановил комбайн, выключил жатку и попросил Антонова вытащить из жатки солому, заклинившую шнек. При этом Лебедев не выключил двигатель комбайна и оставался в кабине. Потом Лебедев решил выйти из комбайна и, выходя из кабины, ногой задел рычаг включения жатки. В результате Антонова ударило мотовилом, он упал на жатку, его руки попали в режущий аппарат, и первые, вторые и третьи пальцы обеих рук были отрезаны. Услышав крик, Лебедев заглушил комбайн, перевязал Антонову руки и на тракторе отвез его в больницу. Из медицинского заключения, сделанного в районной больнице в тот же день и подписанного главным врачом, следует, что травма Антонова относится к тяжелой; в крови Васильева и Антонова алкоголя не обнаружено, а в крови Лебедева обнаружен алкоголь.

Из журнала регистрации инструктажей было установлено, что Васильев проходил вводный инструктаж 6 лет назад при поступлении на работу, а последний повторный инструктаж - 10 июля текущего года перед началом уборочных работ. Проводил этот инструктаж новый инженер по охране труда. Лебедев вводный инструктаж проходил 10 лет назад. Последний инструктаж на рабочем месте - в октябре прошлого года при переходе на

работу слесарем. Это оформлено в журнале регистрации инструктажей подписи Лебедева и заведующего мастерскими. Инструктаж Антонова при допуске его к трактору производил 15 августа текущего года главный инженер совхоза, но этот инструктаж в журнал еще не был занесен.

Из объяснительной записки Лебедева следует, что инструктаж в октябре прошлого года он не проходил.

Заведующий мастерскими просто дал ему расписаться в журнале.

Из объяснительной записки жены Лебедева следует, что 20 августа он лег спать около 7 ч утра и был; разбужен бригадиром комплексной бригады в 10 ч. 30 мин.

Инструкций по охране труда на рабочем месте комбайнера в совхозе нет.

Ситуация № 2. 15 марта бригадир комплексной бригады дал наряд трактористу Митрофанову перевезти на тракторе ДТ-75 стог соломы с поля на животноводческую ферму. Подцепив стог тросом, Митрофанов хотел вытащить его на дорогу с усовершенствованным покрытием, соединявшую два районных центра, для транспортировки по ней. При выезде на дорогу с поля трактор забуксовал. В это время по дороге на бульдозере ДТ-75 проезжал тракторист этого же совхоза Виноградов. Митрофанов, не выходя из трактора, жестом попросил оказать помощь. Виноградов своим бульдозером расчистил перед трактором Митрофанова снег и заехал за стог, чтобы подтолкнуть его сзади. Трактор Виноградова не был виден, а Митрофанов вдруг заметил, что трос от его трактора зацепился за палец гусеничной ленты. Митрофанов выскочил из трактора и стал снимать трос с пальца гусеничной ленты. Виноградов, не видя из-за стога трактора Митрофанова, ни того, что сам Митрофанов находится между стогом соломы и трактором, начал бульдозером подталкивать стог до тех пор, пока не почувствовал, что стог прижался к трактору Митрофанова и больше не двигается. При этом Митрофана оказался зажатым между стогом соломы и трактором и в результате получил перелом бедра. В таком положении Виноградов остановил свой бульдозер и стал ждать, когда Митрофанов отъедет от стога. Примерно через 5 мин Виноградов вылез из кабины бульдозера и увидел, что Митрофанов прижат к трактору. Виноградов вскочил в трактор Митрофанова и подал его вперед, чем освободил Митрофанова. Видя, что Митрофанов не может встать, Виноградов сбегал в деревню, позвонил директору совхоза, который приехал через 10 минут на автомобиле УАЗ-469 и отвез Митрофанова в больницу.

Митрофанов Аркадий Иванович, 46 лет, тракторист - машинист III класса завода «Прогресс» по распоряжению директора завода в соответствии с решением облисполкома об оказании шефской помощи колхозам и совхозам области был откомандирован с 1 февраля на 3 месяца в совхоз «Рассвет». Вводный инструктаж он прошел на заводе 8 лет назад при поступлении на работу, последний инструктаж - на заводе 25 января текущего года перед отправкой на работу в совхоз. Инструктажей в совхозе он не проходил.

Виноградов Михаил Иванович, 26 лет, работает в совхозе «Рассвет» 6 лет. На третий день после начала работы вводный инструктаж с ним провел главный инженер. Последний повторный инструктаж он прослушал от бригадира комплексной бригады год назад. Инструкций по охране труда на рабочих местах ни Виноградова, ни у Митрофанова нет. В описанных ситуациях несчастных случаев допущены нарушения законодательства и правил по охране труда, которые во время работы предстоит выявить.

3.9.3 Результаты и выводы:

1. Описать в отчете о практической работе порядок расследования несчастного случая с тяжелым исходом содержание составляемых при этом документов и материалов.
2. Проанализировать причины несчастных случаев и действия лиц, имеющих к ним отношение; разработать мероприятия по предупреждению несчастных случаев.
3. Оформить отчет и сдать его преподавателю.

3.2 Практическое занятие № ПЗ-2 (2 часа).

Тема: «Анализ комплексного плана улучшения условий труда, охраны труда и санитарно- оздоровительных мероприятий с.х. предприятия»

3.2.1 Задание для работы:

1. Усвоить содержание и методику разработки комплексных планов улучшения условий, охраны труда и санитарно-оздоровительных мероприятий.
2. Изучить рекомендованную преподавателем литературу и методические указания по выполнению работы.
3. Описать в отчете о практической работе назначение комплексных планов, порядок их разработки, согласования, утверждения подготовить таблицу результатов работы.

3.2.2 Краткое описание проводимого занятия:

Общие сведения. Комплексные планы улучшения условий, охраны труда и санитарно-оздоровительных мероприятий разрабатываются всеми предприятиями на пятилетний срок.

Они направлены на решение следующих основных задач:

- максимальное снижение уровней вредных и опасных производственных факторов, воздействующих на работающих, создание безопасных и безвредных условий труда на рабочих местах; приведение оборудования машин и механизмов в соответствие с требованиями государственных и отраслевых стандартов по безопасности труда;
- максимальное сокращение рабочих мест, не соответствующих требованиям и нормам охраны труда, а также сокращение численности рабочих, занятых в условиях, не соответствующих санитарным нормам;
- реконструкция, капитальный ремонт объектов производственного назначения, не обеспечивающих безопасности труда, или вывод их из эксплуатации, если они по своему техническому состоянию не подлежат реконструкции или капитальному ремонту;
- значительное сокращение, а в дальнейшем ликвидация тяжелых физических работ, уменьшение численности рабочих, занятых ручным трудом;
- приведение санитарно-бытовых и вспомогательных помещений в соответствие с действующими нормами;
- строительство и расширение сети лечебно-профилактических и оздоровительных учреждений в соответствии с установленными нормативами.

Комплексные планы - составная часть планов экономического и социального развития предприятия и отрасли в целом. Мероприятия, предусмотренные комплексными планами, обязательно включаются в соответствующие разделы и приложения коллективных договоров, соглашения по охране труда.

Общее руководство разработкой комплексного плана возложено на руководителя предприятия, главного инженера и председателя профсоюзного комитета. К разработке комплексного плана привлекают работников соответствующих служб и подразделений хозяйства.

Основой для составления комплексного плана служат результаты паспортизации санитарно-технического состояния условий труда в производственных подразделениях сельскохозяйственного предприятия; материалы расследования несчастных случаев на производстве, акты формы Н-1, приказы администрации и постановления профсоюзного комитета о состоянии охраны труда и производственного травматизма; журналы трехступенчатого контроля, решения собраний трудовых коллективов по вопросам охраны труда, предложения общественных инспекторов по охране труда, рабочих, колхозников, служащих; предписания технических инспекторов труда профсоюзов, органов государственного надзора, служб охраны труда; акты обследования состояния условий и охраны труда на предприятии комиссиями; мероприятия, намеченные в ходе общественных смотров по охране труда и культуре производства, документы директивных и вышестоящих хозяйственных и профсоюзных органов по вопросам охраны труда.

При составлении комплексного плана выявляют потребности в материальных и финансовых ресурсах на реконструкцию, ремонт, замену или приобретение оборудования, строительство дополнительных объектов и т.п., а также на разработку необходимой проектной сметной документации и др. Определяют те работы, которые могут быть выполнены за счет собственных средств и материалов, и те, на которые необходимо получить дополнительное финансирование.

В комплексном плане по каждому году приводят сводные показатели (раздел I); план приведения состояния условий труда в соответствие с требованиями по отдельным опасным и вредным производственным факторам, план вывода из эксплуатации, реконструкции цехов, участков, производств, не отвечающих требованиям и нормам охраны труда (раздел II); мероприятия по приведению условий труда в соответствие с требованиями и нормами охраны труда (раздел III); перечень организационных мероприятий по предупреждению производственного травматизма (раздел IV); показатели строительства и расширения санитарно-бытовых и вспомогательных помещений (раздел V); план строительства и расширения лечебно-профилактических и оздоровительных учреждений (раздел VI).

Нормативные документы и материалы. Составленные комплексные планы улучшения условий, охраны труда и санитарно-оздоровительных мероприятий сельскохозяйственных предприятий. В них не заполнены сводные показатели раздела I.

Типовая форма комплексного плана.

Порядок выполнений работы. Ознакомиться с типовой формой комплексного плана, внимательно изучить структуру и содержание всех разделов.

Получить у преподавателя комплексный план улучшения условий, охраны труда и санитарно-оздоровительных мероприятий сельскохозяйственного предприятия и изучить его.

На основании анализа конкретных мероприятий приведенных в разделе III, определить ожидаемое за пятилетие сокращение количества рабочих мест, условия труда на которых не соответствуют требованиям охраны труда, а также уменьшение численности занятых на них работающих, в том числе женщин.

Проанализировать разделы II, III, V, VI комплексного плана, подсчитать общую стоимость всех запланированных работ.

3.9.3 Результаты и выводы:

Результаты анализа комплексного плана занести в отчет по следующей форме.

Наименование предприятия _____

Показатели	До начала реализации плана	После реализации плана
Количество рабочих мест с условиями, не соответствующими требованиям охраны труда: всего, ед. тоже к общему количеству рабочих мест, % Численность работающих в условиях, не соответствующих требованиям охраны труда: всего, чел. тоже к общей численности работающих, % женщин, чел Общая стоимость работ, предусмотренных комплексным планом, руб. Стоимость работ, приходящихся на одного работающего, руб.		

Сделать общие выводы об эффективности намеченных мероприятий.

3.11 Практическое занятие № ПЗ-11 (2 часа).

Тема: «Исследование реакции оператора»

3.11.1 Задание для работы:

Изучить виды реакций оператора, исследовать зависимость времени реакции от количества поступающей информации.

3.11.2 Краткое описание проводимого занятия:

1. Общие сведения.

В процессе трудовой деятельности оператор в системе «человек - машина» получает от машины или из производственной среды определенную информацию, на которую он должен ответить также вполне определенными действиями.

Информация может быть принята в виде дистанционных звуковых, световых, цифровых и других формализованных сигналов или в результате непосредственного наблюдения за рабочими органами машины. Каждому сигналу, поступающему от работающей машины, соответствует то или иное ее состояние. Определенная часть сигналов во избежание аварийной или травмоопасной ситуации требует немедленного воздействия оператора на органы управления машиной (например, остановки машины при подаче сигнала от лиц, обслуживающих прицепной агрегат, или объезда неожиданно возникшего препятствия, или отключения рабочего органа и т.п.).

Один из основных показателей надежности работы оператора - время его реакции или скорость передачи информации от органов контроля на органы управления. Этот показатель наряду с показателем быстродействия технических элементов машины определяя быстродействие всей системы «человек - машина». Если время задержки информации или ее реализации в звеньях машины - величина заданная или известная, то время реакции оператора - величина индивидуальная, в значительной степени зависящая от психофизиологических особенностей и состояния каждого отдельного человека. Лица с недостаточно быстрой реакцией создают больше аварийных ситуаций, часто не могут быстро и безопасно выполнять отдельные виды работ. Время реакции человека непостоянно, на него влияют переутомление, недосыпание, отрицательные эмоции и другие факторы.

Различают простые и сложные реакции. Простая реакция состоит в том, что на один заранее ожидаемый сигнал оператор отвечает определенным действием (например, водитель автомобиля на перекрестке нажимает на педаль тормоза при появлении красного сигнала светофора). Время простой реакции складывается из времени восприятия сигнала (скрытый период реакции) и времени осуществления моторного акта (воздействие на рычаги управления). Сложная реакция характеризуется тем, что оператор должен отреагировать на любой появившийся, заранее неизвестный или неожиданный сигнал, выбрать нужное управляющее воздействие и осуществить его. Примером может служить реакция на сигнал контрольной лампочки о наполнении бункера, если эта лампочка расположена на приборной панели среди других приборов и сигнализаторов, параллельно отражающих работу других органов машины. Сложную реакцию называют также реакцией выбора.

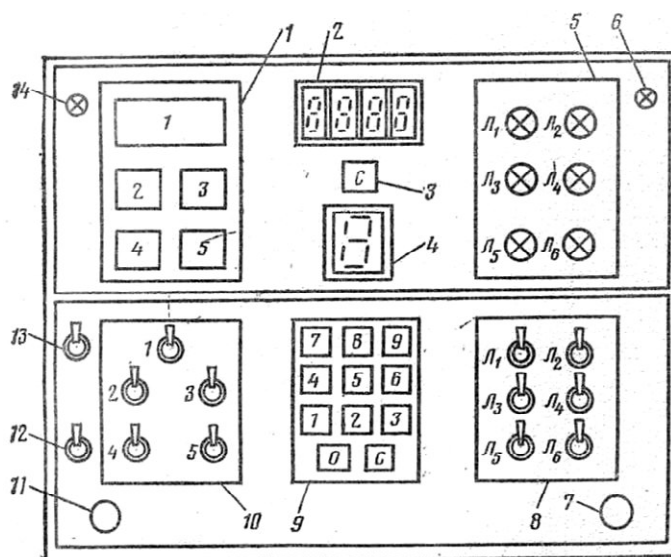


Рис.11.1 . Общий вид пульта оператора установки для исследования времени реакции:

1 - группа сигналов типа «Транспарант»; 2 - электронный секундомер; 3 - кнопка сброса показаний секундомера; 4 - вторая группа сигналов - цифровой индикатор; 5 - третья группа сигналов с лампочками; 6 - сигнальная лампочка готовности оператора; 7 - кнопка исходного положения правой руки оператора; 8 - тумблерная группа управления лампочками $Л_1...Л_6$; 9 - кнопки управления цифровым индикатором; 10 - тумблерная группа управления транспарантами; 11 - кнопка исходного положения левой руки оператора; 12 - тумблер включения установки в сеть; 13 - тумблер включения звукового сигнала; 14 - контрольная лампочка включения установки.

2. Исследовать зависимость времени реакции оператора от количества поступающей информации. При проведении исследований один из студентов занимает место за задающим пультом, второй за пультом оператора. (После выполнения программы исследований их место занимают другие студенты).

3. Исследовать время простой реакции. Для этого произвести 15 контрольных измерений с каким-либо одним сигналом. Записать суммарное показание секундомера и определить среднее время реакции.

4. Исследовать время сложной реакции из 5 вариантов выбора (5 сигналов цветных транспарантов). Для этого провести 15 измерений с включением транспарантов по одному в случайном порядке.

5. Построить график зависимости среднего времени реакции (t_{cp}) от количества сигналов (n).

3.11.3 Результаты и выводы:

Результаты исследований занести в протокол.

Протокол измерения времени реакции

Количество сигналов	1	5	10	16	22
Среднее время реакции,					

3.12 Практическое занятие № ПЗ-12 (2 часа).

Тема: «Изучение устройства, выбор и расчет потребности в средствах индивидуальной защиты»

3.12.1 Задание для работы:

Ознакомиться с устройством, порядком выбора, методикой расчета и составления заявки на средства индивидуальной защиты.

Изучить рекомендованную преподавателем литературу и методические указания по выполнению работы.

3.12.2 Краткое описание проводимого занятия:

Общие сведения. В тех случаях, когда средствами коллективной защиты не удается снизить уровень опасных и вредных производственных факторов, действующих в рабочей зоне, до безопасной величины, применяют средства индивидуальной защиты (СИЗ). По ГОСТ 12.4.011 - 75* «ССБТ. Средства защиты работающих. Классификация» их делят на ряд групп: изолирующие костюмы, специальная одежда, специальная обувь, средства защиты органов дыхания, головы, лица, глаз, органов слуха, предохранительные приспособления, защитные дерматологические средства.

Средства индивидуальной защиты выдаются рабочим и служащим в соответствии с установленными «Типовыми отраслевыми нормами бесплатной выдачи спецодежды, спецобуви и других средств индивидуальной защиты», где указаны наименования профессий и соответствующие им перечни СИЗ с указанием сроков носки в месяцах. Отдельные виды СИЗ эксплуатируются до износа или как дежурные для коллективного пользования.

Обеспечение СИЗ предприятий осуществляется на основе годовых сводных заявок, представляемых в территориальные управления материально-технического снабжения и в вышестоящие организации. Сводная заявка по предприятию составляется на основании расчетов потребности в СИЗ по отдельным цехам, участкам и даже рабочим местам. В сводной заявке учитываются остатки каждого вида СИЗ на складе.

Нормативные документы и исходные материалы. Нормы бесплатной выдачи спецодежды, спецобуви и других средств индивидуальной защиты.

Образцы средств индивидуальной защиты.

Заявочная книга № 9 на спецодежду, спецобувь и другие средства индивидуальной защиты Госагропрома РФ.

Порядок выполнения работы

Задание 1. Ознакомиться с образцами средств индивидуальной защиты.

Ознакомиться с устройством и технической характеристикой бесклапанных противоаэрозольных респираторов типа ШБ-1 «Лепесток» и «Кама».

Респираторы ШБ-1 «Лепесток», выпускаются трех модификаций: «Лепесток-200», «Лепесток-40» и «Лепесток-5». Конструктивно они выполнены одинаково и представляют собой легкую полумаску из фильтрующего материала (ФПП-15-1,5 - «Лепесток-200», ФГ1П-70-0,5 - «Лепесток-40», ФПП-70-0,2 - «Лепесток-5»), помещенного между двумя слоями марли. За счет пластмассовых распорок и резинового шнура, закрепленного по периферии фильтра, респиратору придают форму полусферы. Регулируя длину шнура, респиратор можно подогнать по размеру лица. Для улучшения прилегания к лицу периферийной кромки респираторы в верхней части имеют алюминиевую пластинку, с помощью которой край респиратора обжимается по форме переносицы. Сама периферийная кромка респиратора не закрыта марлей. Благодаря этому фильтрующая ткань по линии обтюрации непосредственно соприкасается с лицом и за счет своих электростатических свойств обеспечивает хорошее прилегание респиратора к поверхности лица.

Все эти респираторы бесклапанные - вдох и выдох в них осуществляется через фильтрующую ткань. Их не рекомендуется применять при температуре воздуха выше + 28 °С и ниже 0°С, а также во время дождя и снега во избежание намокания или обмерзания фильтрующего элемента и резкого увеличения сопротивления дыханию. Срок службы респираторов типа ШБ-1 «Лепесток» - от 0,5 до 10 смен.

Респираторы «Кама-200» и «Кама-40» по принципу действия и устройству аналогичны респираторам «Лепесток», но имеют фиксированную форму треугольной полумаски.

Ознакомиться с устройством некоторых клапанных противоаэрозольных респираторов.

Патронный респиратор «Астра-2» состоит из мягкой резиновой полумаски и двух съемных фильтров в форме усеченных гофрированных конусов из материала ФПП-15-1,5 с фильтрующей поверхностью 560 см¹. Вдох осуществляется через патронные фильтры и клапаны вдоха, а выдох - через клапан выдоха. Полумаска респиратора крепится на голове с помощью резинового оголовья. Респиратор «Астра-2» выпускает двух размеров: 1 и 2.

Респиратор «У-2К» представляет собой полумаску из двух фильтрующих материалов: наружного из мелкозернистого пенополиуретана (поролона) и внутреннего из материала ФПП-15. Респиратор имеет клапан выдоха и два клапана вдоха. Внутренняя часть респиратора и обтюратор покрыты воздухонепроницаемой пленкой. Респиратор не обеспечивает надежной обтюрации. При высокой запыленности в подмасочное пространство попадает пыль. Применяется при концентрациях аэрозолей до 50 мг/м³. Респираторы «У-2К» выпускают трех размеров: 1, 2, 3.

Ознакомиться с устройством некоторых типов противогазовых СИЗОД.

Респиратор РПГ-67 предназначен для защиты органов дыхания от воздействия вредных газов и паров (кроме особо токсичных). Он представляет собой резиновую полумаску ПР-7 с клапаном выдоха в центре и двумя противогазовыми патронами со специальными поглотителями. Респираторы РПГ-67 комплектуются фильтрующими патронами четырех марок: А, В, Г и КД, предназначенными для защиты от различных ядовитых газов при концентрациях их до 10 ПДК.

Фильтрующий противогаз состоит из резиновой лицевой части, либо- закрывающей все лицо и снабженной смотровыми стеклами (шлем-маска), либо закрывающей только рот и нос (полумаска), фильтрующей коробки с сорбентом, гофрированной трубки, соединяющей лицевую часть с фильтрующей коробкой, и клапана выдоха. Воздух в фильтрующей коробке очищается поглотителем, состоящим из активированного угля и химического сорбента, состав которого определяется видом токсичного газа, от которого осуществляется защита.

Коробки промышленных противогазов выпускают без аэрозольного фильтра марок А₈, В₈, Г₈, Е₈, КД₈, А, В, Г, Е, КД, М, СО, защищающие только от токсичных газов, и с аэрозольным фильтром марок А, В, Г, Е, КД, БКФ, защищающие от газов и аэрозолей, малого (МКП) и большого (БК) габаритов. Назначение противогазовых коробок отдельных марок приведено в приложении.

Ознакомиться с универсальными респираторами РУ-60М и Снежок-КУ-М.

Респиратор РУ-60М предназначен для защиты органов дыхания от вредных газов и аэрозолей. Представляет собой резиновую полумаску ГТР-7 с клапаном выдоха и двумя сменными патронами. Патроны содержат специальные поглотители и противоаэрозольные фильтры. Респиратор комплектуется четырьмя марками патронов: А, В, КД, Г приложение.

Универсальный респиратор Снежок-КУ-М предназначен для защиты от аэрозолей (пыли, тумана, дыма) и газообразных HF, SiF₄, HCl, Cl₂, SO₂. Респиратор представляет собой пластмассовую полумаску-решетку с резиновым клапаном выдоха, на которую снаружи надет противоаэрозольный фильтр из ткани ФПП, с внешней стороны защищенный слоем марли. С внутренней стороны в полумаску вставлен противогазовый фильтр из хемосорбционного волокнистого материала, который одновременно поглощает водяные пары и защищает лицо от холода. Срок службы противоаэрозольного фильтра от 1 до 5 смен, противогазового от 5 до 12 смен.

Ознакомиться с изолирующим противогазом ПШ-1 или ПШ-2. Противогаз шланговый ПШ-1 представляет собой шлем-маску, в которую самовсасыванием подается воздух по резиноканевому шлангу длиной 10 м, конец которого с фильтрующей коробкой укреплен в зоне чистого воздуха. В противогазе ПШ-2 подача чистого воздуха осуществляется вентилятором.

Изолирующие противогазы применяются в рабочей зоне с недостаточным содержанием кислорода (менее 18%) и с неограниченным содержанием вредных веществ.

Определить необходимые размеры шлем-маски противогаза и полумаски респираторов Астра-2 и У-2К. Размер шлем-маски противогаза определяется измерением головы по линии, проходящей через подбородок, по щекам и через высшую точку головы (макушку), и расстоянием между ушами по лбу через надбровные дуги. На основании этих измерений определяется необходимый размер шлем-маски по приложению. Размер полумаски определяется в соответствии с расстоянием от переносицы до нижней части подбородка.

Оценить удобство пребывания в СИЗОД, тяжесть дыхания, обзорность.

Для проверки правильности выбора шлем-маски противогаза или полумаски одного из патронных респираторов надеть СИЗОД, закрыть отверстие коробки противогаза или отверстия патронов респиратора ладонями и попытаться несколько раз глубоко вдохнуть. Если дыхание невозможно, то маска или полумаска подобраны правильно.

Выбор размера респиратора РП-К, а также респираторов с полумаской ПР-7 (Ф-62Ш, РПГ-67, РУ-60М, ПРШ-741, РП-74, РПА-73) осуществляется примеркой и подгонкой оголовья респиратора без измерения головы.

Ознакомиться с костюмами для защиты от общих производственных загрязнений мужскими (ГОСТ 12.4.109 - 82) и женскими (ГОСТ 12.4.108 - 82), комбинезонами для защиты от нетоксичных веществ, механических повреждений и общих производственных загрязнений женскими (ГОСТ 12.4.099 - 80) и мужскими (ГОСТ 12.4.100 - 80), халатами женскими (ГОСТ 12.4.131 - 83) и мужскими (ГОСТ 12.4.132 - 83), костюмами для защиты от нефти и нефтепродуктов женскими (ГОСТ 12.4.112 - 82) и мужскими (ГОСТ 12.4.111 - 82), костюмами для защиты от пониженных температур мужскими (ГОСТ 12.4.084 - 80) и женскими (ГОСТ 12.4.088 - 80), костюмами для защиты от повышенных температур женскими (ГОСТ 12.4.044 - 78) и мужскими (ГОСТ 12.4.045 - 78), костюмами для защиты от кислот мужскими (ГОСТ 12.4.036 - 78) и женскими (ГОСТ 12.4.037 - 78), электрообогревательным комплектом «Пингвин» (ТУ 09049 - 74) и другими видами специальной одежды.

Ознакомиться с сапогами для защиты от общих загрязнений и механических повреждений (ГОСТ 5394 - 74), от нефти, масел, жиров (ГОСТ 5782 - 75), от пониженных температур (ТУ 17 РСФСР 10 - 1693 - 80), вибраций (ТУ 17 РСФСР 5444 - 76), электрического тока (ГОСТ 13385 - 78) и другими видами специальной обуви.

Ознакомиться с дерматологическими средствами защиты рук, в том числе с защитно-профилактическим кремом «Силиконовый», пастами «ИЭР-1» и «ИЭР-2», кремом «Пленкообразующий», пастами «Айро», «Невидимка», «Церигель», очистителями кожи «Фея», «Сож», «Ралли», мазь автоловая и др.

Ознакомиться с образцами средств индивидуальной защиты глаз, в том числе с защитными герметически ми очками ПО-2 (ТУ 38 - 1051204 - 78), защитными очками (ГОСТ 12.4.013 - 75) для механизаторов ЗП1-80, ЗН4-72, ЗП2-80 и др., для станочников 02-762У, 03-76 и др., для газосварщиков ЗН8-72 (Г1; Г2; Г3), ЗН5 (Г1; Г2; Г3), ОД2 (Г1; Г2; В1; В2) и др., для электросварщиков ЗНР1 (С4; С5; С6; С7; С8; С9) и др.

Ознакомиться с некоторыми средствами защиты органов слуха, в том числе с противοшумными наушниками «ВЦНИИОТ-2М» (ТУ 400-28-126-76), «ВЦНИИОТ-4а» (ТУ 400-28-127-75), «ВЦНИИОТ-Б» (ТУ 1-01-0636-80), «ППШ-00» (ТУ 205-УСССР-10-75), вкладышами «Беруши» (ТУ 6-16-2402-80), антифонами (ТУ 400-28-152-76) и др.

Задание 2. Подобрать средства индивидуальной защиты, рассчитать потребность в них, составить образец заявки.

Исходя из характера выполняемой работы и ее продолжительности, уровней вредных производственных факторов, количества занятых в данных условиях рабочих, их роста, охвата груди, размера обуви, определить вид необходимых СИЗ.

Женская спецодежда выпускается размерами по росту (см): 146, 152; 158, 164; 170, 176; по обхвату груди (см): 88, 92; 96, 100; 104, 108; 112, 116; 120, 124; 128, 132. Мужская

спецодежда выпускается размерами по росту (см): 158, 164; 170, 176; 182, 188; по обхвату груди (см): 88, 92; 95, 100; 104, 108; 112, 116; 120, 124.

Каждый размер спецодежды соответствует определенному интервалу размеров фигуры человека приложения 21 и 22).

Например, для мужчины, имеющего рост 174 см и обхват груди 98 см, наиболее подходящей будет спецодежда с размерами (см): рост 170, 176, обхват груди 96, 100. В товарном ярлыке на спецодежде этот размер записывается следующим образом 170, 176—96, 100.

Спецобувь заказывается размерами с 37 по 46, валяная обувь - с 25 по 34 размер, резиновые галоши - с 1 по 12 размер.

Рассчитать потребность каждого отдельного вида СИЗ.

Если срок носки СИЗ меньше одного года, то количество каждого используемого типоразмера СИЗ следует рассчитывать в соответствии с формулой:

$$\Pi = P(T_p/T_n), \text{ шт}$$

где Π - необходимое количество типоразмера СИЗ; P - численность рабочих, использующих данное СИЗ, чел.;

T_p - время работы в данном СИЗ (месяцы, смены, часы);

T_n - нормативный срок эксплуатации данного СИЗ (месяцы, смены, часы) по типовым отраслевым нормам.

Срок эксплуатации некоторых видов СИЗОД приведен в приложении.

Если срок эксплуатации СИЗ больше одного года, то заказывать их следует с учетом наличия их у рабочих и остаточного срока эксплуатации.

Средства индивидуальной защиты, которые по типовым отраслевым нормам считаются как «дежурные» или «до износа», следует приобретать только в том случае, если такие СИЗ на предприятии пришли в негодность. Срок эксплуатации дежурной спецодежды, спецобуви и других СИЗ определяется в каждом конкретном случае администрацией предприятия по согласованию с профсоюзным комитетом, но он не должен быть меньше сроков эксплуатации аналогичных СИЗ, выдаваемых в индивидуальное пользование.

При определении общего количества противогазов, респираторов со сменными патронами следует учитывать, что противогазы и патронные респираторы поступают без запасных коробок и патронов. Поэтому к ним заказывают дополнительные (если это необходимо по расчету) фильтрующие коробки и патроны.

Если потребность в каких-либо СИЗ (особенно СИЗОД) с учетом сроков эксплуатации получилась менее 1 шт., то их следует заказывать по количеству рабочих, одновременно занятых на данной работе (пусть даже временно). Если в результате расчета получились дробные количества СИЗ, то полученное значение следует округлить в сторону увеличения до целых единиц.

Пример расчета 1. Требуется подобрать средства индивидуальной защиты органов дыхания и рассчитать годовую потребность для трех рабочих, занятых на протравливании семян гранозаном в течение 84 ч. Средняя концентрация паров этилмеркур-хлорида в рабочей зоне - $0,09 \text{ мг/м}^3$ по ртути, зерновой пыли - 60 мг/м^3 .

По ГОСТ 12.1.005 - 76 находим, что предельно допустимая концентрации этилмеркурхлорида в воздухе рабочей зоны $0,005 \text{ мг/м}^3$. Следовательно, в рабочей зоне фактическая концентрация газа составляет 18 ПДК. На основании этого по приложению выбираем для защиты органов дыхания работающих противогаз МКПФ марки Г с аэрозольным фильтром, обеспечивающим защиту в пределах до 100 ПДК соединений ртути и до 100 мг/м^3 пыли.

По приложению находим, что предельный срок службы противогазовой коробки МКПФ марки Г составляет 36 час. С учетом этого по формуле определяем необходимое количество фильтрующих коробок для каждого рабочего: $\Pi = (84/36) = 2,3$, т. е. 3. Так как в каждом комплекте противогаза поставляется только по одной коробке, то окончательно заявляем 3 (но числу рабочих) противогаза МКПФ марки Г с аэрозольным фильтром (ФУ-

13Г ГОСТ 12.4.121-83) и дополнительно 6 коробок марки Г с аэрозольным фильтром (ГОСТ 12.4.122-83).

Данные подбора и расчета потребности в СИЗ занести в заявочную книгу № 9.

В ней, кроме наименования СИЗ, необходимого количества каждого вида, размера, роста, в том числе для мужчин и женщин, следует указать ГОСТы, ОСТы, технические условия, соответствующие каждому виду СИЗ, защитные пропитки и цвета тканей.

3.12.4. Результаты и выводы:

В отчете о практической работе дать классификацию индивидуальных средств защиты, описать порядок расчета потребности в средствах индивидуальной защиты.

3.13 Практическое занятие № ПЗ-13 (2 часа).

Тема: «Электрическое поле и шум, создаваемые воздушными линиями электропередач высокого напряжения»

3.13.1 Задание для работы:

1. Изучить влияние воздушных линий электропередач на окружающую среду;
2. Рассчитать напряжённость электрического поля и шум, создаваемые воздушными линиями электропередач;
3. Определить допустимые значения.

3.13.2 Краткое описание проводимого занятия:

1. Общие сведения

Влияние воздушных линий электропередач на окружающую среду

Высокие темпы электрофикации страны приводят к быстрому росту протяжённости воздушных линий электропередач и повышению их номинальных напряжений – 220 кВ, 330 кВ, 500 кВ, 750 кВ.

По характеру воздействия на окружающую среду влияние высоковольтных линий (ВЛ) можно разделить на механическое и электромагнитное, необходимо также учитывать химическое загрязнение воздуха продуктами, возникающими при коронных разрядах, радио и телевизионные помехи, шум.

Просеки, подъездные пути, опоры ВЛ оказывают влияние на функционирование элементов экологических систем, изменяя ландшафтные, микроклиматические условия. Просека шириной более 200 м нередко становится непреодолимым препятствием для перемещения животных. В период миграции на просеках кормятся и отдыхают большие скопления птиц, но в местах массового перелета воздушные линии могут служить механической преградой.

Сооружение линий электропередач связано с отчуждением земель, что сказывается на сельском хозяйстве. Неупорядоченное расположение ВЛ нарушает целостность полей и кормовых угодий. Создаются помехи для обработки полей с воздуха, ограничивается применение агротехники. Воздушные линии проходят также и через лесные массивы, ценность которых определяется запасами древесины, лекарственных растений, охотопромысловых животных, ягод, грибов.

Основным специфическим фактором влияния ВЛ на окружающую среду является электромагнитное поле (ЭМП). Воздействие ЭМП на почву зависит от концентрации соединений железа и гумуса в самой почве. Электрическое поле вызывает поляризацию и структурную перестройку элементов почвы, влияет на процесс почвообразования. ЭМП может оказывать стимулирующее действие на интенсивность роста зелёных растений на начальной стадии развития, затем действие ЭМП становится угнетающим.

Протяжённость ВЛ велика, и почти каждая из них пересекает ряд крупных и мелких рек и озёр. ЭМП оказывает отпугивающее действие на рыб, создавая электромагнитные плотины на пути миграции рыб и препятствуя нерестовому ходу.

При длительном пребывании человека в ЭМП ($E = 10$ кВ/м) могут возникнуть неблагоприятные физиологические изменения, связанные с воздействием на нервную и сердечно-сосудистую систему (изменения давления, пульса, аритмия и т.д.). Эти явления исчезают через некоторое время после прекращения воздействия ЭМП.

Разработанные нормы, ограничивающие напряжённость электрического поля под воздушными линиями, приведены в табл. 13.1.

Таблица 13.1 - Допустимая напряжённость электрического поля под ВЛ

Вид местности	Допустимая напряжённость, кВ/м
Труднодоступная местность (болота, горы)	20
Ненаселённая местность	15
Пересечения с дорогами	10
Населённая местность	5
Жилые дома	1,5

Таблица 13.2 - Расстояния от крайних проводов ВЛ до ближайших зданий (санитарно - охранный зона)

Напряжение, кВ	Санитарно – охранный зона, м
220	25
330	30
500	30
750	40

Шум ВЛ вызывается коронным разрядом на проводах. Провода выбирают таким образом, чтобы напряжённость на поверхности провода не превосходила начальной напряжённости коронного разряда. Однако неровности на поверхности провода из-за механических повреждений (заусенцы, царапины), загрязнения (капли смазки, твёрдые частицы), осадки (капли дождя, росы, снега, и т.д.) приводят к местному увеличению напряжённости электрического поля. В результате коронный разряд возникает на проводах ВЛ при напряжении меньшем, чем напряжение самостоятельного разряда на чистых неповреждённых проводах. Поэтому шум воздушных линий можно слышать и в хорошую погоду, но особенно он усиливается при дожде.

2. Методика расчета

2.1 Расчет электрического поля воздушных линий

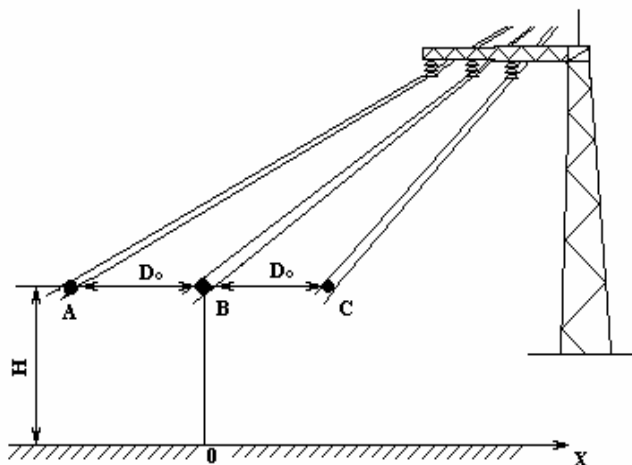


Рис.13.1 Расчётная схема электрического поля воздушных линий, где А, В, С – провода воздушной линии соответственно фаз А, В, С.

Напряжённость электрического поля, создаваемого воздушными линиями на поверхности земли (рис.13.1) определяется по формуле 13.1:

$$E = \frac{C * U}{2 * \sqrt{3} * \pi * \epsilon_o} * \left[\frac{2 * H}{(X - D_o)^2 + H^2} - \frac{H}{X^2 + H^2} - \frac{H}{(X + D_o)^2 + H^2} \right] \quad (13.1)$$

Е – напряжённость электрического поля, кв/м,

С – ёмкость единицы длины линии, ф/м,

U – номинальное напряжение, кв,

$\epsilon_o = 8,85 * 10^{-12}$ кл*н/м

H – высота подвеса провода, м,

D_o – расстояние между проводами, м,

X – расстояние до расчётной точки, м.

Ёмкость единицы длины определяется по формуле:

$$C = \frac{24 * 10^{-12}}{\lg \left(\frac{2 * D_o}{d} \right)} \quad (13.2)$$

d – диаметр провода, м.

2.2 Расчёт шума воздушных линий

Допустимый уровень шума на территории, непосредственно прилегающей к жилым домам, составляет 45 дБА (СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки).

Уровень звука на расстояние 100 м от крайней фазы в зависимости от напряжения поля на проводах определяется по формуле:

$$L = 20 + 0,0111 * E_{\max} + 900 * r + 15 * \lg n - 20 * \lg B \quad (13.3)$$

L – уровень звука, дБА,

E_{max} – действующее значение максимальной напряжённости на поверхности провода, кв/м,

r – радиус провода, м,

n – число проводов в фазе,

B – расстояние от крайней фазы, (B=100м).

Максимальная напряжённость на поверхности провода определяется по формуле:

$$E_{\max} = \frac{C * U}{2 * \sqrt{3} * \pi * \epsilon_o * r} \quad (13.4)$$

3.13.4. Результаты и выводы:

Сделать вывод о возможности прокладки ВЛ вблизи жилых зданий, для которых допустимый уровень шума составляет 45 дБА (СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.). оформить отчет и сдать преподавателю

3.14 Практическое занятие № ПЗ-14 (2 часа).

Тема: «Первая помощь пострадавшим от электрического тока»

3.14.1 Задание для работы:

1. Оказание доврачебной помощи при поражении человека электрическим током;
2. Оказание доврачебной помощи при отравлении;
3. Оказание доврачебной помощи при переломах, ушибах, вывихах, растяжение связок;
4. Оказание доврачебной помощи при переломах кистей руки и пальцев;
5. Оказание доврачебной помощи при повреждении головы;
6. Оказание доврачебной помощи при переломе кости таза;
7. Оказание доврачебной помощи при кровотечении;
8. Оказание доврачебной помощи при ожогах;
9. Оказание доврачебной помощи при обморожении;
10. Оказание доврачебной помощи при тепловом, или солнечном ударе;
11. Оказание доврачебной помощи при укусе змей и ядовитых насекомых.

3.14.2 Краткое описание проводимого занятия:

1. Общие сведения

1.1. Освобождение человека от действия тока

При поражениях электрическим током нередко оказывается, что пострадавший продолжает находиться в контакте с токоведущей частью и не может самостоятельно нарушить этот контакт, т.е. прервать проходящий через него ток, что резко усугубляет тяжесть поражения.

Такое положение может возникнуть в ряде случаев: при непроизвольном судорожном сокращении мышц руки, которое пострадавший не в состоянии преодолеть и поэтому не может разжать руку с находящимся в ней проводом; при параличе конечностей или иных участков тела, т. е. при длительной утрате всех или части двигательных функций вследствие поражения нервной системы (а не вследствие кратковременного судорожного сокращения мышц), когда человек не способен покинуть опасное место или выполнить необходимые движения; при тяжелой механической травме; при потере сознания и т. п.

Выключение человека из цепи протекания тока, или, как принято говорить, освобождение пострадавшего от воздействия тока, можно осуществить несколькими способами. Однако первое действие для освобождения пострадавшего от тока - быстрое отключение той части электроустановки, которой он касается.

Отключение электроустановки производится с помощью ближайшего рубильника, выключателя или иного отключающего аппарата, а также путем снятия или вывертывания предохранителей (пробок), разъема штепсельного соединения (рис. 14.1) и т. п.

При этом надо иметь в виду, что если пострадавший находится на высоте, то отключение напряжения может вызвать его падение. В таком случае принимают меры, предупреждающие падение или обеспечивающие его безопасность.

Кроме того, при отключении установки может одновременно погаснуть электрический свет, поэтому при отсутствии дневного освещения необходимо иметь наготове другой источник света - фонарь, свечу, факел и т. п., а при наличии аварийного освещения - включить его.



Рис. 14.1. Освобождение пострадавшего от действия тока - отключение электроустановки (плакат)

При невозможности быстрого отключения установки (например, из-за удаленности или недоступности выключателя и т. п.) необходимо принять иные меры освобождения пострадавшего от действия тока. Так, в некоторых случаях можно прервать цепь тока через пострадавшего, перерубив провода или вызвав автоматическое отключение электроустановки, отделить пострадавшего от токоведущих частей, которых он касается, и т. п. Меры эти различны. Они зависят от напряжения электроустановки, окружающих условий, наличия подходящих для этой цели приспособлений и предметов и, наконец, от

умения и находчивости оказывающего помощь.

Во всех случаях оказывающий помощь должен быстро освободить пострадавшего от тока и следить за тем, чтобы самому не оказаться в контакте с токоведущей частью или телом пострадавшего, а также под напряжением шага.

При напряжении до 1000 В в некоторых случаях можно перерубить провода топором с сухой деревянной рукояткой (рис. 14.2) или перекусить их инструментом с изолированными рукоятками - кусачками, пассатижами и т. п. Допустимо использовать и обычный инструмент с металлическими рукоятками, в том числе обыкновенный нож; при этом оказывающий помощь должен надеть диэлектрические перчатки и галоши.

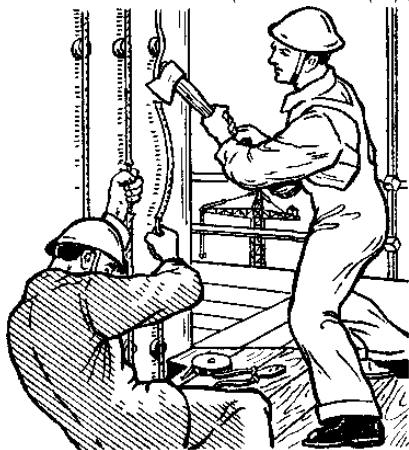


Рис. 14.2. Освобождение пострадавшего от действия тока в установках до 1000 В - перерубание проводов (каждого в отдельности) топором с деревянной сухой рукояткой

Перерубать (перерезать) следует каждый провод в отдельности, чтобы не вызвать КЗ между ними, в результате которого может возникнуть электрическая дуга, способная причинить оказывающему помощь серьезные ожоги тела и привести к повреждению глаз.

Можно оттянуть пострадавшего от токоведущих частей, взявшись за его одежду, если она сухая и отстает от тела, например за полы пиджака, пальто. При этом нельзя касаться тела пострадавшего, его обуви (которая может оказаться токопроводящей вследствие загрязнения, наличия в ней гвоздей и т. п.), сырой одежды, а также окружающих заземленных металлических предметов. Рекомендуется действовать одной рукой, держа вторую в кармане или за спиной (рис. 14.3).

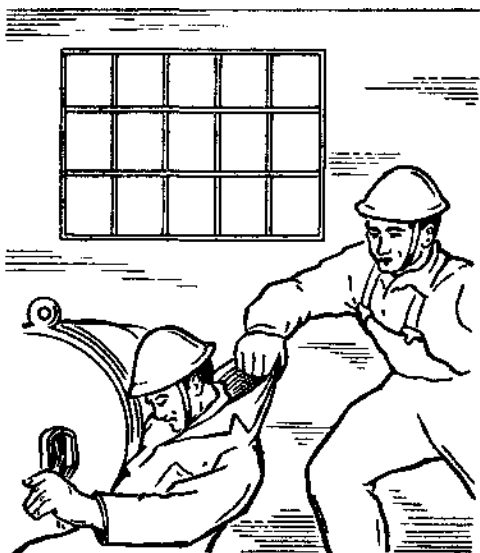


Рис. 14.3. Освобождение пострадавшего от действия тока в установках до 1000 В - оттаскивание за сухую одежду

При необходимости прикоснуться к участкам тела пострадавшего, не покрытым сухой одеждой, надо надеть на руки диэлектрические перчатки или обмотать их сухой тканью (шарфом и т. п.), натянуть на руки рукава пиджака или пальто и т. п. Для изоляции своих рук можно также накинуть на пострадавшего пиджак, плащ, резиновый коврик или просто сухую ткань. Для большей надежности можно также изолировать себя от земли или токопроводящего пола, надев резиновые галоши или встав на сухую или какую-нибудь другую, не проводящую электрический ток подстилку, сверток сухой одежды и т. п.

Если пострадавший судорожно сжимает рукой провод, находящийся под напряжением, то для освобождения его от действия тока можно разжать его руку, отгибая каждый палец в отдельности. Для этого оказывающий помощь должен иметь на руках диэлектрические перчатки и стоять на изолирующем основании - диэлектрическом коврике, сухой доске и т. п. или быть в галошах.

Можно отбросить провод, которого касается пострадавший, пользуясь сухими деревянной палкой, доской и другими не проводящими электрический ток предметами (рис. 14.4).

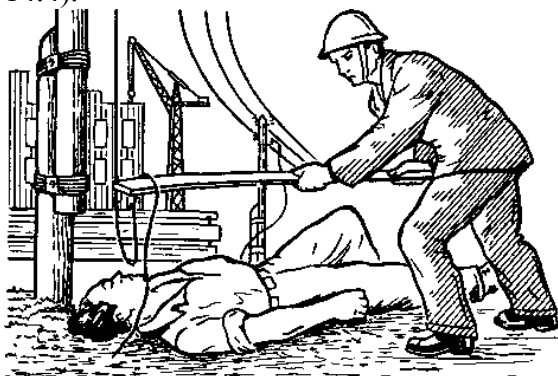


Рис. 14.4. Освобождение пострадавшего от действия тока в установках до 1000 В - отбрасывание провода сухой деревянной доской

В установках выше 1000 В для отделения пострадавшего от токоведущих частей необходимо надеть диэлектрические перчатки и боты и действовать штангой или изолирующими клещами, рассчитанными на напряжение данной электроустановки (рис. 14.5).

Применение диэлектрических бот в данном случае необходимо для защиты от возможного шагового напряжения.

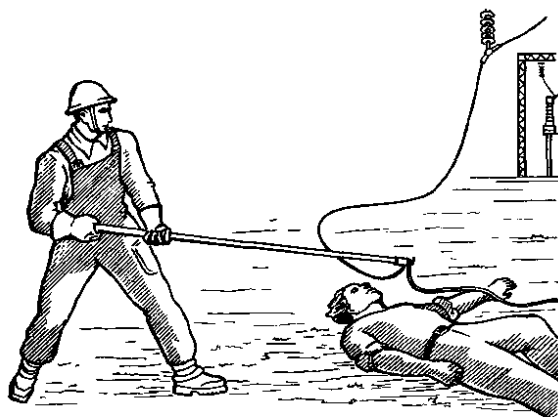


Рис. 14.5. Освобождение пострадавшего от действия тока в установках выше 1000 В

Автоматическое отключение электроустановки для освобождения пострадавшего, находящегося в контакте с токоведущей частью, от действия тока может быть вызвано преднамеренным замыканием накоротко и заземлением фаз электроустановки.

Этот способ более эффективен в электроустановках выше 1000 В, поскольку такие установки всегда оснащаются надежной и быстродействующей релейной защитой.

Однако сама операция замыкания накоротко и заземления токоведущих частей, находящихся под напряжением, очень опасна, поэтому данный способ освобождения пострадавшего от тока применяется в исключительных случаях, когда никакие другие способы не могут быть использованы. Таким исключительным случаем является поражение током на воздушной линии электропередачи, когда пострадавший касается проводов линии и эту линию невозможно быстро отключить с пункта питания из-за его удаленности.

Замыкание и заземление проводов воздушной линии можно осуществить путем наброса на них заземленного одним концом неизолированного проводника. В качестве набрасываемого проводника наиболее подходящим является медный неизолированный гибкий провод соответствующей длины. Можно использовать для этой цели и обыкновенный неизолированный провод.

Сечение набрасываемого проводника должно быть достаточным, чтобы он не перегорел при прохождении по нему токов КЗ. Наименьшее сечение его (по меди) во всех случаях должно быть 16 мм² для линий до 1000 В и 25 мм² для линий выше 1000 В.

Перед набрасыванием один конец проводника надежно заземляют путем присоединения его к имеющемуся поблизости заземляющему устройству подстанции, телу металлической опоры или к специально забитому в землю стержневому заземлителю. Ко второму концу проводника для удобства набрасывания прикрепляют небольшой груз.

Проводник набрасывают так, чтобы он не коснулся никого из людей, в том числе выполняющего эту операцию и пострадавшего.

Если пострадавший касается одного провода, то часто достаточно заземлить только этот провод.

1.2. Меры первой доврачебной медицинской помощи

Современная медицина располагает всеми средствами для оживления человека, смертельно пораженного током. Однако быстрое прибытие медицинских работников с необходимыми средствами оказания первой помощи к месту происшествия маловероятно. Поэтому первую помощь пораженному током должен уметь оказывать каждый работающий в электроустановках. Действующие правила техники безопасности требуют, чтобы весь персонал, обслуживающий электроустановки, был обучен практическим приемам освобождения пострадавшего от тока и способам оказания ему первой доврачебной медицинской помощи.

Первая медицинская помощь пострадавшему от электрического тока оказывается немедленно после освобождения его от действия тока здесь же, на месте. Переносить пострадавшего в другое место можно в тех случаях, когда опасность продолжает угрожать пострадавшему или оказывающему помощь, или при крайне неблагоприятных условиях - темнота, дождь, теснота и т. п.

Меры первой доврачебной медицинской помощи пострадавшему от электрического тока зависят от его состояния.

Для определения состояния пострадавшего необходимо уложить его на спину и проверить наличие дыхания и сердечных сокращений.

Наличие дыхания у пострадавшего определяется по подъему и опусканию грудной клетки во время самостоятельного вдоха и выдоха. Никакой тщательной проверки для обнаружения слабого или поверхностного дыхания проводить не требуется, поскольку эти уточнения мало полезны при оказании помощи пострадавшему и в то же время приводят к затратам времени, что совершенно недопустимо в таких условиях.

Нормальное дыхание характеризуется четкими и ритмичными подъемами и опусканиями грудной клетки. В таком состоянии пострадавший не нуждается в искусственном дыхании.

Нарушенное дыхание характеризуется нечеткими или неритмичными подъемами грудной клетки при вдохах, редкими, как бы хватающими воздух вдохами или отсутствием

видимых дыхательных движений грудной клетки. Все эти случаи расстройства дыхания приводят к тому, что кровь в легких недостаточно насыщается кислородом, в результате чего наступает кислородное голодание тканей и органов пострадавшего. Поэтому в этих случаях пострадавший нуждается в искусственном дыхании.

Наличие сердечных сокращений свидетельствует о работе сердца, т. е. о наличии в организме кровообращения, его определяют путем выслушивания сердечных тонов, приложив ухо к левой половине груди пострадавшего, или проверкой пульса. Пульс - толчкообразные ритмичные колебания стенок кровеносных сосудов, обусловленные движением по ним крови при работе сердца.

Наличие пульса проверяют, как правило, на крупных артериях, где он более выражен, - на лучевой, бедренной и сонной.

При определении состояния человека, пораженного электрическим током, проверку пульса следует произвести на лучевой артерии на руке примерно у основания большого пальца. Если на лучевой артерии пульс не обнаруживается, его надо проверить на сонной артерии на шее с правой и левой сторон выступа щитовидного хряща - адова ябллка (рис. 14.6).

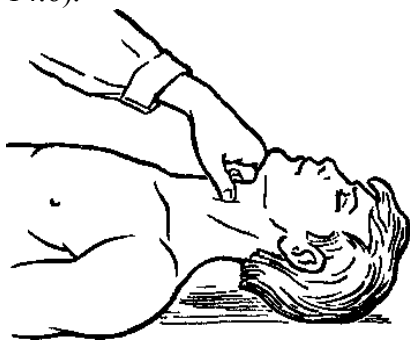


Рис. 14.6. Определение пульса на сонной артерии

При слабых сердечных сокращениях пульсовая волна не достигает периферии тела, в том числе и далеко расположенных от сердца лучевых и бедренных артерий, где поэтому пульс может не прощупываться. Сонная же артерия находится в непосредственной близости от сердца и обычно пульсирует даже при весьма слабых его сокращениях

Отсутствие пульса и на сонной артерии свидетельствует, как правило, о прекращении движения крови в организме, т. е. о прекращении работы сердца. Об отсутствии кровообращения в организме можно судить по состоянию глазного зрачка, который в этом случае расширен.

Проверка состояния пострадавшего включая придание его телу соответствующего положения проверку дыхания пульса и состояния зрачка, должна производиться быстро - в течение 15-20 с.

Если пострадавший в сознании, но до этого был в обмороке или продолжительное время находился под током, необходимо его удобно уложить на сухую подстилку, накрыть сверху чем-либо из одежды, удалить из помещения лишних людей и до прибытия врача, который должен быть вызван немедленно, обеспечить ему полный покой, непрерывно наблюдая за его дыханием и пульсом. Ни в коем случае нельзя позволять пострадавшему двигаться, а тем более продолжать работу, даже если он чувствует себя хорошо и не имеет видимых повреждений. Отрицательное воздействие электрического тока на человека может сказаться не сразу, а спустя некоторое время - через несколько минут, часов и даже дней. Так, у человека, подвергшегося воздействию тока, может через несколько минут наступить резкое ухудшение и даже прекращение работы сердца или могут проявиться иные опасные симптомы поражения. Зарегистрированы случаи, когда резкое ухудшение состояния здоровья, приводившее иногда к смерти пострадавшего, наступало через несколько дней после освобождения его от тока, в течение которых он субъективно чувствовал себя хорошо и не имел внешних повреждений. Поэтому только врач может правильно оценить состояние здоровья пострадавшего и решить вопрос о помощи, которую нужно оказать ему на месте, а также о дальнейшем его лечении.

В случае невозможности быстро вызвать врача пострадавшего срочно доставляют в лечебное учреждение на носилках или транспорте.

Если пострадавший находится в бессознательном состоянии, но с сохранившимися устойчивыми дыханием и пульсом, его следует удобно уложить на подстилку, расстегнуть одежду и пояс, чтобы они не затрудняли его дыхания, обеспечить приток свежего воздуха и принять меры к приведению его в сознание - поднести к носу вату, смоченную нашатырным спиртом, обрызгать лицо холодной водой, растереть и согреть тело. Пострадавшему следует обеспечить полный покой, удалив посторонних людей из помещения, и непрерывное наблюдение за его состоянием до прибытия врача.

Если пострадавший плохо дышит - редко, судорожно, как бы с всхлипыванием или если дыхание пострадавшего постепенно ухудшается, но у него прощупывается пульс, необходимо делать искусственное дыхание

При отсутствии признаков жизни, т е когда у пострадавшего отсутствуют дыхание и пульс, а болевые раздражения не вызывают никаких реакций, зрачки глаз расширены и не реагируют на свет, надо считать пострадавшего находящимся в состоянии клинической смерти и немедленно приступать к его оживлению, тек искусственному дыханию и массажу сердца.

Никогда не следует отказываться от оказания помощи пострадавшему и считать его мертвым из-за отсутствия дыхания, пульса и других признаков жизни. Пораженного электрическим током можно признать мертвым только при явно видимых смертельных повреждениях, например в случае раздробления черепа при падении или при обгорании всего тела В других случаях констатировать смерть имеет право только врач.

Опыт показывает, что своевременное и правильное оказание первой медицинской помощи человеку, находящемуся в состоянии клинической смерти, как правило, приводит к положительному результату - оживлению мнимоумершего. Здесь еще раз уместно подчеркнуть, что попытки оживления эффективны лишь в том случае, если с момента остановки сердца прошло не более 4 - 5 мин Известны случаи, когда лица, пораженные электрическим током и находившиеся в состоянии клинической смерти, после принятия соответствующих мер выздоравливали и возвращались к обычной работе Часто оживление людей, пораженных электрическим током, достигается в результате своевременной и квалифицированной доврачебной помощи товарищем по работе или другим свидетелем поражения током В более тяжелых случаях эта помощь обеспечивает сохранение жизнеспособности организма мнимоумершего до прибытия врача, который может применить более эффективные меры оживления В этих случаях доврачебная медицинская помощь должна оказываться непрерывно, даже тогда, когда время исчисляется часами. Зарегистрировано много случаев оживления людей, пораженных током, после 3-4 ч, а в отдельных случаях после 10-12 ч, в течение которых непрерывно выполнялись искусственное дыхание и массаж сердца

Решение о бесполезности дальнейших действий по оживлению человека, находящегося в состоянии клинической смерти, и заключение о его истинной (биологической) смерти имеет право вынести только врач.

Достоверными признаками необратимой смерти являются мутная, высохшая роговица глаз, широкие, не реагирующие на свет зрачки; охлаждение тела до температуры окружающей среды; возникновение трупных пятен и трупного окоченения и др. Трупные пятна - посинение отдельных участков поверхности тела - возникают после смерти от застоя крови, стекающей под действием силы тяжести в нижележащие участки тела. У мертвого, лежащего на спине, трупные пятна образуются на лопатках, пояснице и др, а у лежащего на животе - на лице, груди, конечностях. Трупное окоченение - напряженность мышц трупа, в результате чего невозможно повернуть его голову, согнуть или разогнуть конечности в суставах, наступает через 2-4 ч после смерти.

1.3. Искусственное дыхание

Назначение искусственного дыхания, как и нормального естественного дыхания, - обеспечить газообмен в организме, т. е. насыщение крови пострадавшего кислородом и удаление из крови углекислого газа. Кроме того, искусственное дыхание, воздействуя рефлекторно на дыхательный центр головного мозга, способствует тем самым восстановлению самостоятельного дыхания пострадавшего.

Газообмен происходит в легких. Воздух, поступающий в них, заполняет множество легочных пузырьков, так называемых альвеол, к стенкам которых притекает кровь, насыщенная углекислым газом. Стенки альвеол очень тонки, и общая площадь их у человека достигает в среднем 90 м^2 . Через эти стенки и осуществляется газообмен, т. е. из воздуха в кровь переходит кислород, а из крови в воздух - углекислый газ.

Кровь, насыщенная кислородом, посылается сердцем ко всем органам, тканям и клеткам, в которых благодаря этому продолжаются нормальные окислительные процессы, т. е. нормальная жизнедеятельность.

Воздействие на дыхательный центр мозга осуществляется в результате механического раздражения поступающим воздухом нервных окончаний, находящихся в легких. Возникающие при этом нервные импульсы поступают в центр головного мозга, ведающего дыхательными движениями легких, стимулируя его нормальную деятельность, т. е. способность посылать импульсы мышцам легких, как это происходит в здоровом организме.

Способы искусственного дыхания. Существует множество различных способов выполнения искусственного дыхания. Все они делятся на две группы аппаратные и ручные

Аппаратные способы требуют применения специальных аппаратов, которые обеспечивают вдухание и удаление воздуха из легких через резиновую трубку, вставленную в дыхательные пути, или через маску, наложенную на лицо пострадавшего. Простейшими из аппаратов являются ручные портативные аппараты РПА-1 и РПА-2 (рис 14.7), предназначенные для искусственного дыхания и аспирации (отсасывания) жидкости и слизи из дыхательных путей. Основными частями их являются небольшой мех, приводимый в действие рукой, и маска, плотно накладываемая на рот и нос пострадавшего.

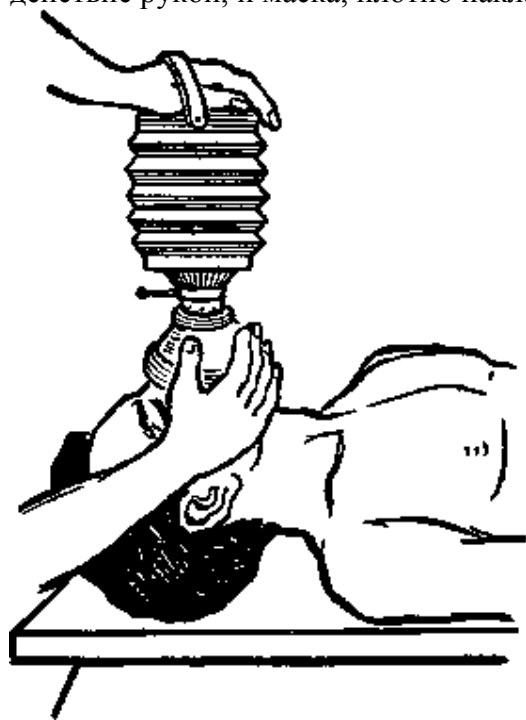


Рис 14.7. Искусственное дыхание с помощью аппарата РПА-1

Во время сжатия меха происходит активный вдох, т. е. введение под некоторым давлением в легкие пострадавшего атмосферного воздуха в объеме $0,25-1,5 \text{ л}$ или воздуха, обогащенного кислородом. В последнем случае ко всасывающему клапану аппарата присоединяется кислородная подушка. Во время растяжения меха происходит пассивный выдох, при этом воздух из аппарата выходит через специальный клапан.

Благодаря портативности и малой массе этот аппарат применяется не только в больничных, но и в полевых условиях. Примером более совершенных аппаратов с активным вдохом и выдохом, т. е. с положительным давлением на вдохе и отрицательным на выдохе, является

портативный аппарат ДП-2 отечественного производства (рис 14.8). Он работает автоматически, используя энергию сжатого кислорода, содержащегося в баллоне. Пройдя через редуктор, кислород поступает в дыхательную камеру, где смешивается с воздухом и через маску подается в легкие пострадавшего. При этом давление в легких на вдохе

составляет 1,7-1,9 кПа (13-14 мм рт ст), а разрежение на выдохе 0,7-0,9 кПа (5-6 мм рт ст). Этот режим соответствует режиму естественного дыхания.

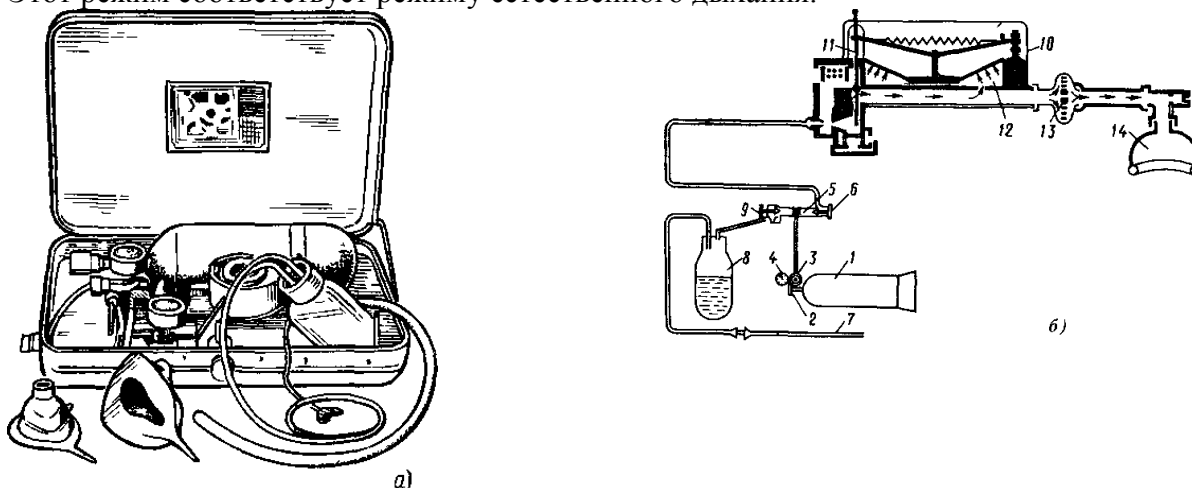


Рис 14.8. Аппарат ДП-2 для длительного искусственного дыхания с активным вдохом и выдохом а - общий вид б - принципиальная схема (при положении «вдох»)

1 - кислородный баллон; 2 – вентиль; 3 – редуктор; 4 – манометр; 5 - регулятор частоты дыхания; 6 - вентиль регулятора частоты дыхания; 7 - катетер (вводится через нос или рот в трахею для отсасывания жидкости изо рта и органов дыхания пострадавшего); 8 - аспирационный стакан; 9 - вентиль для включения и регулирования аспирации; 10 - дыхательный автомат; 11 - кнопка штока клапана дыхательного автомата; 12 - подмембранное пространство автомата; 13 - увлажнитель кислородно-воздушной смеси; 14 - маска

Аппарат ДП-2 снабжен приспособлением, регулирующим глубину и длительность вдоха и выдоха, частоту дыхания, содержание в смеси кислорода, влажность смеси и пр. Он смонтирован в металлическом футляре (чемоданчике) размером 460 x 310 x 125 мм; масса его 11 кг. Кислорода, содержащегося в одном двухлитровом баллоне при давлении 20 МПа (200 кгс/см²), достаточно для производства искусственного дыхания в течение 20 мин.

Аппарат может быть использован для оказания неотложной помощи на месте несчастного случая, при транспортировании пострадавшего в медицинское учреждение, а также в больничных условиях для длительного проведения искусственного дыхания - в течение нескольких часов и даже дней.

Ручные способы значительно менее эффективны и несравненно более трудоемки, чем аппаратные. Они обладают, однако, тем важным достоинством, что могут выполняться без каких-либо приспособлений и приборов, т. е. немедленно по возникновении нарушений дыхания у пострадавшего.

Среди большого числа существующих ручных способов наиболее эффективным является способ «изо рта в рот». Он заключается в том, что оказывающий помощь вдвухает воздух из своих легких в легкие пострадавшего через его рот или нос.

Установлено, что воздух, выдыхаемый из легких, содержит достаточное для дыхания количество кислорода.

Преимущества способа «изо рта в рот» заключаются в следующем, как показала практика, он более эффективен, чем другие ручные способы; объем воздуха, вдвухаемого в легкие взрослого человека, достигает 1000-1500 мл, т. е. в несколько раз больше, чем при других ручных способах, и вполне достаточен для целей искусственного дыхания; этот способ весьма прост, и им может овладеть за короткое время каждый человек, в том числе не имеющий медицинского образования; при этом способе исключена опасность повреждения органов пострадавшего; этот способ позволяет просто контролировать поступление воздуха в легкие пострадавшего - по расширению грудной клетки; он значительно менее утомителен.

Недостатком способа «изо рта в рот» является то, что он может вызвать взаимное инфицирование (заражение) и чувство брезгливости у оказывающего помощь. В связи с этим

вдувание воздуха производят через марлю, носовой платок и другую неплотную ткань, а также через специальную трубку.

Подготовка к искусственному дыханию. Прежде чем приступить к искусственному дыханию, необходимо быстро выполнить следующие операции:

а) освободить пострадавшего от стесняющей дыхание одежды - расстегнуть ворот, развязать галстук, расстегнуть пояс брюк и т.п.;

б) уложить пострадавшего на спину на горизонтальную поверхность - стол или пол;

в) максимально запрокинуть голову пострадавшего, положив под затылок ладонь одной руки, а второй надавливая на лоб (рис. 14.9, а) до тех пор, пока подбородок пострадавшего не окажется на одной линии с шеей (рис. 14.9, б). При этом положении головы язык отходит от входа в гортань, обеспечивая тем самым свободный проход воздуха в легкие, рот обычно открывается. Для сохранения достигнутого положения головы под лопатки следует подложить валик из свернутой одежды;

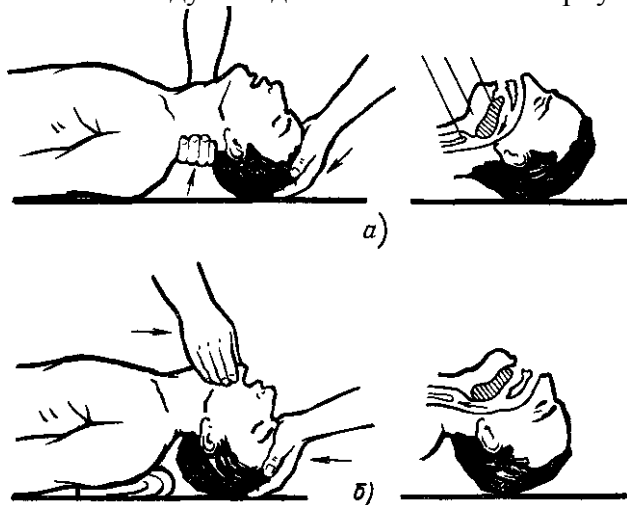


Рис. 14.9. Положение головы пострадавшего перед проведением искусственного дыхания по способу «изо рта в рот»

а - начальное положение головы вход в гортань 1 перекрыт надгортанником 2 и запавшим языком 3; б - положение головы, при котором начинают искусственное дыхание голова запрокинута, нижняя челюсть выдвинута (надгортанник приподнялся и язык отошел от входа в гортань, благодаря чему обеспечен свободный проход воздуха в нее).

г) пальцами обследовать полость рта, и если в нем обнаружится инородное содержимое (кровь, слизь и т.п.), удалить его, вынув одновременно зубные протезы, если они имеются. Для удаления слизи и крови необходимо голову и плечи пострадавшего повернуть в сторону (можно подвести свое колено под плечи пострадавшего), а затем с помощью носового платка или края рубашки, намотанного на указательный палец, очистить полость рта и глотки (рис. 14.10). После этого следует придать голове первоначальное положение и максимально запрокинуть ее, как указано выше (рис. 14.9).



Рис. 14.10. Очистка полости рта и глотки от слизи, крови и т.п.

Выполнение искусственного дыхания. По окончании подготовительных операций оказывающий помощь делает глубокий вдох и затем с силой выдыхает воздух в рот пострадавшего.

При этом он должен охватить своим ртом весь рот пострадавшего, а своей щекой или пальцами зажать ему нос (рис. 14.11, а).

Затем оказывающий помощь откидывается назад, освобождая рот и нос пострадавшего, и делает новый вдох. В этот период грудная клетка пострадавшего опускается и происходит пассивный выдох (рис. 14.11, б).

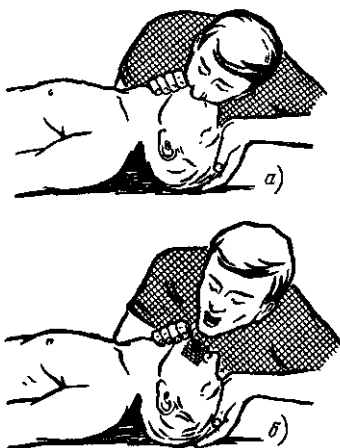


Рис. 14.11. Выполнение искусственного дыхания по способу «изо рта в рот»:

а - вдох, б - выдох

Маленьким детям вдувание воздуха можно производить одновременно в рот и нос, при этом оказывающий помощь должен охватить своим ртом рот и нос пострадавшего.

Контроль за поступлением воздуха в легкие пострадавшего осуществляется по расширению грудной клетки при каждом вдувании. Если после вдувания воздуха грудная клетка пострадавшего не расправляется, это свидетельствует о непроходимости дыхательных путей.

В таком случае необходимо выдвинуть нижнюю челюсть пострадавшего вперед, для чего оказывающий помощь должен поставить четыре пальца каждой руки позади углов нижней челюсти и, упираясь большими пальцами в ее край, выдвинуть нижнюю челюсть вперед так, чтобы нижние зубы стояли впереди верхних (рис. 14.12, а). Легче выдвинуть нижнюю челюсть введенным в рот большим пальцем, как показано на рис. 14.12, б.

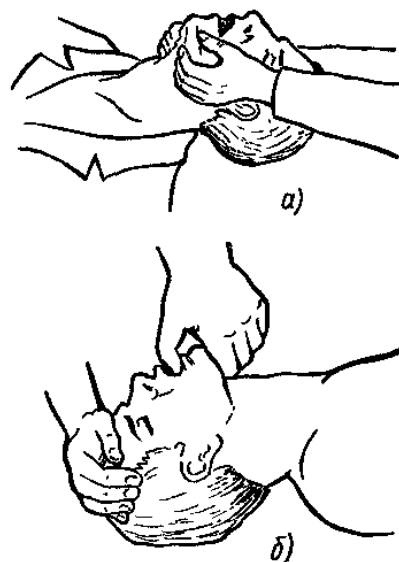


Рис. 14.12. Выдвижение нижней челюсти:

а - двумя руками, б - одной рукой

Наилучшая проходимость дыхательных путей пострадавшего обеспечивается при трех условиях: максимальном отгибании головы назад, открытии рта, выдвижении вперед нижней челюсти.

Иногда оказывается невозможным открыть рот пострадавшего вследствие судорожного сжатия челюстей. В этом случае искусственное дыхание следует производить по способу «изо рта в нос», закрывая рот пострадавшего при вдувании воздуха в нос.

Взрослому человеку вдувание надо делать резко 10-12 раз в минуту (т. е. через 5-6 с), а ребенку - 15-18 раз (т. е. через 3-4 с). При этом поскольку у ребенка вместимость легких меньше, вдувание должно быть неполным и менее резким.

При появлении у пострадавшего первых слабых вдохов следует приучивать искусственный вдох к началу самостоятельного вдоха.

Искусственное дыхание необходимо проводить до восстановления глубокого ритмичного самостоятельного дыхания.

1.4. Массаж сердца

При оказании помощи пораженным током производится так называемый непрямой или наружный массаж сердца - ритмичное надавливание на грудь, т.е. на переднюю стенку грудной клетки пострадавшего. В результате этого сердце сжимается между грудиной и позвоночником и выталкивает из своих полостей кровь (рис. 14.13). После прекращения надавливания грудная клетка и сердце распрямляются и сердце заполняется кровью,

поступающей из вен. У человека, находящегося в состоянии клинической смерти, грудная клетка из-за потери мышечного напряжения легко смещается (сдавливается) при нажатии на нее, обеспечивая необходимое сжатие сердца.

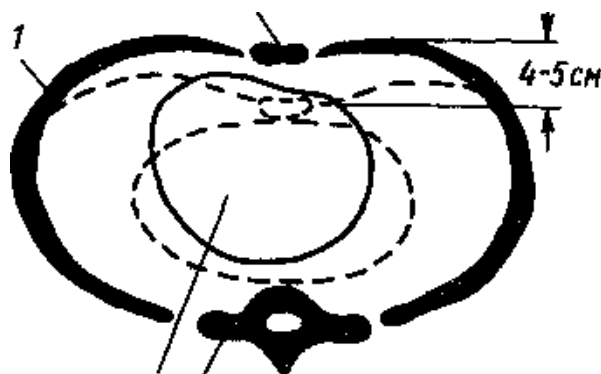


Рис. 14.13. Схематическое изображение поперечного сечения грудной клетки:

1 - грудная клетка; 2 - грудинка; 3 - позвоночник; 4 - сердце. Пунктиром показано смещение грудной клетки и сердца при надавливании на грудину

Цель массажа сердца - искусственное поддержание кровообращения в организме пострадавшего и восстановление нормальных естественных сокращений сердца.

Кровообращение, т. е. движение крови по системе кровеносных сосудов, необходимо для того, чтобы кровь доставляла кислород ко всем органам и тканям организма. Следовательно, кровь должна быть обогащена кислородом, что достигается искусственным дыханием. Таким образом, одновременно с массажем сердца должно производиться искусственное дыхание.

Восстановление нормальных естественных сокращений сердца, т. е. его самостоятельной работы, при массаже происходит в результате механического раздражения сердечной мышцы (миокарда).

Давление крови в артериях, возникающее в результате непрямого массажа сердца, достигает сравнительно большого значения – 10-13 кПа (80-100 мм рт. ст.) и оказывается достаточным, чтобы кровь поступала ко всем органам и тканям тела пострадавшего. Это сохраняет жизнь организма в течение всего времени, пока производится массаж сердца (и искусственное дыхание).

Подготовка к массажу сердца является одновременно подготовкой к искусственному дыханию, поскольку массаж сердца должен производиться совместно с искусственным дыханием.

Для выполнения массажа необходимо уложить пострадавшего на спину на жесткую поверхность (скамью, пол или в крайнем случае подложить под спину доску). Необходимо также обнажить его грудь, расстегнуть стесняющие дыхание предметы одежды.

При производстве массажа сердца оказывающий помощь встает с какой-либо стороны пострадавшего и занимает такое положение, при котором возможен более или менее значительный наклон над ним.

Определив прощупыванием место надавливания (оно должно находиться примерно на два пальца выше мягкого конца грудины) (рис. 14.14), оказывающий помощь должен положить на него нижнюю часть ладони одной руки, а затем поверх первой руки положить под прямым углом вторую и надавливать на грудную клетку пострадавшего, слегка помогая при этом наклоном всего корпуса (рис. 14.15). Предплечья и плечевые кости рук оказывающего помощь должны быть разогнуты до отказа. Пальцы обеих рук должны быть сведены вместе и не должны касаться грудной клетки пострадавшего. Надавливать следует быстрым толчком, так чтобы сместить нижнюю часть грудины вниз на 3-4, а у полных людей на 5-6 см. Усилие при надавливании следует концентрировать на нижней части грудины, которая более подвижна. Следует избегать надавливания на верхнюю часть грудины, а также на окончания нижних ребер, так как это может привести к их перелому. Нельзя надавливать

ниже края грудной клетки (на мягкие ткани), так как можно повредить расположенные здесь органы, в первую очередь печень.

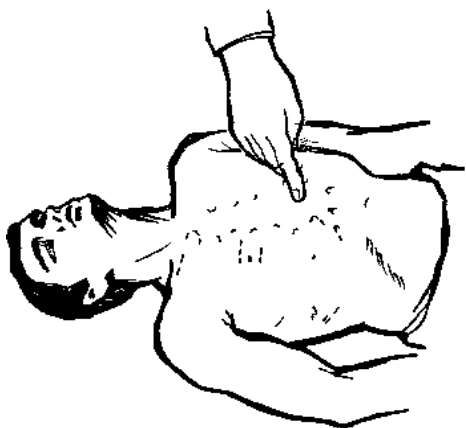


Рис 14.14. Место надавливания на грудную клетку пострадавшего при выполнении наружного массажа сердца

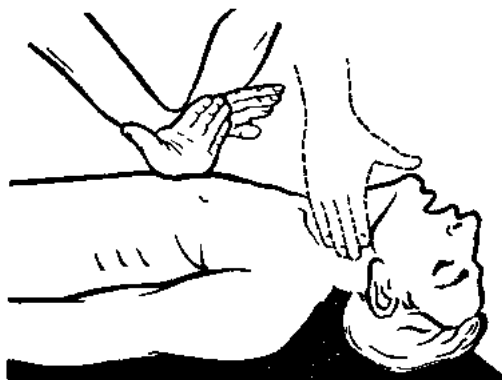


Рис 14.15. Положение рук производящего массаж сердца и проверка пульса на сонной артерии (пунктир)

Надавливание (толчок) на грудину следует повторять примерно 1 раз в секунду или несколько чаще, чтобы создать достаточный кровоток.

После быстрого толчка положение рук не должно меняться в течение примерно 0,5 с. После этого следует слегка выпрямиться и расслабить руки, не отнимая их от грудины.

У детей массаж производят только одной рукой, надавливая 2 раза в секунду.

Для обогащения крови пострадавшего кислородом одновременно с массажем сердца необходимо проводить искусственное дыхание по способу «изо рта в рот» (или «изо рта в нос»).

Если оказывающих помощь двое, то один из них должен производить искусственное дыхание, а другой - массаж сердца (рис. 14.16). Целесообразно каждому из них делать искусственное дыхание и массаж сердца поочередно, сменяя друг друга через каждые 5-10 мин. При этом порядок оказания помощи должен быть следующим: после одного глубокого вдувания производится пять надавливаний на грудную клетку. Если окажется, что после вдувания грудная клетка пострадавшего остается неподвижной (а это может свидетельствовать о недостаточном количестве вдуваемого воздуха), необходимо помощь оказывать в ином порядке, после двух глубоких вдуваний делать 15 надавливаний.

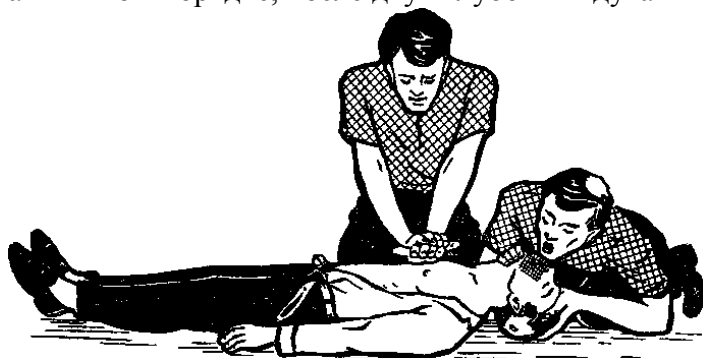


Рис. 14.16. Наружный массаж сердца и искусственное дыхание «изо рта в рот», выполняемые двумя лицами

Следует остерегаться надавливать на грудину во время вдоха.

Если оказывающий помощь не имеет помощника и проводит искусственное дыхание и наружный массаж сердца один, нужно чередовать проведение указанных операций в следующем порядке: после двух глубоких вдуваний в рот или нос пострадавшего оказывающий помощь 15 раз надавливает на грудную клетку, затем снова производит два глубоких вдувания и повторяет 15 надавливаний для массажа сердца и т. д.

Эффективность наружного массажа сердца проявляется в первую очередь в том, что при каждом надавливании на грудину на сонной артерии четко прощупывается пульс. Для

определения пульса указательный и средний пальцы накладывают на адамово яблоко пострадавшего и, продвигая пальцы вбок, осторожно ощупывают поверхность шеи до определения сонной артерии (рис. 14.15).

Другими признаками эффективности массажа является сужение зрачков, появление у пострадавшего самостоятельного дыхания, уменьшение синюшности кожи и видимых слизистых оболочек.

Контроль за эффективностью массажа осуществляет лицо, производящее искусственное дыхание.

Для повышения эффективности массажа рекомендуется на время наружного массажа сердца приподнять (на 0,5 м) ноги пострадавшего. Такое положение ног способствует лучшему притоку крови в сердце из вен нижней части тела.

Искусственное дыхание и наружный массаж сердца следует производить до появления самостоятельного дыхания и восстановления деятельности сердца или до передачи пострадавшего медицинскому персоналу.

О восстановлении деятельности сердца пострадавшего судят по появлению у него собственного, не поддерживаемого массажем регулярного пульса. Для проверки пульса через каждые 2 мин. прерывают массаж на 2-3 с. Сохранение пульса во время перерыва свидетельствует о восстановлении самостоятельной работы сердца.

При отсутствии пульса во время перерыва необходимо немедленно возобновить массаж.

Длительное отсутствие пульса при появлении других признаков оживления организма (самостоятельного дыхания, сужения зрачков, попытки пострадавшего двигать руками и ногами и др.) служит признаком фибрилляции сердца. В этом случае необходимо продолжать оказание помощи пострадавшему до прибытия врача или до доставки пострадавшего в лечебное учреждение, где будет произведена дефибрилляция сердца.

В пути следует непрерывно делать искусственное дыхание и массаж сердца вплоть до момента передачи пострадавшего медицинскому персоналу.

1.5. Электрическая дефибрилляция сердца

Сердце человека, находящееся в состоянии фибрилляции, не может само по себе вернуться к нормальной, естественной работе. Более того, из-за нарастания гипоксии, т. е. недостатка кислорода в крови, работоспособность сердца быстро утрачивается и через некоторое время (в лучшем случае через несколько минут) фибрилляция сменяется полной остановкой сердца. В этом случае восстановить нормальную работу сердца оказывается значительно труднее, чем до момента его полной остановки.

Чтобы исключить полную остановку сердца из-за гипоксии, необходимо непрерывно производить его массаж и искусственное дыхание.

Дефибрилляция сердца, т. е. устранение его фибрилляции с восстановлением нормальной, естественной работы, может быть достигнута путем кратковременного воздействия большого тока на сердце пострадавшего. В этом случае под влиянием мощного электрического раздражения наступает одновременное возбуждение, а следовательно, и сокращение всех волокон сердечной мышцы, которые до того сокращались в разное время. В результате происходит однократное сокращение сердца, аналогичное тому, которое имеет место при нормальной его работе. После этого могут восстановиться его естественные ритмичные сокращения. Дефибрилляция производится с помощью специального электрического аппарата - дефибриллятора (рис. 14.17), в создании которого ведущую роль сыграли советские медики и инженеры во главе с доктором медицинских наук Н. Л. Гуревичем.

Основной частью прибора является конденсатор постоянного тока емкостью 20 - 25 мкФ с рабочим напряжением 6 кВ. Зарядка конденсатора производится до напряжения 4,5 - 6 кВ от осветительной сети переменного тока 127 или 220 В. При этом повышение напряжения осуществляется с помощью однофазного трансформатора, а выпрямление тока - с помощью

диода, которые также являются составными частями дефибриллятора. Разрядный ток этого конденсатора является как раз тем импульсом, который устраняет фибрилляцию сердца. Разряд конденсатора производится через грудную клетку пострадавшего, так чтобы сердце находилось на пути разрядного тока, значение которого составляет 15 - 20 А, а длительность прохождения - около 10 мс. Чтобы обеспечить одинаковую продолжительность разряда при различных значениях сопротивления грудной клетки, которое колеблется в пределах 60 - 80 Ом, в цепи конденсатора предусмотрено индуктивное сопротивление 0,3 Гн. Благодаря этому сопротивлению напряжение, приложенное к телу пострадавшего, т. е. напряжение между электродами 4 на рис.14.17, оказывается в 3 раза меньше напряжения на конденсаторе и составляет 1,5-2 кВ.

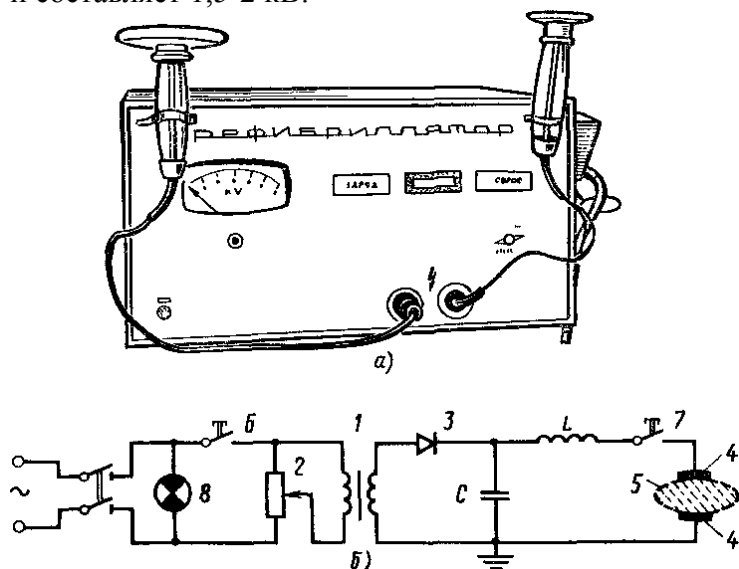


Рис. 14.17. Электрический дефибриллятор-

а - общий вид; б - упрощенная принципиальная схема. 1 - повышающий трансформатор 127 (220)/6000 В; 2 - регулятор напряжения; 3 - диод; 4 - электроды; 5 - грудная клетка пострадавшего; 6 - кнопка заряда; 7 - кнопка разряда; 8 - сигнальная лампа; L - индуктивное сопротивление 0,3 Гн; C - конденсатор 20 - 25 мкФ.

У современных дефибрилляторов оба электрода одинаковые и представляют собой металлические

диски с изолирующими рукоятками; при дефибрилляции электроды размещают на передней поверхности грудной клетки: один - под правой ключицей, а другой - непосредственно над областью сердца (рис. 14.18). Разрядная кнопка 7 (рис. 14.18,б) вмонтирована в изолирующую рукоятку одного из электродов.

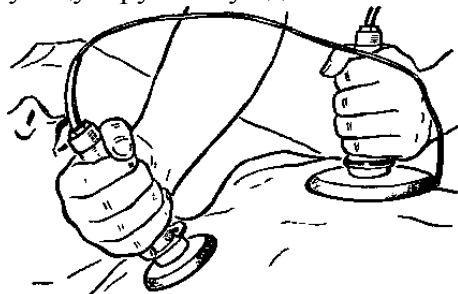


Рис.14.18. Расположение электродов дефибриллятора на груди человека, находящегося в состоянии клинической смерти, при дефибрилляции сердца

Подготовка к дефибрилляции производится без прекращения массажа сердца и искусственного дыхания во избежание нарастания гипоксии. Подготовка заключается в подключении дефибриллятора к электрической сети, зарядке конденсатора и наложении электродов на тело пострадавшего.

Процесс дефибрилляции сводится к разряду конденсатора через сердце пострадавшего путем нажатия на разрядную кнопку 7. Разряд производится сразу после наложения на тело электродов, с тем чтобы не прерывать массаж сердца более чем на 3 - 5 с и тем самым не давать развиваться гипоксии.

В случае успешной дефибрилляции у пострадавшего вслед за разрядом возникает пульс. Иногда пульс появляется не сразу, а через 2 - 4 мин, во время которых необходимо делать искусственное дыхание и массаж сердца.

Электрическую дефибрилляцию сердца может производить только врач, владеющий этим методом.

3.14.3 Результаты и выводы:

1. Изучить правила организации первой медицинской помощи пострадавшим на производстве;
2. Рассмотреть способы освобождения пострадавшего от действия электрического тока;
3. Оформить отчет и сдать его преподавателю.

3.15 Практическое занятие № ПЗ-15 (2 часа).

Тема: «Исследование и расчет искусственного освещения»

3.15.1 Задание для работы:

1. Определить разряд зрительной работы;
2. Рассчитать число светильников;
3. Распределить светильники;
4. Подобрать лампы;
5. Определить мощность, потребляемую осветительной установкой.

3.15.2 Краткое описание проводимого занятия:

1. Общие сведения

Человеческий глаз способен воспринимать поток лучистой энергии, создающей волны длиной от 0,330 до 0,780 мкм.

Наиболее сильное световое ощущение вызывают волны, соответствующие желто-зеленому излучению. Все остальные цветовые излучения воспринимаются глазом слабее.

Таким образом, световой поток оценивается производимым им световым ощущением.

Световой поток выражает количество видимой лучистой энергии, проходящей через какую-либо площадь и измеряется люменами.

Люмен (лм) равен световому потоку, излучаемому внутри телесного угла в один стерadian источником света силой в одну свечу.

Отношение светового потока F к освещаемой площади S характеризует освещенность E данной площади.

Следовательно:

$$E = \frac{F}{S} \text{ лм} / \text{м}^2 \quad (15.1)$$

Освещенность измеряется в люксах.

Люкс (лк) - освещенность, создаваемая световым потоком в 1 лм, равномерно распределенным на площади в 1 м².

В производственных условиях необходимо устраивать такое искусственное освещение, которое могло бы обеспечивать безопасные условия труда. При неправильном освещении несчастный случай наиболее вероятен.

Электрическое освещение рассчитывают по нормам искусственного освещения. В таблице 15.1 приведены нормы наименьшей освещенности для различных работ.

В производственных помещениях при выполнении работ I, II и III разрядов освещение делают общее и местное. Применение одного местного освещения недопустимо. Местное освещение питается напряжением в 36 и 12 в.

При комбинированном освещении на долю общего освещения должно падать не менее 10% нормы освещенности данной работы, но не менее 100 лк при люминесцентных лампах и 30 лк при лампах накаливания.

Для расчета искусственного освещения могут быть применены разные способы. Наиболее распространенным и простым является метод светового потока. Здесь

рассчитывают световой поток, который должна излучать каждая электрическая лампа (при заданном количестве ламп), по формуле:

$$F_{\text{л}} = \frac{kESZ}{n\eta} \quad (15.2)$$

где $F_{\text{л}}$ - световой поток лампы, лм;

E - освещенность по нормам, лк;

S - площадь пола в помещении, м^2

k - коэффициент запаса;

Z - коэффициент неравномерности освещенности;

η - коэффициент использования светового потока;

n - количество установленных ламп.

Таблица 15.1 - Нормы наименьшей освещенности для различных работ

Характер работы	Размер объекта различения, мм	Разряд работы	Подразряд	Контраст объекта с фоном	Фон	Наименьшая освещенность люминесцентными лампами, лк		Наименьшая освещенность лампами накаливания, лк	
						комбинированное освещение	одно общее освещение	комбинированное освещение	одно общее освещение
Особо точная	0,1 и менее	I	а	Малый	Темный	3000	750	1500	300
			б	Малый Средний	Светлый Темный	2000	750	1000	300
			в	Средний Большой	Светлый Темный	1500	500	750	300
			г	Большой	Светлый	750	300	400	150
Высокой точности	Более 0,1 до 0,3	II	а	Малый	Темный	2000	750	1000	300
			б	Малый Средний	Светлый Темный	1000	400	500	150
			в	Средний Большой	Светлый Темный	750	200	400	100
			г	Большой	Светлый	500	150	300	75
Точная	Более 0,3 до 1,0	III	а	Малый	Темный	1000	300	500	150
			б	Малый Средний	Светлый Темный	750	200	400	100
			в	Средний	Светлый	500	150	300	75
				Большой	Темный				
			г	Большой	Светлый	400	150	200	50
Малой точности	Более 1,0 до 10	IV	а	Малый	Темный.	150	150	150	50
			б	Малый	Светлый	150	150	150	50
				Средний	Темный				
			в	Средний	Светлый	100	100	100	30
				Большой	Темный				
			г	Большой	Светлый	100	100	100	30
Грубая	Более 10	V	-	Независимо от коэффициента отражения фона и контраста объекта с фоном	100	100	100	30	
Требуемая общего наблюдения за ходом производственного процесса без выделения отдельных деталей		VI	-	То же	75	75		20	

Работы с самосветящимися пред- метами или материалами	VII	» »	150	150		50	

Примечания. 1. Под термином «объект различения» понимается отдельная часть рассматриваемого предмета (например, нить ткани, точка, царапина, пятно и т. д.), которую требуется различать при работе.

2. Фок (степень светлоты) считается: *темным* при коэффициенте отражения поверхности 0,3 и менее; *светлым* при коэффициенте отражения поверхности более 0,3.

3; Контраст объекта различения с фоном считается: *малым*, если его величина менее 0,2 (яркость объекта и фон мало отличаются); *средним*, если его величина равна 0,2 - 0,5 (заметно отличаются); *большим*, если его величина более 0,5 (резко отличаются)

Коэффициент запаса k учитывает снижение освещенности вследствие возможного загрязнения ламп или светильников в процессе их эксплуатации.

Принятые значения коэффициента запаса приведены в таблице 15.2.

Таблица 15.2

Характеристика объекта	Коэффициент запаса k		Сроки чистки светильников (не реже)
	при люминесцентных лампах	при лампах накаливания	
Помещения с большим выделением пыли, дыма или копоти	2	1,7	4 раза в месяц
Помещения со средним выделением пыли, дыма или копоти	1,8	1,5	3 » » »
Помещения с малым выделением пыли, дыма или копоти	1,5	1,3	2 » » »
Открытые пространства	1,5:	1,3	3 » » »

Коэффициент использования светового потока η учитывает поглощение света арматурой светильника, потолком и стенами. Он зависит от типа светильника, от размеров и формы помещения, от окраски стен и потолка, а также от высоты подвеса светильника над рабочей площадью.

Чтобы определить коэффициент η , необходимо предварительно найти показатель помещения φ . Для прямоугольных помещений его отыскивают по формуле

$$\varphi = \frac{a \cdot b}{H_c (a + b)} \quad (15.3)$$

где a и b - ширина и длина помещения, м

H_c - высота подвеса светильника, м.

Значения коэффициента использования светового потока приведены в таблице 15.3

Коэффициент неравномерности освещения Z зависит от типа светильника, от расстояния между светильниками I и высоты их подвеса H_c . Значения коэффициента неравномерности освещения приведены в таблице 15.4.

Расчет, искусственного освещения необходимо начинать с определения высоты подвеса светильников и их количества.

Высоту подвеса находят по формуле:

$$H_c = H - (h_p - h_{\Pi}) \text{ м}$$

где H - высота помещения, м;

h_p - высота от пола до освещаемой, поверхности, м;

$h_{\text{п}}$ - высота от потолка до светильника, м.

Наименьшая высота подвеса светильников над полом приведена в таблицах

Таблица 15.3 - Изменение коэффициента η использования светового потока в зависимости от различных показателей

Тип светильника	Коэффициент отражения, %		Значение η при показателе равном помещения ϕ								
	потолка	стен	0,5	0,6	0,8	1,0	1,5	2	3	4	5
«Универсаль» без затемнения	0,3	0,1	0,21	0,27	0,35	0,4	0,46	0,5	0,55	0,57	-0,58
	0,5	0,3	0,24	0,30	0,38	0,42	0,48	0,52	0,57	0,59	—
«Универсаль» с матовым затемнением	0,7	0,5	0,28	0,34	0,41	0,45	0,51	0,55	0,60	0,62	—
	0,3	0,1	0,14	0,19	0,26	0,30	0,35	0,39	0,43	0,45	0,46
	0,5	0,3	0,17	0,22	0,28	0,32	0,36	0,40	0,43	0,47	0,48
	0,7	0,5	0,21	0,26	0,32	0,35	0,40	0,43	0,47	0,49	0,51
«Люцетта»	0,3	0,1	0,14	0,19	0,25	0,29	0,34	0,38	0,44	0,46	0,48
	0,5	0,3	0,16	0,21	0,26	0,31	0,37	0,41	0,47	0,50	0,52
	0,7	0,5	0,22	0,27	0,33	0,37	0,44	0,48	0,54	0,59	0,61
Лампа без отражателя	0,3	0,1	0,10	0,14	0,19	0,22	0,28	0,32	0,38	0,42	0,45
	0,5	0,3	0,13	0,18	0,24	0,28	0,36	0,40	0,46	0,51	0,54
	0,7	0,5	0,21	0,26	0,32	0,37	0,45	0,51	0,59	0,64	0,67

Таблица 15.4 - Значения коэффициента неравномерности освещения Z

Тип светильника	Коэффициент Z при $l: H_c$						
	0,8	1,0	1,2	1,4	1,5	1,75	2
«Универсаль» с матовым затемнением	0,650	0,770	0,938	0,975	0,915	0,912	0,845
«Универсаль» без затемнения	0,630	0,740	0,896	0,950	0,977	0,865	0,828
«Люцетта»	0,545	0,660	0,785	0,915	0,867	0,734	0,595
Глубокоизлучатель							
эмалированный . .	0,657	0,775	0,907	0,983	0,990	0,907	0,830

При симметричном расположении светильников (по вершинам квадрата) их количество

$$n = \frac{S}{l^2} \quad (15.4)$$

где S - площадь помещения, m^2 ;
 l - расстояние между светильниками.

Таблица 15.5 - Данные для светильников общего освещения с лампами накаливания

Характеристика светильников	Наименьшая высота подвеса, м	
	при лампах 200 в и менее	при лампах более 200 в
Светильники с диффузными отражателями с защитным углом от 10 до 30° без рассеивателей	3	4
То же, с защитным углом более 30°	Не ограничивается	3
Светильники с диффузными отражателями, снабженные рассеивателями, а также светильники без отражателей с рассеивателями:		
а) с коэффициентом пропускания до 80% в зоне 0—90°, с коэффициентом пропускания до 55% в зоне 60—90°	3	4
б) с коэффициентом пропускания до 55% в зоне 0—90°	2,5	3
Светильники с зеркальными отражателями:		
а) глубокого излучения	2,5	3
б) широкого излучения	4	6
Открытые лампы с колбой из матированного стекла	4	6

Примечание. При применении ламп с колбой из матового стекла высота подвеса может быть снижена на 0,5 м.

3.15.3 Результаты и выводы:

1. Ознакомиться с методикой расчет искусственного освещения;
2. Рассчитать искусственное освещения в зависимости от варианта выданного преподавателем;
3. Оформите отчет и сдайте преподавателю.

3.16 Практическое занятие № ПЗ-16 (2 часа).

Тема: «Выбор и расчет средств очистки газов»

3.16.1 Задание для работы:

1. Ознакомиться с принципом работы циклона - аппарата сухой очистки от пыли;
2. Выбрать и рассчитать циклон для заданного источника образования пыли.

3.16.2 Краткое описание проводимого занятия:

Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха являются автомобили, промышленные предприятия и тепловые электростанции. Ежегодно в воздух предприятиями черной и цветной металлургии, промышленности строительных материалов выбрасывается более 250 млн т мелкодисперсной пыли. Загрязнение атмосферы оказывает неблагоприятное воздействие не человека, флору и фауну, различные сооружения и транспортные средства и др. Очистка промышленных выбросов осуществляется в аппаратах сухой и мокрой очистки. Одним из аппаратов сухой очистки является циклон.

Принцип работы циклона

Широкое применение для сухой очистки газов от пыли получили циклоны различных типов. В настоящее время применяется около двадцати типов циклонов. Сравнительные испытания циклонов различного типа показали, что для промышленного применения они могут быть ограничены в большинстве случаев цилиндрическими и коническими циклонами НИИОГАЗ (научно-исследовательский институт по промышленной и санитарной очистке газов). Наиболее часто применяются цилиндрические циклоны марок ЦН-11, ЦН-15, ЦН-24, конические СК ЦН-34, СК ЦН-34М, СДК ЦН-33, конструктивные схемы которых представлены на рис.16.1(1). Геометрические размеры цилиндрических и конических циклонов указываются в долях от внутреннего диаметра.

Газовый поток вводится в циклон через патрубок по касательной к внутренней поверхности корпуса и совершает вращательно-поступательное движение вдоль корпуса к бункеру. На частицу пыли действуют - сила тяжести, сила сопротивления среды, центробежная сила. Центробежная сила направлена по радиусу к стенкам циклона и определяется по формуле:

$$F_{цб} = \frac{\pi d_4^3}{6} \frac{W_{тг}^2}{R} (\rho_4 - \rho_г)$$

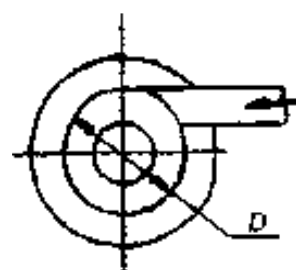
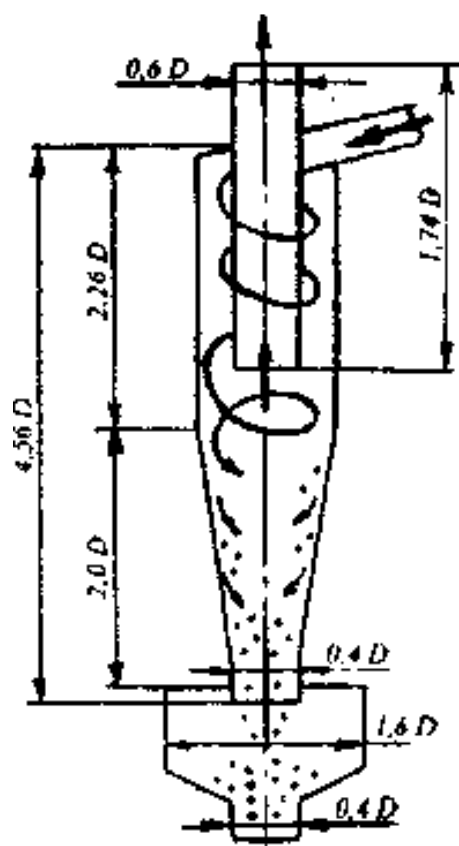
где d_4 - диаметр частиц,

$W_{тг}$ - тангенциальная составляющая скорости газа.

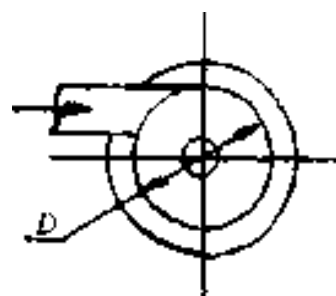
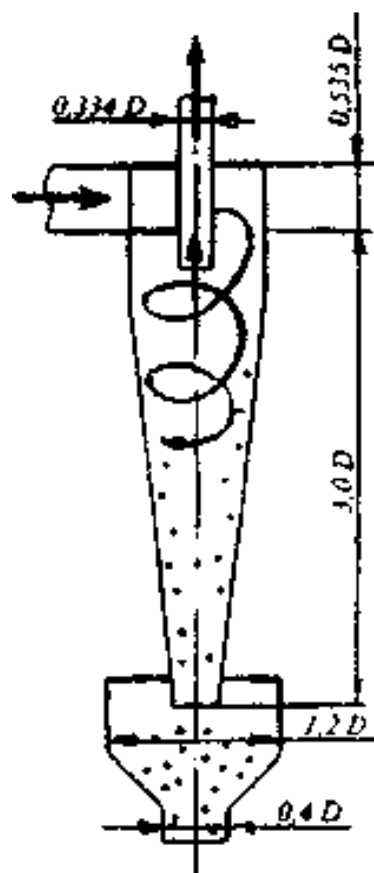
R - радиус циклона,

ρ_4 - плотность частиц пыли,

$\rho_г$ - плотность газа.



Циклон цилиндрический



Циклон конический

Эффективность циклона выше, чем больше диаметр частиц пыли, её удельный вес, скорость вращения газового потока и чем меньше диаметр циклона. Под действием центробежной силы частицы пыли образуют на стенках циклона пылевой слой, который постепенно опускается в бункер. Отделение частиц пыли от газа, попавшего в бункер, происходит при повороте газового потока в бункере на 180°. Освободившись от пыли, газовый поток образует вихрь и выходит через выходную трубу. Циклоны не применяются для очистки влажных газов и взрывоопасных сред.

Циклоны НИИОГАЗ подразделяются на высокоэффективные и высокопроизводительные. Циклоны СДК ЦН-33, СК ЦН 34, ЦН-11 относятся к высокоэффективным циклонам. При диаметрах менее 1 м они обеспечивают степень очистки $\eta = 0.85 - 0.95$ при улавливании частиц диаметром более 5 мкм. Циклоны типа ЦН-24 относятся к высокопроизводительным, они могут надежно и без забивания работать при высокой входной запыленности. Циклоны типа ЦН-15 занимают среднее положение и обеспечивают несколько меньшую степень очистки, чем циклоны ЦН-11, но обладают большей надежностью при работе в условиях повышенной запыленности.

При выборе и расчете циклонов необходимо учитывать свойства пыли - абразивность и слипаемость. Для уменьшения абразивного износа следует выбирать циклоны, исходя из наименьших значений скорости газа. При улавливании сильно слипающейся пыли не рекомендуется применять циклоны малого диаметра (менее 0,8 м), которые склонны к залипанию. Так для очистки газов от сажи применяются конические циклоны серии СК, которые обладают высокой эффективностью за счет более высокого гидравлического сопротивления.

Расчет циклонов

Расчет циклонов ведут методом последовательных приближений.

Таблица 16.1 - Параметры, определяющие эффективность циклонов

Параметры	Тип циклона						
	ЦН-24	ЦН-15У	ЦН-15	ЦН-11	СДК ЦН-33	СКЦН-34	СК ЦН 34М
$\omega_{оп}, \text{м/с}$	4,5	3,5	3,5	3,5	2,0	1,7	2,0
$d_{оп}^T, \text{мкм}$	8,50	6,00	4,50	3,65	2,31	1,95	1,13
$\lg \delta_{\eta}^T$	0,308	0,283	0,352	0,352	0,364	0,308	0,340

$\omega_{оп}$ - скорость движения газа в циклоне, м/с,

$d_{оп}^T$ - диаметр частиц оседающих с эффективностью 50%, мкм,

$\lg \delta_{\eta}^T$ - стандартное отклонение функции распределения порционных коэффициентов очистки.

Расчет начинают с циклона, для которого диаметр частиц пыли должен быть ориентировочно $d_m > 2d_{50}^T$. d_m - медианный размер частиц, который представляет такой размер, при котором количество частиц крупнее d_m , равно количеству частиц мельче d_m .

Диаметр циклона вычисляется по формуле :

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * \omega_{оп}}} \quad (16.1)$$

где Q - количество очищаемого газа, м³/с.

Полученное значение диаметра D округляется до ближайшего типового значения внутреннего диаметра циклона $D_{ц}$ (табл.16.2).

Таблица 16.2 - Типовые значения внутреннего диаметра циклона

$D_{ц}, м$	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0

По выбранному диаметру циклона находится действительная скорость движения газа в циклоне :

$$\omega_p = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D_{ц}^2}, м/с \quad (16.2)$$

Действительная скорость в циклоне не должна отклоняться от оптимальной более, чем на 15%

$$100 \cdot \left| \frac{\omega_p - \omega_{оп}}{\omega_{оп}} \right| \leq 15\%$$

-При отклонении более чем 15% выбирают другой тип циклона.

Параметр d_{50} определяют следующим образом. d_{50} - диаметр частиц реально осаждаемых с эффективностью 50% при рабочих условиях. Величина d_{50} определяется по формуле :

$$d_{50} = d_{50}^T \cdot \sqrt{\frac{D_{ц} \cdot \rho_{ч} \cdot \mu \cdot \omega_T}{D_T \cdot \rho_{чм} \cdot \mu_T \cdot \omega_p}} \quad (16.3)$$

Значение d_{50}^T соответствует следующим параметрам работы циклона:

$$\omega_T = 3,5 м/с$$

$$D_T = 0,6 м$$

$$\rho_{чм} = 1930 кг/м^3$$

$$\mu_T = 22,2 \cdot 10^{-6} Па \cdot с$$

С учетом этих значений формула (16.3) принимает вид :

$$d_{50} = d_{50}^T \cdot \sqrt{\frac{D_{ц} \cdot 1930 \cdot \mu \cdot 3,5}{0,6 \cdot \rho_{ч} \cdot 22,2 \cdot 10^{-6} \cdot \omega_p}} \quad (16.4)$$

Полученное значение d_{50} должно быть меньше d_m (заданного). Если это не выполняется, то необходимо выбрать другой циклон с меньшим значением d_{50}^T .

Расчет параметра X ведут по формуле :

$$X = \frac{\lg(d_m/d_{50})}{\sqrt{\lg^2 \delta_{\eta}^T + \lg^2 \delta_{\eta}^c}} \quad (16.5)$$

По величине параметра X определяют значение нормальной функции распределения $\Phi(X)$. $\Phi(X)$ - это полный коэффициент очистки газа, выраженный в долях.

$$\Phi(X) = \begin{cases} 0,3762 \cdot X + 0,5 & 0 \leq X \leq 0,6 \\ 1 - \frac{1}{5,8 \cdot X + 0,5} & X > 0,6 \end{cases}$$

Эффективность очистки газа в циклоне (η) определяется :

$$\eta = \frac{1 + \Phi(X)}{2} \quad (16.6)$$

Полученное значение сопоставляют с требуемым. Если η окажется меньше требуемого, то необходимо выбрать другой тип циклона с меньшим значением ω_{on} и d_{50}^T .

Определение коэффициента гидравлического сопротивления циклона :

$$\xi = K_1 * K_2 * \xi_{500} \quad (16.7)$$

где K_1 - поправочный коэффициент на диаметр циклона (табл. 16.3),

K_2 - поправочный коэффициент на запыленность газа (табл. 16.4),

ξ_{500} - коэффициент гидравлического сопротивления одиночного циклона диаметром 500 мм (табл. 16.5).

Таблица 16.3 - Поправочный коэффициент K_1 (3)

$D_{ц}, м$	ЦН-11	ЦН-15, ЦН-15У, ЦН-24	СДК ЦН-3, СДК ЦН-34, СДК ЦН-34М
0,2	0,95	0,90	1,00
0,3	0,96	0,93	1,00
0,4	0,99	1,00	1,00
$\geq 0,5$	1,00	1,00	1,00

Таблица 16.4 - Поправочный коэффициент K_2 (3)

Тип циклона	Запыленность на входе, г/м ³ ($C_{вх}$)						
	0	10	20	40	80	120	150
ЦН-11	1,00	0,96	0,94	0,92	0,90	0,87	0,85
ЦН-15	1,00	0,93	0,92	0,91	0,90	0,87	0,86
ЦН-15У	1,00	0,93	0,92	0,91	0,89	0,88	0,87
ЦН-24	1,00	0,95	0,93	0,92	0,90	0,87	0,86
СДК ЦН-33	1,00	0,81	0,785	0,78	0,77	0,76	0,745
СК ЦН-34	1,00	0,98	0,947	0,93	0,915	0,91	0,90
СК ЦН-34М	1,00	0,99	0,97	0,95	-	-	-

Таблица 16.5 - Коэффициент гидравлического сопротивления ξ_{500} (2)

Тип циклона	ЦН-24	ЦН-15, ЦН-15У	ЦН-11	СДК ЦН-33	СК ЦН-34 СК ЦН-34М
ξ_{500}	75	155	245	520	1050

Вычисление гидравлического сопротивления циклона производят по формуле

$$\Delta P = \xi \frac{\rho \omega_p^2}{2}, \text{ Па}$$

где ρ - плотность газа, $\text{кг}/\text{м}^3$

ω_D - скорость газа в циклоне, м/с.

Расчет мощности привода подачи газа. Величина гидравлического сопротивления и объемный расход (Q) очищаемого газа определяют мощность (N) привода устройства для подачи газа к циклону:

$$N = \frac{K_3 \Delta P Q}{\eta_M \eta_B} \quad (16.9)$$

K_3 - коэффициент запаса мощности, ($K_3 = 1,2$)

η_M - КПД передачи мощности от электродвигателя к вентилятору ($\eta_M = 0,8$).

η_B - КПД вентилятора ($\eta_B = 0,8$).

Определение концентрации пыли на выходе из циклона :

$$C_{\text{ВЫХ}} = C_{\text{ВХ}} (1 - \eta), \text{ г}/\text{м}^3 \quad (16.10)$$

Пример расчета

Исходные данные :

оборудование - вращающаяся цементная печь,

$$Q = 12 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$\rho = 1,29 \text{ кг}/\text{м}^3$$

$$d_M = 18 \text{ мкм}$$

$$\lg \delta_4 = 0,652 \quad C_{\text{ВХ}} = 20 \text{ г}/\text{м}^3$$

$$\rho_p = 2000 \text{ кг}/\text{м}^3 \quad \eta = 0,8$$

Исходя из заданного размера частиц пыли ($d_M = 18 \text{ мкм}$), выбираем циклон, который очищает от частиц пыли размером $d_{50}^T = 8,5 \text{ мкм}$.

Циклон: ЦН - 24

$$\omega_{\text{оп}} = 4,5 \text{ м}/\text{с} \quad d_{50}^T = 8,5 \text{ мкм} \quad \lg \delta_{\eta}^T = 0,308$$

Определяем диаметр циклона

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 12}{\pi \cdot 4,5}} = 1,84 \text{ м}$$

По таблице 16.2 выбираем ближайшее значение типового диаметра $D_{\text{ц}} = 1,8 \text{ м}$

$$\omega_p = \frac{4 \cdot 12}{\pi \cdot 1,8^2} = 4,72 \text{ м}/\text{с}$$

$$100 \left| \frac{4,72 - 4,5}{4,5} \right| = 4,8\% < 15\%$$

$$d_{50} = 8,5 * \sqrt{\frac{1,8}{0,6} * \frac{1930}{2000} * \frac{17,3 \cdot 10^{-6}}{22,2 \cdot 10^{-6}} * \frac{3,5}{4,72}} = 9,7 \text{ мкм}$$

$$d_{50} = 9,7 < d_M = 18 \text{ мкм}$$

$$X = \frac{\lg\left(\frac{18}{9,7}\right)}{\sqrt{0,308^2 + 0,652^2}} = 0,372$$

$$\Phi(X) = 0,3762 * 0,372 + 0,5 = 0,64$$

$$\eta = \frac{1 + 0,64}{2} = 0,82 \quad \eta > 0,8$$

$$\xi = 1 \cdot 0,93 * 75 = 69,75$$

$$\Delta Z = 69,75 * \frac{1,29 * 4,72^2}{2} = 1002 \text{ Па}$$

$$N = \frac{1,2 * 1002 * 12}{0,8 * 0,8} = 22551 \text{ Вт}$$

$$C_{\text{ВЫХ}} = 20 * (1 - 0,812) = 3,76 \text{ г/м}^3$$

Выводы :

циклон ЦН - 24 ;

$D_{\text{ц}} = 1,8 \text{ м}$;

$\eta = 0,82$;

$N = 22551 \text{ Вт}$;

$C_{\text{ВЫХ}} = 3,76 \text{ г/м}^3$

3.15.3 Результаты и выводы:

По своему варианту рассчитать циклон для заданного источника выделения пыли. Начертить циклон с указанием размеров.

Согласно заданию преподавателя (табл. 16. 6) выбрать и рассчитать циклон, обеспечивающий требуемую эффективность очистки газа. Обозначения принятые в табл. 16.6. :

$Q, \text{ м}^3/\text{с}$ - объем очищаемого газа,

$\rho, \text{ кг/м}^3$ - плотность газа при рабочих условиях,

$\mu, \text{ Па с}$ - вязкость газа при рабочей температуре,

$d_M, \text{ мкм}$ - медианный размер частиц пыли,

$\lg \delta_4$ - стандартное отклонение размеров частиц пыли,

$C_{\text{ВХ}}, \text{ г/м}^3$ - входная концентрация пыли,

$\rho_4, \text{ кг/м}^3$ - плотность частиц пыли,

η - требуемая эффективность очистки газа.

Таблица 16.6. Исходные данные для расчета циклона

№	Наименование оборудования	Q	ρ	μ	d_M	$\lg \delta_4$	C_{BX}	ρ_4	η
1	Клинкерно-обжиговая печь	20	1,29	17,3	23	0,501	30	2000	0,85
2		26	1,29	17,3	20	0,602	10	2000	0,80
3		10	1,29	17,3	14	0,535	25	2000	0,80
4		16	1,29	17,3	9	0,497	20	2000	0,80
5	Шахтная мельница	0,1	1,29	17,3	56	0,97	100	2240	0,80
6	Крекинг установка	2	1,29	17,3	16	0,250	10	2600	0,85
7		10	1,29	17,3	14	0,250	20	2600	0,85
8	Крекинг установка	10	1,29	17,3	7	0,301	15	2600	0,85
9	Углесушильный барабан	5	1,29	17,3	15	0,334	50	1350	0,80
10	Шаровая мельница	1	1,29	17,3	6	0,468	20	2900	0,80
11	Вращающаяся цементная печь	10	1,29	17,3	7	0,345	40	2000	0,80
12	Вращающаяся цементная печь	10	1,29	17,3	18	0,652	20	2000	0,85
13	Электролизер алюминия	5	1,29	17,3	10	0,352	1	2700	0,85
14	Вращающаяся печь обжига	2	1,29	17,3	13	0,215	100	2900	0,85
15	Вращающаяся печь обжига	3	1,29	17,3	8	0,506	40	2650	0,80
16	Распылительная сушилка	10	1,29	17,3	8	0,210	4	1800	0,80
17	Барабанная сушилка	10	1,29	17,3	15	0,360	10	1800	0,80
18		12	1,29	17,3	11	0,360	20	1800	0,80
19	Барабанная сушилка	8	1,29	17,3	20	0,352	10	2700	0,85
20	Цементная мельница	5	1,29	17,3	12	0,468	60	2900	0,85
21	Наждачный станок	0,5	1,29	17,3	38	0,214	10	2500	0,85
22	Шаровая мельница	3	1,29	17,3	9	0,385	10	2900	0,80
23	Электролизер алюминия	8	1,29	17,3	10	0,468	2	2700	0,85
24	Наждачный станок	0,6	1,29	17,3	30	0,312	15	2500	0,85
25	Шаровая мельница	2	1,29	17,3	6	0,268	10	2900	0,80
26	Наждачный станок	0,8	1,29	17,3	30	0,314	8	2500	0,85
27	Наждачный станок	10	1,29	17,3	6	0,468	10	2000	0,80
28	Шаровая мельница	12	1,29	17,3	7	0,214	2	2000	0,80
29	Наждачный станок	8	1,29	17,3	18	0,385	15	2240	0,80
30	Барабанная сушилка	5	1,29	17,3	10	0,468	10	2600	0,85

3.17 Практическое занятие № ПЗ-17 (2 часа).

Тема: «Расчет естественной и механической вентиляции для производственных помещений»

3.17.1 Задание для работы:

1. Расчет производительности вентиляторов для общеобменной вентиляции по коэффициенту кратности воздухообмена;
2. Расчет производительности вентиляторов для снижения запыленности помещения;
3. Расчет производительности вентиляторов для снижения содержащихся в помещении вредных газов;
4. Расчет производительности вентиляторов для снижения температуры производственных помещений с высоким тепловыделением;

5. Расчет производительности вентиляторов для снижения влажности воздуха в помещениях.

3.17.2 Краткое описание проводимого занятия:

Назначение и принцип работы устройств для естественного вентилирования помещений

В сельскохозяйственных производственных помещениях воздух загрязняется различными вредными веществами: пылью, газами, парами. Например, в животноводческих помещениях в воздухе содержатся продукты обмена веществ. Большое скопление животных в помещении повышает влажность и температуру воздуха, изменяет в нем процентное соотношение кислорода и углекислого газа;

Для каждого вида помещения установлены нормы физического состояния воздуха и предельно допустимые концентрации вредных примесей.

Чистота воздуха в помещении поддерживается вытяжкой из него загрязненного воздуха и притоком свежего, наружного. Такой воздухообмен возможен не только при механической, но и при естественной вентиляции.

Конструкция приточно-вытяжной вентиляции

Естественная вентиляция представляет собой трубы прямоугольного или круглого сечения, проходящие через потолочное перекрытие и крышу здания. Нижний конец труб находится в помещении, а верхний несколько выше конька крыши. Приток чистого воздуха происходит через неплотности в дверях, окнах и стенах здания. В некоторых зданиях для более интенсивного воздухообмена делают приточные каналы в нижней части стен. Схема такой вентиляции показана на рисунке 17.1.

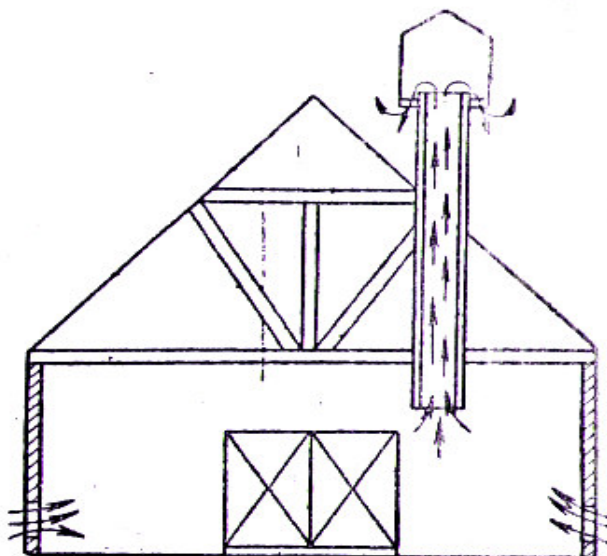


Рис. 17.1. Схема действия естественной вентиляции помещения

Методика расчета естественной вентиляции

Воздух перемещается по вытяжным трубам за счет разницы в плотности наружного и внутреннего воздуха. Вследствие этой разницы на входе и на выходе вытяжных труб создается разность давлений, которую можно определить по формуле:

$$\Delta H = h(\gamma_n - \gamma_v) \kappa \Gamma / \text{м}^3 \quad (17.1)$$

где h - высота открытой с обоих концов вентиляционной трубы, м;

γ_n - вес 1 м³ воздуха при наружной температуре;

γ_v - вес 1 м³ воздуха при внутренней температуре (табл. 17.4).

Плотность воздуха при заданной температуре можно определить по формуле:

$$\gamma_n = \frac{1,293}{1 + \alpha t_n} \text{ кг / м}^3$$

$$\gamma_e = \frac{1,293}{1 + \alpha t_e} \text{ кг / м}^3$$

где α - коэффициент объемного расширения газов = 1/273, число 1,293 - плотность воздуха при $t = 0^\circ$.

Скорость движения воздуха в вытяжных трубах находят по формуле:

$$v = \sqrt{\frac{2g\Delta H}{\gamma_n}} \text{ м / сек.} \quad (17.2)$$

где g - ускорение свободного падения, м/сек².

При прохождении по трубе воздух будет встречать сопротивление, зависящее от формы и качества стенок трубы, поэтому действительная скорость будет меньше рассчитанной по формуле (17.2.). При расчете естественной вентиляции действительную скорость отыскивают по формуле:

$$v = 0,5 \cdot 4,427 \sqrt{\frac{\Delta H}{\gamma_n}} \text{ м / сек.} \quad (17.3.)$$

По скорости воздуха и производительности вентиляции находят суммарное сечение вытяжных труб из следующего выражения:

$$\sum F = \frac{L}{3600 v} \text{ м}^2 \quad (17.4.)$$

Пример 1

В свинарнике размещено 60 откормочных свиноматок живой массой по 100 кг и 40 - по 200 кг. Животные выделяют углекислоту, которую необходимо удалить естественным вентилированием помещения. Требуется рассчитать такую вентиляцию.

Пользуясь таблицей 17.8, найдем общее количество углекислоты, выделяемой всеми животными в 1 ч.

$$P = 60 \cdot 43 + 40 \cdot 57 = 4860 \text{ л/ч}$$

Производительность вентиляции должна быть:

$$L = \frac{P}{P_1 - P_0} = \frac{4860}{2,5 - 0,3} = 2290 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

Конструкция свинарника допускает установку вытяжных труб длиной $l=4,2$ м. Температура внутри свинарника $+10^\circ \text{C}$. Наружную температуру находим по таблице 3.1. Для средней полосы европейской части РСФСР в зимние месяцы, когда свинарник закрыт, она равна -10°C (январь).

Найдем разность давлений в воздуховоде, пользуясь таблицей 3.5 и формулой, при атмосферном давлении 760 мм рт. ст.

$$\Delta H = h(\gamma_n - \gamma_e) = 4,2(1,342 - 1,247) = 0,4 \text{ кг / м}^3$$

Таблица 17.1 - Средняя температура воздуха по климатическим поясам и месяцам года, 0°C

Зона	Месяц года						
	январь	февраль	март	апрель	октябрь	ноябрь	декабрь
Омск	-19,6	-17,6	-11,2	+0,4	+1,4	-8,5	-16,7
Свердловск	-16,2	-13,1	-7,4	+1,6	+0,5'	-7,8	-13,5
Вологда	-12	-10,3	-5,9	+2,1	+2,5	-4,2	-9,5
Москва	-10,8	-9,1	-4,8	+3,4	+3,5	-2,8	-8,0
Харьков	-7,7	-6	-1,2	+7	+6,9	+0,2	-4,8

По формуле (17.3) найдем скорость воздуха

$$v = 0,5 \cdot 4,427 \sqrt{\frac{\Delta H}{\gamma_n}} = 2,213 \sqrt{\frac{0,4}{1,342}} = 1,217 \text{ м / сек.}$$

Суммарное сечение труб находим по формуле:

$$\sum F = \frac{L}{3600 v} = \frac{2290}{3600 \cdot 1,217} = 0,523 \text{ м}^2$$

Проектируем шесть вентиляционных труб сечением $0,3 \times 0,3 = 0,09$ и с общим сечением $0,54 \text{ м}^2$.

Пример 2

Определить суммарное сечение вытяжных труб естественной вентиляции для коровника вместимостью.

Расчет вентиляции, как видно из условия задачи, требуется вести на снижение влаги, выделяемой животными.

Производительность вентиляции для этой цели равна $10 - 580 \text{ м}^3/\text{ч}$. Исходя из типовой конструкции коровника, примем длину вытяжных труб $1-6,5 \text{ м}$.

Определим разность давления воздуха на входе и на выходе из воздуховода по формуле:

$$\Delta H = 6,5(\gamma_n - \gamma_v) \text{ кг / м}^2$$

Температура в коровнике должна быть $+10^\circ\text{C}$; примем среднюю наружную температуру равной -8°C .

При нормальном атмосферном давлении $\gamma_n = 1,332 \text{ кг/м}^3$, $\gamma_v = 1,247 \text{ кг/м}^3$ (см. табл. 3.5.).

Находим разность давлений:

$$\Delta H = 6,5(1,332 - 1,247) = 0,55 \text{ кг / м}^2$$

А затем скорость воздуха

$$v = 0,5 \cdot 4,427 \sqrt{\frac{\Delta H}{\gamma_n}} = 2,213 \sqrt{\frac{0,55}{1,332}} = 1,42 \text{ м / сек.}$$

Суммарную площадь вытяжных труб подсчитываем по формуле:

$$\sum F_T = \frac{10580}{3600 \cdot 1,42} = 2,06 \text{ м}^2$$

Для проекта принимаем, что в коровнике нужно установить 13 труб сечением $0,4 \times 0,4 = 0,16 \text{ м}^2$.

Общая площадь сечения труб $2,08 \text{ м}^2$.

Чтобы усилить вытяжку воздуха через вентиляционные трубы, на их верхней части монтируют дефлекторы. Конструкции дефлекторов различны. На рисунке 17.2. показан вертикальный разрез дефлектора ЦАГИ, а на рисунке 17.3 - устройство звездообразного дефлектора.

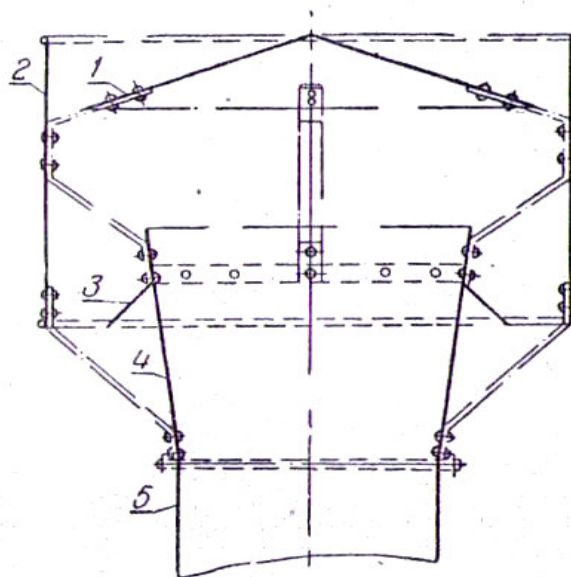


Рис. 17.2. Диффлектор ЦАГИ: 1 – колпачек; 2- обечайка; 3- корпус; 4- диффузор; 5- шахта.

Дефлектор усиливает вытяжку воздуха через вентиляционную трубу за счет потока ветра, обдувающего его.

В дефлекторе ЦАГИ ветер, обтекая обечайку 2, создает на 5/7 его окружности разрежение. Вследствие этого воздух из помещения направляется по трубе и выходит наружу через кольцевые щели между обечайкой 2, колпаком 1 и конусом 3.

В звездообразном дефлекторе ветер, омывая вертикальные щели на наружной поверхности колпака, создает с подветренной стороны около щелей разрежение. Это способствует отсосу воздуха по трубе, на которой установлен дефлектор.

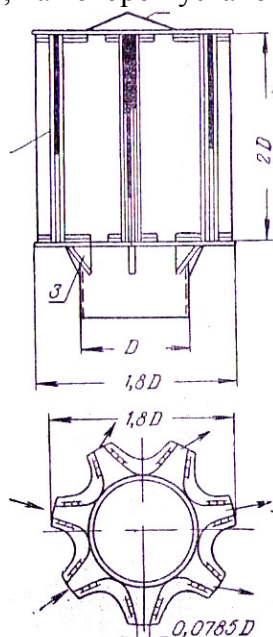


Рис. 17.3. Звездообразный дефлектор: 1 – колпак; 2 – корпус; 3 – косынка для крепления корпуса к трубе.

Производительность дефлектора находят по формуле

$$L_{\text{д}} = \frac{k_{\text{э}} v_{\text{в}} \pi d^2 3600}{4} = 2826 k_{\text{э}} v_{\text{в}} \pi d^2, \text{ м}^3 / \text{ч} \quad (17.5.)$$

а из этого выражения определяют диаметр дефлектора

$$d = \frac{1}{53} \sqrt{\frac{L}{k_{\text{Э}} v_B}}, \text{ м} \quad (17.6.)$$

где $k_{\text{Э}}$ - коэффициент эффективности, выражающий отношение скорости воздуха в трубе v_T к скорости ветра v_B .

Отсюда

$$v_T = k_{\text{Э}} v_B \quad (17.7.)$$

Для дефлектора ЦАГИ $k_{\text{Э}} = 0,4$, для звездообразного дефлектора $k_{\text{Э}} = 0,42$.

Дефлекторы устанавливают выше конька крыши и в таком месте, где нет каких-либо препятствий, тормозящих поток воздуха или изменяющих его направление.

Расчет производительности вентиляторов для общеобменной вентиляции по коэффициенту кратности воздухообмена.

Назначение вентиляции - поддерживать в производственных помещениях: воздушную среду, отвечающую санитарно-гигиеническим нормам.

Нормальные санитарно-гигиенические условия в помещении можно поддерживать удалением из него загрязненного или высокотемпературного воздуха и заменой его чистым из наружной атмосферы.

Механическая вентиляция может быть общеобменной и местной. Общеобменной вентиляцией называют такую, при которой обменивается весь воздух в помещении. Местная вентиляция предназначена для удаления вредного воздуха непосредственно с места его образования.

По роду действия вентиляция разделяется на приточную, вытяжную и приточно-вытяжную.

При общеобменной вентиляции отношение объема засасываемого или удаляемого вентилятором воздуха в течение 1 ч к объему помещения называется кратностью воздухообмена. Зная установленную для данного производства кратность воздухообмена, можно рассчитать необходимую производительность вентилятора. Расчет ведут по формуле:

$$L = kV \quad \text{м}^3/\text{ч} \quad (17.8.)$$

где L - часовая производительность вентилятора, $\text{м}^3/\text{ч}$;

k - кратность воздухообмена;

V - объем помещения, м^3 .

Ниже приведены значения k для различных отделений производственной мастерской:

Станочное отделение.....	2-3
Моторно-ремонтное отделение.....	1,5-2
Медницко-заливочное отделение.....	3-4
Сварочное отделение.....	4-6
Кузнеца.....	4-6
Отделение ремонта топливной аппаратуры.....	1,5-2
Отделение испытания двигателей.....	2-3
Моечное отделение	2-3
Столярные мастерские	2
Административно- конторский помещения.....	1,5
Залы заседания.....	3
Курительные комнаты.....	10

Пример 3

Определить необходимую производительность вентиляторов в медницком отделений ремонтной мастерской совхоза. Площадь помещения 42 м², высота 4,5 м. Кратность воздухообмена k=4.

Производительность вентилятора:

$$L = kV = 4(42 \cdot 4,5) = 756 \text{ м}^3.$$

Расчет производительности вентиляторов для снижения запыленности помещения

Если вентиляция предназначена для удаления из помещения пыли, ее производительность рассчитывают по формуле:

$$L = \frac{P}{P_1 - P_0} \text{ м}^3 / \text{ч} \quad (17.9.)$$

где P - количество пыли, выделяющейся в помещении, мг/ч;

P₁ - допускаемое количество пыли в помещении, мг/м³ (табл. 17.2);

P₀ - содержание пыли в засасываемом чистом воздухе, мг/м³.

Пример 4

В размолочном отделении кормоцеха выделяется в 1 ч 12 г мучной пыли. Рассчитать производительность вентилят необходимую для удаления излишков пыли.

Согласно таблице 1, допускаемая концентрация мучной пыли содержащей до 10% свободной двуокиси кремния, равна 4 мг/м³.

Таблица 17.2 - Допускаемая концентрация пыли в помещениях

Род пыли	Допускаемая концентрация, мг/м ³ *
Пыль цемента, глин, минералов и их смесей, не содержащих свободной двуокиси кремния (SiO ₂)	6
Пыль угольная, содержащая до 10% свободной SiO ₂	4
Пыль угольная, не содержащая свободной SiO ₂	10
Пыль растительного и животного происхождения (мучная, зерновая, древесная и др.), содержащая до 10% свободной SiO ₂	4
Пыль растительного и животного происхождения, содержащая 10% и более свободной SiO ₂	2
Пыль искусственных абразивов (корунд и карборунд)	5
Гексахлоран, (пары и аэрозоль)	0,1
Метафос (пары и аэрозоль)	0,1
ДДТ (дихлордифенилтрихлорэтан) (пары и аэрозоль)	0,1
Алдрин (пары и аэрозоль)	0,01
Тиофос	0,05
Меркуран (пары и аэрозоль)	0,02
Препарат М-81 -(пары и аэрозоль)	0,1

В наружном воздухе, поступающем в помещение взамен отсасываемого вентилятором, совсем не содержится мучной пыли (P₀ = 0).

Подставляя эти данные в формулу, получим

$$L = \frac{P}{P_1 - P_0} = \frac{12000}{4 - 0} = 3000 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

Формулу можно применить при расчете производительности вентилятора, предназначенного для удаления из помещения выделяющихся вредных газов. Для этого случая буквенные обозначения будут следующими:

P - количество газов, выделяющихся в помещении, мг/ч;

P_1 - допускаемое содержание вредных газов в воздухе, мг/м³;
 P_0 - содержание этих же газов в наружном воздухе, мг/м³.

Ниже приведены данные о допускаемой концентрации некоторых газов и паров жидкостей в производственных помещениях (мг/м³):

аммиак.....	20
ацетон.....	200
бензин топливный (в пересчете на С).....	100
бензин растворитель (в пересчете на С).....	300
керосин (в пересчете на С).....	300
окись углерода.....	20
бензол.....	20
хлор.....	1
метилацетат.....	100
серная кислота.....	1
сероводород.....	10
соляная кислота.....	5

Расчет производительности вентиляторов для снижения содержащихся в помещении вредных газов

В некоторых производственных помещениях выделяется окись углерода СО, которая может оказаться причиной отравления людей. Окись углерода - газ, не имеющий цвета и запаха, поэтому обнаружить его своевременно невозможно. В таблице 17.3. приведены симптомы отравления людей окисью углерода.

Таблица 17.3

Время пребывания под действием газа при его концентрации 135 мг/л	Симптомы
30 мин 90 » 120 » Более 120 »	Головная боль, усиленное сердцебиение Легкое пошатывание, одышка, расстройство зрения и слуха То же, и некоторое расстройство сознания Увеличение расстройства сознания, потеря его, глубокое поражение дыхательных путей

Пример 5

В гараже совхоза площадью 750 м² и высотой 6 м размещается 30 автомобилей (ГАЗ-51 и ЗИЛ-150). В утренние, часы одновременно заводят 5 двигателей автомобилей ГАЗ-51. Средняя продолжительность их работы до выезда машины из гаража 3 мин. Требуется определить концентрацию окиси углерода в помещении гаража и найти необходимую производительность вентилятора для удаления ее излишков.

В продуктах сгорания, образующихся при сжигании бензина в двигателе, содержится 5% окиси углерода.

Подсчитаем весовое количество продуктов сгорания бензина при работе двигателя без нагрузки. Для такого расчета можно допустить, что двигатель развивает мощность не более 0,15% нормальной. Для автомобилей ГАЗ-51 нормальная мощность равна 70 л. с. Удельный расход бензина составляет 420 г/л. с. ч

Найдем общий расход горючего G_1 всеми пятью двигателями за 3 минуты:

$$G_1 = 420 \cdot 5 \cdot 70 \cdot 0.15 \cdot \frac{3}{60} = 1116 \text{ г}$$

Вес продуктов сгорания G2, образующихся при сжигании бензина, равен 15,9 кг/кг бензина, т. е.

$$G2 = G1 \cdot 15,9 = 1116 \cdot 15,9 = 17744 \text{ г.}$$

По условию задачи вес окиси углерода (G3) составляет 5% веса продуктов сгорания, т.е.

$$G3 = 0,05 \cdot G2 = 0,05 \cdot 17744 = 887,2 \text{ г.}$$

Концентрация окиси углерода в помещении гаража P_{cp} составляет:

$$P_{cp} = \frac{G_3}{V} = \frac{887,2}{4500} \cdot 1000 = 197 \text{ мг / м}^3$$

Найдем необходимую кратность воздухообмена:

$$k = \frac{P}{P_1} \frac{\text{мг / м}^3}{\text{мг / м}^3} = \frac{197}{20} \approx 10$$

Если предположить, что в течение 1 ч другие двигатели не будут заводить, то производительность вентилятора может быть найдена по формуле :

$$L = kV = 10 \cdot 750 \cdot 6 = 45000 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Пример 6

В цехе ремонта топливной аппаратуры для производственной цели применяют бензин. Ежечасно 360 г этого бензина испаряется. Требуется рассчитать производительность вентилятора, необходимую для доведения концентрации паров бензина в помещении до допустимой.

Применяя ранее приведенную формулу и считая, что $P_0 = 0$, $P_1 = 0,3$ г/м³, получим:

$$L = \frac{P}{P_1 - P_0} = \frac{360}{0,3} = 1200 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

Пример 7

В литейном цехе (12×8×6 м) авторемонтного завода при разливе жидкого чугуна в 1 ч выделяется 80 г окиси углерода. Рассчитать производительность вентиляторов, необходимую; для поддержания в цехе атмосферы с нормальной концентрацией окиси углерода.

Без вентиляции концентрация окиси углерода в цехе

$$P_{cp} = \frac{P}{V} = \frac{80000}{12 \cdot 8 \cdot 6} = 138 \text{ мг / м}^3$$

В соответствии с санитарно-гигиеническими нормами предельно допустимая концентрация окиси углерода в литейных цехах равна 20 мг/м³.

Исходя из этого, определим необходимую кратность воздухообмена:

$$k = 138/20 = 6,9$$

Минимальная производительность вентилятора

$$L = kV = 12 \cdot 8 \cdot 6 \cdot 6,9 = 3974 \text{ м}^3/\text{ч}$$

В помещениях с большим выделением тепла и влаги вентиляцию устраивают для поддержания нормальной температуры или нормальной влажности.

В таблице 17.4. приведены нормы температуры, влажности и допустимой скорости передвижения воздуха в производственных помещениях.

Производительность вентилятора, предназначенного для поддержания в помещении нормальной температуры воздуха, рассчитывают по формуле:

$$L = \frac{Q_{изб}}{c(t_g - t_n)\gamma_n}$$

где $Q_{изб}$ - избыточное количество тепла, поступающего в помещение, ккал/ч (определяется теплотехническим расчетом);

c - средняя удельная теплоемкость воздуха; для практических расчетов весовая теплоемкость воздуха принимается равной 0,24 ккал/кг град;

t_B - температура воздуха, удаляемого из помещения, град;

t_H - температура наружного воздуха, поступающего в помещение, град;

γ_H - плотность наружного воздуха, кг/м³.

Чтобы отыскать γ_H при заданной температуре, но не указанном давлении, нужно брать графу с давлением 760 мм рт. ст., а для нахождения значения γ_H при температуре, не указанной в таблице, например при +15° С, следует взять среднее арифметическое от значений при крайних границах t° С, в данном случае при +14° С и + 16° С.

$$\left(\frac{1,230 + 1,222}{2} = 1,226 \text{ кг} / \text{м}^3 \right)$$

Таблица 17.4

Характеристика производственных помещений по условиям нагрева	Работа	На постоянных рабочих местах						Допускаемое температура воздуха на рабочих местах, °С
		оптимальные			допустимые			
в холодные и переходные периоды (температура наружного воздуха ниже +10С)								
Незначительный избыток тепла - менее 23,3 Вт/м3 (20 ккал/м3-ч)	Легкая	18 - 21	60 - 40	Не более 0,2	17 - 22	Не более 80	Не более 0,3	15 - 20
	Средняя	16 - 18	60 - 40	Не более 0,3	15 - 17	То же	Не более 0,5	13 - 15
	Тяжелая	14 - 16	60 - 40	То же	13-15	» »	То же	12 - 14
Значительный избыток тепла - более 23,3 Вт/м3 (20 ккал/м3-ч)	Легкая	18 - 21	60 - 40	Не более 0,2	17-24	» »	» »	15-26
	Средняя	16 - 18	60 - 40	Не более 0,3	17-22	» »	» »	15-24
	Тяжелая	14 - 16	60 - 40	То же	14-17	» »	» »	12-19
Теплый период года (температура наружного воздуха + 10 С и выше)								
Незначительный избыток тепла - менее 23,3 Вт/м3 (20 ккал/м3-ч)	Легкая	22 - 25	60 - 40	Не более 0,3	Не более чем на 3°С выше средней температуры наружного воздуха в 13 ч самого жаркого месяца, но не более 28°С	При 28°С не более 55 При 27°С не более 60 При 26° С не более 65 Ниже 25° С не более 70 При 24° С не более 75 При 23° С и ниже не более 80	Не более 0,5	Не более чем на 3° выше средней температуры наружного воздуха в 13 ч самого жаркого месяца
	Средняя	20 - 23	60 - 40	Не более 0,3	То же	То же	Не более 0,7	То же
	Тяжелая	17 - 20	60 - 40	То же	» »	» »	Не более 1, но не	» »

							менее 0,5	
Значительный избыток тепла - более 23,3 Вт/м ³ (20 ккал/м ³ -ч)	Легкая	22 - 25	60 - 40		Не более чем на 5°С выше средней температур. наружного воздуха в 13 ч самого жаркого месяца, но не более 28°С	» »	Не более 0,7	Не более чем на 5° выше средней температуры наружного воздуха в 13 ч самого жаркого месяца
	Средняя	20 - 23	60 - 40	Не более 0,3	То же	То же	0,7-1,0	То же
	Тяжелая	17 - 20	60 - 40	То же	» »	» »	1-1,5 но не менее 0,5	» »

Таблица 17.5.

Температура воздуха, 0С	Плотность воздуха γ {кг/м ³) при различных температуре и барометрическом давлении (мм рт. ст.)									
	725	730	735	740	745	750	755	760	765	770
- 10	1,280	1,289	1,292	1,307	1,316	1,325	1,333	1,342	1,351	1,360
- 8	1,271	1,280	1,288	1,297	1,306	1,315	1,323	1,332	1,341	1,350
- 6	1,261	1,270	1,279	1,287	1,296	1,305	1,313	1,322	1,331	1,340
- 4	1,252	1,261	1,269	1,278	1,286	1,295	1,304	1,312	1,321	1,330
- 2	1,243	1,251	1,260	1,268	1,277	1,286	1,294	1,303	1,311	1,320
0	1,234	1,242	1,251	1,259	1,268	1,276	1,285	1,293	1,302	1,310
+ 2	1,225	1,233	1,242	1,250	1,258	1,267	1,276	1,284	1,298	1,301
+ 4	1,216	1,224	1,233	1,241	1,249	1,258	1,266	1,274	1,283	1,291
+ 6	1,207	1,215	1,224	1,232	1,240	1,249	1,257	1,265	1,274	1,282
+ 8	1,198	1,207	1,215	1,223	1,232	1,240	1,248	1,256	1,265	1,273
+ 10	1,190	1,198	1,206	1,215	1,223	1,231	1,239	1,247	1,256	1,264
+ 12	1,182	1,190	1,198	1,206	1,214	1,222	1,231	1,239	1,247	1,255
+ 14	1,173	1,181	1,190	1,198	1,206	1,214	1,222	1,230	1,238	1,246
+ 16	1,165	1,173	1,181	1,197	1,205	1,197	1,213	1,222	1,230	1,238
+ 18	1,157	1,165	1,173	1,181	1,189	1,193	1,205	1,213	1,221	1,229
+20	1,149	1,157	1,165	1,173	1,181	1,189	1,197	1,205	1,213	1,221

Пример 8

В термическом цехе авторемонтного завода установлены три электропечи типа ПН-15Г. Каждая печь отдает в атмосферу цеха 4500 кал/ч. Если нет вентиляции, то вследствие такого тепловыделения температура в цехе возрастет до +26° С. Нужно рассчитать производительность вентилятора, снижающего температуру воздуха в цехе, если наружный воздух нагрет до +15° С.

На основании формулы и таблицы 17.5 найдем:

$$L = \frac{Q_{изб}}{c(t_g - t_n)\gamma_n} = \frac{4500 \cdot 3}{0,24(26 - 15)1,226} = 4179 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

В некоторых производственных помещениях выделяется большое количество водяных паров, в результате чего повышается влажность воздуха. Если отсасывать воздух из помещения вентилятором, то можно поддерживать влажность в пределах нормы.

Состояние воздуха характеризуется абсолютной и относительной влажностью.

Абсолютная влажность показывает, какое количество водяных паров в граммах содержится в 1 кг воздуха при заданной температуре. Максимально возможное содержание паров в воздухе приведено в таблице 3.6.

Относительная влажность φ - это процентное отношение фактического содержания паров воды в воздухе к максимально возможному (насыщенному) содержанию при той же температуре.

$$\varphi = \frac{q_{\phi}}{q_m} 100 \%$$

где φ - относительная влажность воздуха, %;

q_{ϕ} - количество паров, содержащихся в помещении при данной температуре, г/м³;

q_m - максимально возможное содержание паров воды в воздухе при той же температуре, г/м³.

Таблица 17.6

Температура, 0С	Содержание водяного пара в воздухе при нормальном атмосферном давлении г/кг воздуха в зависимости от относительной влажности, %									
	80	75	70	65	60	55	50	45	40	35
1	3,3	3,1	2,9	2,6	2,4	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4
5	4,2	4,0	3,7	3,4	3,2	2,9	2,6	2,4	2,1	1,9
10	6,0	5,6	5,2	4,9	4,5	4,4	3,8	3,4	3,0	2,6
11	6,4	6,0	5,6	5,3	4,4	4,4	4,0	3,6	3,2	2,8
12	6,9	6,5	6,0	5,6	5,2	4,7	4,3	3,9	3,4	3,0
13	7,4	6,9	6,5	6,0	5,5	5,4	4,6	4,4	3,7	3,2
14	7,8	7,4	6,9	6,4	5,9	5,4	4,9	4,4	3,9	3,4
15	8,4	7,9	7,4	6,9	6,3	5,8	5,2	4,7	4,2	3,7
16	9,0	8,4	7,8	7,3	6,7	6,2	5,6	5,0	4,5	3,8
17	9,5	8,9	8,3	7,7	7,2	6,5	5,9	5,3	4,8	4,2
18	10,2	9,5	8,9	8,3	7,6	7,0	6,4	5,7	5,1	4,4
19	10,8	10,2	9,5	8,7	8,2	7,4	6,7	6,1	5,4	4,7
20	11,5	10,8	10,1	9,4	8,7	7,9	7,2	6,5	5,8	5,0
21	12,3	11,5	10,7	10,0	9,2	8,4	7,6	6,9	6,1	5,4
22	13,0	12,3	11,4	10,6	9,8	8,9	8,2	7,4	6,5	5,7
23	13,8	13,0	12,2	11,3	10,4	9,5	8,6	7,8	6,9	6,0
24	14,8	13,8	12,9	12,0	11,0	10,2	9,2	8,3	7,4	6,4
25	15,6	14,6	13,7	12,7	11,7	10,8	9,7	8,8	7,8	6,8

Нормальная относительная влажность для производственных помещений составляет 40-60%.

Для расчета вентиляции, снижающей влажность воздуха в помещении, используют такое выражение

$$L = \frac{\sum m_i q_i}{(q_{\phi} - q_n)} \quad (17.10)$$

где m - число источников образования водяных паров;

q_i - количество водяных паров, выделяемых каждым источником;

q_v - содержание паров в 1 кг воздуха помещения при относительной влажности этого воздуха ϕ_v , соответствующей температуре помещения t_v , г;

q_n - содержание паров воды в 1 кг воздуха, засасываемого в помещение, при его относительной влажности ϕ_n и температуре t_n , г;

Для помещения с известной относительной влажностью производительность вентилятора рассчитывают по формуле

$$L = \frac{\sum m_i q_i}{\left(\frac{\phi_v q_{m_v}}{100} - \frac{\phi_n q_{m_n}}{100} \right)} \quad (17.11)$$

где q_{m_v} - максимально возможное количество водяных паров внутри помещения при t_v , г;

q_{m_n} - максимально возможное количество водяных паров в наружном воздухе при t_n , г.

Значения q_m приведены в таблице 17.7.

Таблица 17.7.

Температура, °С	Содержание водяного пара при полном насыщении, г/кг	Температура, °С	Содержание водяного пара при полном насыщении, г/кг
-15	1,1	30	20,3
-10	1,7	35	35,0
-5	2,6	40	46,3
0	3,8	45	60,7
5	5,4	50	79,0
10	7,5	55	102,3
15	10,5	60	131,7
20	14,4	65	168,9
25	19,5	70	216,1

Примечание. Содержание водяного пара в воздухе определено при нормальном атмосферном давлении.

Пример 9

В моечном отделении ремонтного завода установлены две ванны для выварки загрязненных деталей. Из них ежечасно испаряется 20 кг воды. Температура помещения +22° С. Температура наружного воздуха +15° С. При измерении влажности воздуха было найдено $\phi_v=75\%$, $\phi_n=40\%$. Требуется рассчитать производительность вентилятора для удаления излишних паров воды.

Применяя формулу, найдем:

$$L = \frac{20000}{\left(\frac{75}{100} \cdot 16,4 - \frac{40}{100} \cdot 10,5 \right)} = 2470 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

Ту же величину можно отыскать по формуле, пользуясь таблицей

$$L = \frac{20000}{(12,3 - 4,2)} = 2470 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

Пример 10

Подобрать производительность вентилятора для удаления излишней влаги из коровника, в котором размещены 80 лактирующих коров массой по 300 кг, 40 коров массой по 400 кг и 40 коров массой по 600 кг. Внутренняя температура коровника +10° С, наружная - 5 С

По таблице 17.8. находим количество водяных паров, выделяемых животными. Коровы массой 300 кг выделяют $0,307 \times 80 = 24,56$ кг влаги в 1 ч; массой 400 кг - $0,367 \times 40 = 14,68$ кг/ч и массой 600 кг - $0,431 \times 40 = 17,24$ кг/ч, т. е. $2 \text{ т} \times 56,48$ кг/ч.

В коровнике относительная влажность должна быть не более 85%. Примем относительную влажность наружного воздуха 40%. По таблице 3.7. найдем максимальное содержание водяных паров при + 10°С и - 5°С.

Подставим полученные данные в формулу:

$$L = \frac{56480}{\left(\frac{85}{100} \cdot 7,5 - \frac{40}{100} \cdot 2,6\right)} = 10580 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

Таблица 17.8. - Количество углекислоты и водяного пара, выделяемое сельскохозяйственными животными (по данным Всесоюзного института животноводства)

Группа животных	Масса животного, кг	Количество тепла, ккал		Количество	
		общее	свободное	углекислоты, л/ч	водяных паров, г/ч
Коровы стельные (сухостойные)	300	604	440	90	288
	400	739	550	110	350
	600	926	670	138	440
Коровы лактирующие при уровне лактации 10 л	300	644	450	96	307
	400	765	550	114	367
	600	906	650	135	431
Коровы лактирующие при уровне лактации 30 л	400	1174	850	175	560
	600	1342	970	200	642
	800	1509	1080	225	721
Телята: до 1 месяца	30	100	72	15	47
	40	141	102	21	67
	50	174	124	26	83
от 1 до 3 месяцев	40	147	106	22	70
	60	215	155	32	102
	100	282	204	42	135
от 3 до 4 месяцев	90	248	178	37	118
	120	369	268	55	176
	150	382	276	57	* 183
Молодняк: от 4 месяцев до 1 года	120	322	232	48	153
	180	476	349	71	227
	250	496	358	74	236
от 1 года до 2 лет	220	483	350	72	230
	320	631	455	94	301
	350	651	476	97	310
Свиноматки: холостые и супоросные до 2 месяцев	100	222	160	33	106
	150	256	185	38	121
	200	394	250	44	141

супоросные свыше 2 месяцев	100	268	195	40	128
	150	308	220	46	188
	200	349	250	52	267
с приплодом 10 сосунов	100	530	280	79	252
	150	605	435	90	288
	200	698	503	104	338
Свиньи откормочные	100	288	208	143	137
	200	382	275	57	182
	300	503	365	75	240
Молодняк: от 2 месяцев	1	10	72		1 47
	15	100	72	15	147
от 5 до 8 месяцев	60	202	145	30	96
	80	235	170	35	112

Примечания. 1. Приведенные данные о свободном количестве тепла (без скрытой теплоты испарения) отнесены к температуре помещения, равной +10 С.

2. При определении количества свободного тепла и водяных паров, выделяемых животными при других температурах, приведенные в таблице данные необходимо умножить на коэффициенты, указанные в таблице 17.9.

Таблица 17.9

Температура воздуха внутри помещения, °С	Коэффициент для определения количества свободного тепла	Коэффициент для определения количества водяных паров
Крупный рогатый скот		
0	1,08	0,76
5	1,05	0,86
10	1,00	1,00
15	0,66	1,24
Свинья		
5	1,09	0,83
10	1,00	1,00
15	0,96	0,98
20	0,84	0,98

3.17.3 Результаты и выводы:

1. Рассчитать вентиляцию в зависимости от варианта выданного преподавателем;
2. Оформите отчет и сдайте преподавателю.